



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA GRÚA  
TECHO ASISTIDO PARA FACILITAR EL TRASLADO DE  
ADULTOS MAYORES CON MOVILIDAD REDUCIDA DEL  
HOGAR DE VIDA “LUIS MALDONADO TAMAYO” DEL  
CANTÓN PUJILÍ.**

**AUTOR: CHANGOLUISA CHACHA, CRISTIAN JAVIER**

**DIRECTOR: ING. ACUÑA COELLO, FAUSTO VINICIO**

**LATACUNGA**

**2018**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

### **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA GRÚA TECHO ASISTIDO PARA FACILITAR EL TRASLADO DE ADULTOS MAYORES CON MOVILIDAD REDUCIDA DEL HOGAR DE VIDA “LUIS MALDONADO TAMAYO” DEL CANTÓN PUJILÍ.”**, realizado por el señor **CHANGOLUISA CHACHA, CRISTIAN JAVIER**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto, me permito acreditar y autorizar al señor **CHANGOLUISA CHACHA, CRISTIAN JAVIER** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 12 de septiembre del 2018

**ING. ACUÑA COELLO, FAUSTO VINICIO**

**DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

### **AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **CHANGOLUISA CHACHA, CRISTIAN JAVIER**, portador de la cedula de identidad N° 1720909033, declaro que este trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA GRÚA TECHO ASISTIDO PARA FACILITAR EL TRASLADO DE ADULTOS MAYORES CON MOVILIDAD REDUCIDA DEL HOGAR DE VIDA “LUIS MALDONADO TAMAYO” DEL CANTÓN PUJILÍ.”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 12 de septiembre del 2018



**CHANGOLUISA CHACHA, CRISTIAN JAVIER**

C.C.: 1720909033



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, **CHANGOLUISA CHACHA, CRISTIAN JAVIER** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el repositorio institucional el trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA GRÚA TECHO ASISTIDO PARA FACILITAR EL TRASLADO DE ADULTOS MAYORES CON MOVILIDAD REDUCIDA DEL HOGAR DE VIDA “LUIS MALDONADO TAMAYO” DEL CANTÓN PUJILÍ.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 12 de septiembre del 2018

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal punteada.

**CHANGOLUISA CHACHA, CRISTIAN JAVIER**

C.C.:1720909033

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación primeramente lo dedico a Dios y mamita Virgen, quienes supieron iluminarme y bendecirme durante mi carrera estudiantil, pues sin su ayuda y escucha no hubiese alcanzado mi formación profesional y sobre todo confiar en ellos y en sus tiempos perfectos.

A mis padres Hernán Changoluisa y Magdalena Chacha por su confianza y lucha constante, tanto emocionalmente como económicamente, quienes fueron los pilares fundamentales y ejemplo de amor y comprensión para forjarme como una persona de bien.

A mi hermano Jimy Changoluisa por estar junto a mi incondicionalmente y al mismo que anhelo su pronta profesionalización.

A mi tía Zoila Chacha quien mediante sus oraciones y preocupación me ayudo a levantarme en los momentos más difíciles de mi vida.

A la comunidad juvenil Emaús quien con su alegría y chispa lograron ayudarme a entender que, si no vives para servir, no sirves para vivir.

A todas y cada una de las personas que influyen en mi vida en mi carácter en mis decisiones va dedicado este arduo trabajo y que espero sea el inicio de proyectos que se vinculen a la sociedad más necesitada.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme unos padres tan comprensibles e incondicionales y en especial por darme las herramientas necesarias para alcanzar esta meta profesional sobre todo por su constancia que día a día me supieron brindar.

A mi hermano por suplirme en mi trabajo y sobre todo en su ayuda constante durante mi carrera estudiantil.

A los docentes de la universidad quienes me brindaron sus conocimientos e ideas innovadoras y de una manera especial al Ing. Fausto Acuña por su ayuda, tiempo y confianza para el desarrollo del proyecto.

A mi rector por su paciencia y a mis compañeros de trabajo de la Unidad Educativa Jatari Unancha por sus palabras de aliento y consejos brindados.

A mis tíos quienes me facilitaron con su presencia para la culminación de mi proyecto.

A mis amigos en especial a David Lema y Carlos Corrales por estar ahí presentes con palabras de ánimo e ideas innovadoras y sobre todo aquellas personas quienes me brindaron su escucha (28) en los momentos más difíciles de mi vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| CERTIFICACIÓN.....               | ii   |
| AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD ..... | iii  |
| AUTORIZACIÓN .....               | iv   |
| DEDICATORIA .....                | v    |
| AGRADECIMIENTOS .....            | vi   |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS .....       | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....           | xi   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....           | xiii |
| RESUMEN .....                    | xiv  |
| ABSTRACT .....                   | xv   |

### CAPÍTULO I

#### GENERALIDADES

|   |   |
|---|---|
| 1.1. Antecedentes .....                           | 1 |
| 1.2. Planteamiento del problema .....             | 2 |
| 1.3. Justificación e importancia.....             | 3 |
| 1.4. Objetivos.....                               | 3 |
| 1.4.1. General.....                               | 3 |
| 1.4.2. Específicos .....                          | 3 |
| 1.5. Hipótesis.....                               | 4 |
| 1.5.1. Variables de la investigación .....        | 4 |
| 1.6. Metodología de desarrollo del proyecto ..... | 4 |

### CAPÍTULO II

#### ESTADO DEL ARTE

|  |   |
|--|---|
| 2.1. Estado de la técnica.....   | 5 |
| 2.1.1. Mecanismo elevador de personas.....                                 | 5 |
| 2.1.2. Diseño y construcción de una grúa para transferencia. ....          | 6 |
| 2.1.3. Diseño de un sistema de transporte para el área de la piscina. .... | 6 |
| 2.1.4. Diseño, construcción y control de un robot doméstico .....          | 7 |
| 2.2. Estudio de las grúas techo para personas .....                        | 8 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 2.2.1.  | Grúa techo HANDIMOVE, modelo 2810, España, 2017 .....        | 9  |
| 2.2.2.  | Grúa motor MOVILIAR, modelo FIX, España, 2017. ....          | 9  |
| 2.2.3.  | Polipasto de techo ETAC, Molift Air 300, Suecia, 2013.....   | 10 |
| 2.3.    | Línea base del Hogar de vida “Luis Maldonado Tamayo”. .....  | 11 |
| 2.3.1.  | Dependencia del adulto mayor .....                           | 11 |
| 2.3.2.  | Métodos de traslado del adulto mayor.....                    | 12 |
| 2.3.3.  | Asistencia cama- silla.....                                  | 13 |
| 2.3.4.  | Asistencia a la rehabilitación.....                          | 14 |
| 2.3.5.  | Medidas antropomórficas de los adultos mayores.....          | 14 |
| 2.4.    | Estudio de accesorios .....                                  | 15 |
| 2.4.1.  | Arnés de ajuste rápido AYUDAS DINÁMICAS .....                | 15 |
| 2.4.2.  | Arnés caminador TEKVO, modelo REF A007, Colombia, 2017..     | 16 |
| 2.4.3.  | Arnés original LIKO, modelo 10, España, 2018 .....           | 16 |
| 2.4.4.  | Arnés Sure Hands HANDIMOVE, modelo 1035, España, 2016...     | 17 |
| 2.4.5.  | Sistema de elevación en H ERREKA, España, 2018. ....         | 18 |
| 2.4.6.  | Sistema de elevación tipo pórtico autoportante, ERREKA ..... | 18 |
| 2.4.7.  | Carro de acople rápido, HANDICARE, España, 2018 .....        | 19 |
| 2.4.8.  | Carro giratorio, Trolley 360 RisePorto, HANDICARE .....      | 19 |
| 2.4.9.  | Percha cruzada 450, LIKO, España, 2018 .....                 | 20 |
| 2.4.10. | Percha SlingBar, HANDICARE, España, 2018 .....               | 20 |
| 2.4.11. | Perchas laterales Universal, LIKO, España, 2018 .....        | 21 |
| 2.4.12. | SwiftHook para cambio de percha, HANDICARE .....             | 21 |
| 2.4.13. | RoomTransferHook para cambio de percha.....                  | 22 |
| 2.4.14. | Báscula digital, HANDIMOVE, España, 2015 .....               | 22 |
| 2.5.    | Materiales usados en la construcción de sistemas grúa techo. | 23 |
| 2.5.1.  | Zamac 5.....   | 23 |
| 2.5.2.  | Acero ASTM A36 .....   | 23 |
| 2.6.    | Motores utilizados en los sistemas grúas techo.....          | 24 |
| 2.6.1.  | Motor de inducción lineal.....                               | 24 |
| 2.6.2.  | Motor eléctrico de imanes permanentes.....                   | 24 |
| 2.6.3.  | Polipasto eléctrico .....                                    | 24 |
| 2.6.4.  | Cabestrante eléctrico.....                                   | 25 |
| 2.7.    | Controladores utilizados para operar una grúa techo.....     | 25 |
| 2.7.1.  | Controlador PWM 10A32S.....                                  | 25 |
| 2.7.2.  | Mando inalámbrico Arduino.....                               | 25 |

|   |    |
|---|----|
| 2.7.3. Control remoto WINCH ELECTRICO EMM112713 ..... | 26 |
| 2.8. Alternativas de solución.....                    | 26 |

### **CAPÍTULO III**

#### **DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES**

|  |    |
|--|----|
| 3.1. Parámetros para el diseño .....                                   | 28 |
| 3.1.1. Carga segura a soportar el sistema grúa techo .....             | 28 |
| 3.1.2. Dimensiones de la habitación.....                               | 29 |
| 3.1.3. Análisis de equipos y materiales para el sistema grúa techo.... | 30 |
| 3.1.4. Sistema de elevación y traslado .....                           | 31 |
| 3.1.5. Sistema de manejo y control de la grúa techo .....              | 32 |
| 3.2. Diseño mecánico y selección de componentes .....                  | 33 |
| 3.2.1. Selección del riel.....   | 34 |
| 3.2.2. Trayectoria de los raíles del sistema grúa techo .....          | 41 |
| 3.3. Análisis computacional del rail mediante el software ANSYS... ..  | 42 |
| 3.4. Análisis computacional del sistema grúa techo .....               | 44 |
| 3.5. Selección del motor para el sistema grúa techo.....               | 46 |
| 3.6. Selección de la batería .....                                     | 52 |
| 3.7. Selección de accesorios de seguridad para el adulto mayor ....    | 54 |
| 3.7.1. Arnés de seguridad .....  | 54 |
| 3.7.2. Gancho de acople rápido .....                                   | 55 |
| 3.8. Protecciones eléctricas al sistema grúa techo .....               | 55 |

### **CAPÍTULO IV**

#### **CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN**

|  |    |
|--|----|
| 4.1. Construcción de la estructura del sistema grúa techo..... | 57 |
| 4.2. Implementación del sistema eléctrico.....                 | 60 |
| 4.3. Implementación del sistema electrónico .....              | 61 |
| 4.4. Instalación del sistema de grúa techo .....               | 64 |
| 4.4.1. Prueba de funcionamiento de la aplicación móvil .....   | 66 |

**CAPÍTULO V****PRUEBAS Y RESULTADOS**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5.1. Antecedentes .....</b>                                       | <b>70</b> |
| <b>5.2. Pruebas de funcionamiento .....</b>                          | <b>71</b> |
| <b>5.2.1. Pruebas de movimiento.....</b>                             | <b>71</b> |
| <b>5.2.2. Pruebas sin carga .....</b>                                | <b>72</b> |
| <b>5.2.3. Pruebas con carga .....</b>                                | <b>73</b> |
| <b>5.2.4. Pruebas con los adultos mayores del Hogar de Vida.....</b> | <b>82</b> |
| <b>5.3. Validación de la Hipótesis.....</b>                          | <b>86</b> |
| <b>5.4. Análisis económico del sistema grúa techo.....</b>           | <b>89</b> |
| <b>5.5. Análisis costo-beneficio.....</b>                            | <b>91</b> |

**CAPÍTULO VI****CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| <b>6.1. Conclusiones .....</b>    | <b>94</b> |
| <b>6.2. Recomendaciones .....</b> | <b>95</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b> | <b>97</b> |
|---|-----------|

|                    |            |
|--------------------|------------|
| <b>ANEXOS.....</b> | <b>115</b> |
|--------------------|------------|

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Mecanismo elevador de personas.....                            | 5  |
| Figura 2. Grúa para transferencia.....                                   | 6  |
| Figura 3. Sistema de transporte .....                                    | 7  |
| Figura 4. Robot de asistencia domiciliaria (ROAD) .....                  | 8  |
| Figura 5. Grúa de techo de la empresa HANDIMOVE .....                    | 9  |
| Figura 6. Grúa motor FIX de la empresa MOVILIAR.....                     | 10 |
| Figura 7. Polipasto de techo de la empresa ETAC.....                     | 10 |
| Figura 8. Silla de ruedas.....   | 12 |
| Figura 9. Preparación para la ducha del adulto mayor.....                | 13 |
| Figura 10. Rehabilitación del adulto mayor .....                         | 14 |
| Figura 11. Arnés de ajuste rápido de la empresa.....                     | 15 |
| Figura 12. Arnés caminador de la empresa TEKVO.....                      | 16 |
| Figura 13. Arnés original de la empresa LIKO.....                        | 17 |
| Figura 14. Arnés Sur Hands de la empresa HANDIMOVE .....                 | 17 |
| Figura 15. Sistemas en H de la empresa ERREKAS .....                     | 18 |
| Figura 16. Pórtico autoportante de la empresa ERREKA.....                | 18 |
| Figura 17. Carro de acople de la empresa HANDICARE.....                  | 19 |
| Figura 18. Carro giratorio de la empresa HANDICARE.....                  | 19 |
| Figura 19. Percha cruzada 450 de la empresa LIKO .....                   | 20 |
| Figura 20. Percha SlingBar de la empresa Handicare .....                 | 20 |
| Figura 21. Perchas laterales Universal de la empresa LIKO .....          | 21 |
| Figura 22. SwiftHook gancho para percha de la empresa.....               | 21 |
| Figura 23. RoomTransferHook gancho para percha de la empresa .....       | 22 |
| Figura 24. Bascula digital de la empresa HANDICARE .....                 | 22 |
| Figura 25. Dimensiones de la habitación.....                             | 29 |
| Figura 26. Carga puntual .....   | 36 |
| Figura 27. Cargas puntuales .....  | 37 |
| Figura 28. Distancia del tramo que actúa la carga segura .....           | 37 |
| Figura 29. Trayectoria de los raíles del sistema grúa techo. ....        | 42 |
| Figura 30. Apreciación del esfuerzo máximo de Von Mises. ....            | 43 |
| Figura 31. Cálculo del factor de seguridad.....                          | 44 |
| Figura 32. Estudio estructural del sistema grúa techo.....               | 45 |
| Figura 33. Calculo del factor de seguridad del sistema grúa techo. ....  | 45 |
| Figura 34. Motor a utilizar en el sistema grúa techo .....               | 51 |
| Figura 35. Control Wireless para motor del sistema grúa techo .....      | 51 |
| Figura 36. Batería seleccionada .....                                    | 53 |
| Figura 37. Arnes de seguridad.....                                       | 54 |
| Figura 38. Gancho de acople rápido .....                                 | 55 |
| Figura 39. Circuito eléctrico de potencia .....                          | 55 |
| Figura 40. Circuito de Control.....                                      | 56 |
| Figura 41. Circuito eléctrico del sistema grúa techo .....               | 56 |
| Figura 42. Sistema Grúa techo .....                                      | 69 |
| Figura 43. Pruebas sin carga .....                                       | 72 |
| Figura 44. Transferencia silla – asistente a la cama, bañera y baño..... | 73 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 45. Transferencia silla – asistentes a la cama, bañera y baño...</b> | <b>74</b> |
| <b>Figura 46. Transferencia sistema grúa la cama, bañera y baño. ....</b>      | <b>74</b> |
| <b>Figura 47. Grafica de tiempo vs transferencia silla - asistente.....</b>    | <b>77</b> |
| <b>Figura 48. Grafica de tiempo vs transferencia silla - asistentes.....</b>   | <b>79</b> |
| <b>Figura 49. Grafica de tiempo vs transferencia grúa techo .....</b>          | <b>80</b> |
| <b>Figura 50. Grafica del descenso a plena carga .....</b>                     | <b>81</b> |
| <b>Figura 51. Grafica del rendimiento de los sistemas de transferencia...</b>  | <b>81</b> |
| <b>Figura 52. Traslado del adulto mayor a la cama .....</b>                    | <b>84</b> |
| <b>Figura 53. Distribución de las expresiones de los adultos mayores ....</b>  | <b>85</b> |
| <b>Figura 54. Motor grúa de Techo para adulto mayor.....</b>                   | <b>90</b> |
| <b>Figura 55. Grúa techo para pacientes .....</b>                              | <b>91</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tabla 1  | Cuadro de alteraciones de movilidad del adulto mayor.....   | 11 |
| Tabla 2  | Medidas antropomórficas estándar del adulto mayor.....      | 15 |
| Tabla 3  | Tipos de material para sistemas grúa techo .....            | 31 |
| Tabla 4  | Tipos de sistema de elevación y traslado .....              | 32 |
| Tabla 5  | Tipo de controlador .....                                   | 33 |
| Tabla 6  | Comparación de modelos de motores.....                      | 49 |
| Tabla 7  | Comparación de modelos de baterías .....                    | 52 |
| Tabla 8  | Elementos mecánicos de la estructura .....                  | 57 |
| Tabla 9  | Proceso de construcción de la estructura del sistema grúa . | 58 |
| Tabla 10 | Implementación del sistema eléctrico .....                  | 60 |
| Tabla 11 | Implementación del sistema electrónico.....                 | 62 |
| Tabla 12 | Instalación del sistema grúa techo .....                    | 64 |
| Tabla 13 | Indicaciones aplicación móvil .....                         | 67 |
| Tabla 14 | Pruebas de los movimientos verticales.....                  | 71 |
| Tabla 15 | Pruebas de los movimientos horizontales .....               | 71 |
| Tabla 16 | Datos sin carga .....                                       | 72 |
| Tabla 17 | Transferencia silla - asistente .....                       | 75 |
| Tabla 18 | Transferencia silla – asistentes.....                       | 78 |
| Tabla 19 | Transferencia silla – asistentes.....                       | 79 |
| Tabla 20 | Protocolo de fijación del arnés de seguridad .....          | 82 |
| Tabla 21 | Expresiones del adulto mayor .....                          | 84 |
| Tabla 22 | Frecuencia observada.....                                   | 87 |
| Tabla 23 | Frecuencia esperada .....                                   | 87 |
| Tabla 24 | Valores calculados Chi-Cuadro.....                          | 88 |
| Tabla 25 | Análisis de costo de materiales .....                       | 89 |
| Tabla 26 | Análisis cualitativo .....                                  | 92 |
| Tabla 27 | Análisis cuantitativo .....                                 | 93 |

## RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se desarrollará un sistema grúa techo, el mismo que estará destinado como ayuda dinámica al cuidado del adulto mayor, en especial aquellos que suelen presentar problemas de movilidad e independencia, haciendo que éstos deban ser cuidados por una o varias personas en cuanto a sus necesidades básicas tales como; ir a la cama, baño o ducha, para ello el asistente usa su mecánica corporal permitiéndole levantarlo y moverlo de un lugar a otro, con lo cual genera al asistente patologías ergonómicas que trascienden a futuras complicaciones en su cadera o columna vertebral y de la misma forma durante la transferencia se producen caídas que derivan a lesiones en el adulto mayor. Entonces se implementará un sistema compuesto por un riel fijado al techo por el cual circulará un operador eléctrico que permitirá la elevación del adulto mayor con movilidad reducida, mediante un arnés de seguridad y de esta forma trasladarlo de un punto a otro sin esfuerzo del asistente y así ofrecer una mayor ayuda al sistema de atención geriátrica, mejorando la calidad de vida del asistido y del asistente.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **GRÚA TECHO**
- **ASISTENTE GERIÁTRICO**
- **MOVILIDAD - ADULTO MAYOR**
- **TRANSFERENCIA DEL PACIENTE**

## **ABSTRACT**

In the present work of qualification will develop a system crane ceiling, the same that will be destined like dynamic aid to the care of the older adult, especially those that usually present / display problems of mobility and independence, causing that these must be taken care of by one or several people in terms of their basic needs such as; go to bed, bath or shower, for this the assistant uses its body mechanics allowing you to lift it and move it from one place to another, which generates ergonomic pathologies assistant that transcend future complications in your hip or spine and the same During the transfer, falls occur that lead to injuries in the elderly. Then a system composed of a rail fixed to the roof by which an electric operator will circulate will be implemented that will allow the elevation of the older adults with reduced mobility, by means of a safety harness and in this way move it from one point to another without effort of the assistant and thus offering greater help to the geriatric care system, improving the quality of life of the assisted and the assistant.

### **KEYWORDS:**

- **ROOF CRANE**
- **GERIATRIC ASSISTANT**
- **MOBILITY - OLDER ADULTS**
- **PATIENT TRANSFER**

## CAPÍTULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1. Antecedentes

La investigación realizada por la (Organización de Naciones Unidas, 2017) establece que en el mundo hay 962 millones de personas mayores de 60 años, donde el 12% corresponden a Latinoamérica, en nuestro país viven alrededor de 1662 mil adultos mayores. El 15% del total de esta población y dos terceras partes de los adultos mayores viven en instituciones de cuidados prolongados donde tienen en algún grado trastornos de movilidad, conllevando a la dependencia de terceras personas y en grados más elevados complicaciones que pueden conducir al paciente a la muerte. (Organización Panamericana de la Salud, 2006)

Según (Padilla Góngora & Padilla Clemente, 2008) desde hace varios años se ha desarrollado ayudas técnicas y tecnológicas como soporte para mejorar la calidad de vida de los adultos mayores, donde han incidido esencialmente en los campos de la movilidad, para prevenir, compensar, mitigar o neutralizar una deficiencia, discapacidad o minusvalía.

En 1991 el Congreso Nacional crea la ley especial del anciano donde se garantiza “el derecho a un nivel de vida que asegure la salud corporal y psicológica, la alimentación, el vestido, vivienda, asistencia médica, la atención geriátrica y gerontológica integral y los servicios sociales necesarios para una existencia útil y decorosa”, así admitiendo el cuidado y una asistencia digna para todos los ciudadanos. (Baquerizo Freile, 2015)

El plan del buen vivir se enfoca fundamentalmente en la inclusión y cuidado del adulto mayor mediante nuevas tecnologías desarrolladas dentro del país, y así alcanzar la justicia social e igualdad de la sociedad. (SENPLADES, 2013)

La (Organización Mundial de la Salud, 2004) señala que hay que procurar que exista medios de transporte seguros y asequibles para una atención primaria adaptada a los adultos mayores.

Enfocados en los adultos mayores y los continuos avances tecnológicos surge la necesidad de desarrollar una: “Grúa Techo” que no es más que la investigación y estudio de un equipo electromecánico para el traslado del adulto mayor de un lugar a otro.

Esta investigación procura destacar la parte humana y social, ya que se muestra una idea innovadora que propone una solución que permitirá proporcionar a los adultos mayores, un sistema útil para su fácil movilidad tomando en cuenta los avances tecnológicos de nuestro medio.

## **1.2. Planteamiento del problema**

El centro gerontológico Hogar de Vida “Luis Maldonado Tamayo”, ubicado en el Barrio Isinche Grande del cantón Pujilí, y administrado por el Patronato Municipal “Niño de Isinche”, contiene actualmente 52 residentes de los cuales 30 son adultos mayores con movilidad reducida, quienes reciben atención y cuidado diario en las áreas de: vivienda, alimentación, presentación personal, salud física y mental, terapia ocupacional y recreativa. Ayudados por 4 encargadas del cuidado de estos y 1 fisioterapeuta. (J.Perez, comunicación personal, 2018)

Los adultos mayores con movilidad reducida al estar en una etapa de envejecimiento y en silla de ruedas presentan problemas de independencia, como ir al baño, asearse, trasladarse a su cama o viceversa, para lo cual necesitan de la ayuda de una o varias personas para realizar dichas acciones, producto de ello en algunos casos han presentado caídas, lesiones y fracturas en los adultos mayores. Así también se puede observar que el personal que lo asiste es del género femenino el cual, al realizar el traslado, presentan problemas de la espalda y el cuello causados por el levantamiento de los ancianos durante el trabajo diario, conllevando a patologías ergonómicas como: trastornos musculoesqueléticos, sobre esfuerzo, hernias discales, lesiones lumbares, y lumbalgias. (J. Perez, comunicación personal, 2018)

### **1.3. Justificación e importancia**

El proyecto tiene como finalidad realizar actividades investigativas para ejecutar un adecuado diseño de un sistema grúa techo para adaptarlo a los adultos mayores residentes de la Casa Hogar “Luis Maldonado Tamayo”, este sistema ayudara en: el transporte de pacientes, con seguridad, eficacia y confort en la transferencia desde la cama a la silla, inodoro, ducha o viceversa, constituye un sistema de valiosa ayuda para asistir a usuarios de mucho peso, además las grúas de techo suponen un sistema más seguro, confortable y sostenible tanto para los asistidos como los asistentes, eliminando así, la probabilidad de sufrir cualquier tipo de lesión, permite también decidir muchas formas y estilos de transferencia, las grúas de techo se adaptan a distintas elevaciones y alturas ajustándose así a casi cualquier fin, convierten la transferencia de una persona en una actividad mucho más rápida, eficaz y fluida en comparación con otros sistemas, y su principal característica reducir de forma drástica las lesiones por parte de los asistentes, ofreciendo mayor sostenibilidad al sistema de atención. Y mejorando el trato que hoy por hoy se merecen nuestros adultos mayores y así tendrán un mejor estilo de vida y confort en la institución que ellos residen.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. General**

- Diseñar e implementar una grúa techo asistido para el traslado de los adultos mayores con movilidad reducida para el hogar de vida “Luis Maldonado Tamayo” de la ciudad de Pujilí.

#### **1.4.2. Específicos**

- Investigar el traslado de adultos mayores y los tipos de sistemas de grúa techo.
- Diseñar el sistema mecánico de la grúa techo en un software CAD.
- Construir el sistema de grúa techo con la selección de materiales adecuados.

- Establecer mediante especificaciones técnicas, una adecuada instalación de la grúa techo propuesto.
- Realizar protocolos de prueba en el sistema de grúa techo.

### **1.5. Hipótesis**

Mediante el diseño y construcción de un sistema grúa techo, se busca mejorar el traslado de los adultos mayores en el Hogar de Vida “Luis Maldonado Tamayo” de la ciudad de Pujilí.

#### **1.5.1. Variables de la investigación**

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:** Facilitar el traslado de los adultos mayores con movilidad reducida de un lugar a otro.
- **VARIABLE DEPENDIENTE:** Diseño e implementación de un sistema grúa techo.

### **1.6. Metodología de desarrollo del proyecto**

El proyecto se desarrollará metodológicamente de la siguiente manera:

- Método documental-bibliográfica: esta investigación hará uso de diferentes fuentes bibliográficas de los cuales se obtendrá información del traslado de adultos mayores y de los tipos de sistemas grúa techo existentes.
- Método de campo: Mediante esta investigación se propone investigar las necesidades de los adultos mayores y la recopilación de información de los parámetros de diseño del sistema grúa techo.
- Método experimental: Este método permite integrar la investigación realizada y demostrarla en función de un sistema grúa techo.

## CAPÍTULO II

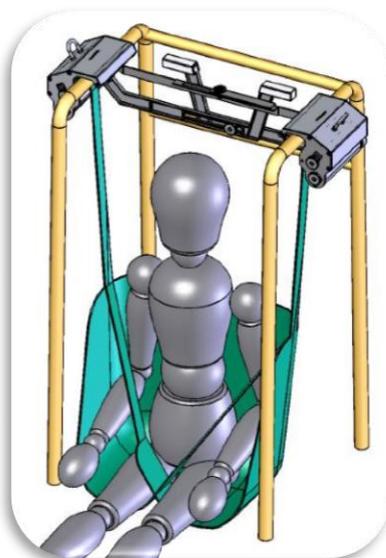
### ESTADO DEL ARTE

#### 2.1. Estado de la técnica

La indagación de alternativas de ayuda a la movilidad del adulto mayor permite comprobar la función de elevar y trasladar mediante los diversos sistemas ya disponibles en el mercado o desarrollado por los centros de estudios como universidades o institutos dedicados a esta área.

##### 2.1.1. Mecanismo elevador de personas, Ordiales Miguel, Universidad politecnica de Catalunya, España, Septiembre 2016.

El presente mecanismo está destinado al levantamiento de adultos mayores, mediante el accionamiento manual que prevé dos formas de utilización: fijado sobre un caminador o colgado sobre el marco de la puerta como lo muestra la Figura 1, opera con una carga útil de 120kg, en este diseño no se aplica un factor de seguridad debido a que la persona nunca se le transportará y estará completamente suspendida en el aire. El material usado para este dispositivo es el Zamak debido a su peso reducido respecto a la aleación de aluminio, permitiéndole soportar una fuerza de acción de 16,7 N que se encuentra dentro de los límites que establece la normativa de grúas de transferencia.



**Figura 1.** Mecanismo elevador de personas.  
Fuente: (Ordiales Espada, 2016)

### **2.1.2. Diseño y construcción de una grúa para transferencia de personas con discapacidad motriz, Pavón Lennin, Universidad Tecnica del Norte, Ibarra, enero 2017.**

Este equipo fue creado para la asistencia de una persona con deficiencia motriz que le permite realizar transferencias de la cama a la silla y viceversa como se muestra en la Figura 2. Cuenta con una capacidad de carga útil de 120kg, estatura corporal del paciente de 1.80m y un desplazamiento vertical de la grúa de 17.29mm, diseñado para una cama estándar de 25cm y acceso a una silla de ruedas de 72cm de ancho. Su estructura está hecha con un acero A36 para garantizar una buena soldabilidad, pero con menor resistencia a la fluencia lo que incrementa su peso y espesor, acondicionado a un actuador electromecánico lineal Linak LA31 de 6000N con factor de seguridad 2.5, incluye un sistema de control que facilita el manejo del asistente, permitiéndole únicamente realizar transferencia por pasillos, habitaciones y ascensores, con una inclinación no mayor a los 5° con respecto a la horizontal.

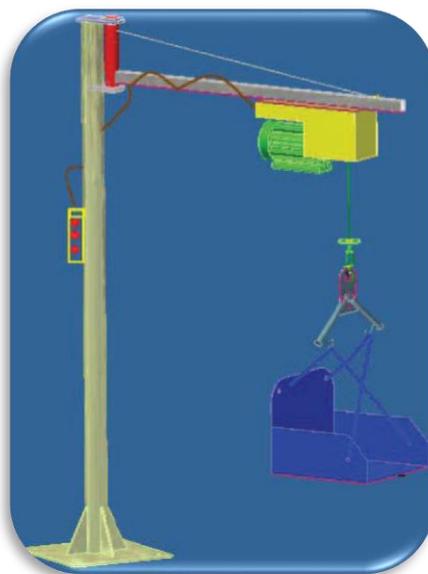


**Figura 2.** Grúa para transferencia  
Fuente: (Pavón Solano, 2017)

### **2.1.3. Diseño de un sistema de transporte para el área de la piscina del centro de educación “El niño tierra nueva” para niños con parálisis cerebral, Tópon Elida, Escuela Politecnica Nacional, Quito, julio 2010.**

En la Figura 3 se indica el sistema de transporte que sirve para el traslado de niños con capacidades especiales de un lugar a otro, proporcionando la

rehabilitación mediante la hidroterapia, para lo cual realiza el levantamiento desde la piscina con un peso de 150kg y un giro de 180° disminuyendo el esfuerzo físico que realizan los fisioterapeutas, con ello se adecuó un polipasto fijo diseñado para la elevación y movimientos de cargas largas que supera el 1.160m de altura, reemplazando al polipasto tipo grúa techo el cual solo alcanza una elevación de 20cm disminuyendo así también los costos de producción y adaptabilidad a las estructura de acero A36.



**Figura 3.** Sistema de transporte  
Fuente: (Tópon Tópon, 2010)

#### **2.1.4. Diseño, construcción y control de un robot doméstico para asistencia y entrenamiento de la movilidad, Ing. Carrera Calderón, Universidad Politécnica de Madrid, España, 2011.**

Este prototipo está diseñado para la asistencia y rehabilitación de adultos mayores mediante un sistema robótico en ambientes hospitalarios o domésticos, para su diseño se ha tomado como referencia la morfología usada por las grúas techo, el cual consiste en intercambiadores y sistemas XY, permitiéndole desplazarse por los ejes insertados en la cubierta como se puede observar en la Figura 4, facilitando la tracción y par para poder avanzar y soportar el peso del asistido, así también cuenta con una junta rotacional y una silla con junta prismática que sirven para realizar giros de 360° y elevación del paciente mediante los motores lineales de la silla, impidiendo cambios

bruscos de fuerzas en el despegue lo que garantizaría que las articulaciones como el tobillo deje de soportar una carga de 450N y la reduzca a 80N, la rodilla de 500N y la someta a 35N y la cadera de 400N la reduzca a 60N, proporcionando un decremento del 85% con la asistencia del robot.



**Figura 4.** Robot de asistencia domiciliar (ROAD)

Fuente: (Ing. Carrera Calderón, 2011)

Luego de esta indagación de resultados se establece que la investigación de sistemas grúa techo o similares son muy limitadas para el desarrollo de tesis o proyectos académicos, pues en nuestro país muchos de estos necesitan un auspicio y en la mayoría de un sustento económico alto para desarrollarlos, por tanto los equipos al ser electromecánicos necesitan ser importados y acoplados a nuestra tecnología, en el caso de los proyectos académicos internacionales se ven opacados por el mercado industrial siendo España y Estados Unidos los propulsores de estos sistemas a gran escala.

## **2.2. Estudio de las grúas techo para personas**

Las grúas techo son sistemas diseñados para el traslado y elevación de pacientes con problemas de movilidad en su cuerpo, son grúas que se fijan en una estructura acoplada al techo, consta de dos mecanismos: uno de desplazamiento a través de la estructura y otro de subida y bajada de la persona en situación de dependencia. (C.A.D.P., 2015)

El sistema está compuesto por railes y motores eléctricos que facilitan el movimiento vertical y horizontal hacia zonas destinadas al cuidado de las personas como el baño, la ducha y rehabilitación.

### **2.2.1. Grúa techo HANDIMOVE, modelo 2810, España, 2017**

HANDIMOVE desarrolló una grúa techo para el traslado de personas discapacitadas, ideal para el uso autónomo, sus trayectos se los puede hacer mediante un sistema de carriles de aluminio desde una habitación a otra sin la ayuda de un asistente, puede soportar una carga segura desde 160 kg y hasta 200 kg, cuenta con dos batería de 12V 9,5 AH, que le permiten realizar 160 movimientos de elevación cuando estas se encuentran cargadas, tiene un mando manual impermeable y un descenso de emergencia mecánico como se indica en la Figura 5.



**Figura 5.** Grúa de techo de la empresa HANDIMOVE  
Fuente: (HANDIMOVE, 2015)

### **2.2.2. Grúa motor MOVILIAR, modelo FIX, España, 2017.**

MOVILIAR es una empresa dedicada a la fabricación de mobiliario y oficinas, homologada por la dirección general del patrimonio del Estado de España, en la Figura 6 se puede observar el modelo FIX y como principales características, sus productos tienen indicadores de peso, número de elevaciones y diagnóstico del motor de 24VCC, con una capacidad de

elevación de 200 kg destacada por su arranque y frenada suave, estructura construida de acero, railes de aluminio, mando ergonómico con botones con relieve electrónico y carga de las baterías 5 AH durante toda la longitud del rail y unidad de emergencia eléctrico.



**Figura 6.** Grúa motor FIX de la empresa MOVILIAR  
Fuente: (MOVILIAR, 2017)

### **2.2.3. Polipasto de techo ETAC, modelo Molift Air 300, Suecia, 2013.**

ETAC empresa desarrolladora de equipos ergonómicos para personas con movilidad restringida como se puede ver en la Figura 7, posee polipastos de techo con una carga segura de trabajo de 300 kg, software de servicio para batería 26,4 V 2,2 AH, con control manual y protección IPX4, motor de elevación IPX4 con intervalo de elevación de 3 m el cual está diseñado para una velocidad de elevación de 35 mm/s, así también cuenta con descenso de emergencia mecánico y eléctrico.



**Figura 7.** Polipasto de techo de la empresa ETAC  
Fuente: (ETAC, 2013)

### 2.3. Línea base del Hogar de vida “Luis Maldonado Tamayo”.

En las reuniones y entrevistas realizadas en la fase preliminar del proyecto, se establece que el producto disponga de una estructura instalada en el techo de una de las habitaciones del hogar de vida, debido a limitaciones de espacio y por otro lado el incremento de costos que este supone, con ello se recomendó el desarrollo del sistema para el traslado del adulto mayor al baño y a una bañera para el uso diario en el aseo personal del mismo. Para lo cual se ha levantado una línea de investigación de este centro geriátrico que servirá para encontrar los parámetros necesarios para implantar este equipo.

#### 2.3.1. Dependencia del adulto mayor

En el hogar de vida residen alrededor de 52 adultos mayores, 31 del género femenino y 21 del género masculino, de los cuales 30 del total presentan alteraciones de la movilidad como lo muestra la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Cuadro de alteraciones de movilidad del adulto mayor*

| Causas                     | Descripción  | Número de adultos mayores |
|----------------------------|--|---------------------------|
| <b>Musculoesqueléticas</b> | Artritis, osteoporosis, fracturas, trastornos de los pies.                   | 15                        |
| <b>Neurológicas</b>        | Enfermedades del Parkinson, degenerativas del sistema nervioso, neuropatías. | 5                         |
| <b>Cardiovasculares</b>    | Insuficiencia cardíaca, enfermedades coronaria y vascular.                   | 2                         |
| <b>Pulmonares</b>          | Enfermedad pulmonar obstructiva crónica severa.                              | 1                         |
| <b>Estados depresivos</b>  | Abandono, mendicidad.  | 3                         |
| <b>Inmovilidad forzada</b> | Trastornos de la vista, miedo.   | 4                         |
| <b>Total</b>               |  | 30                        |

Fuente: (J. Perez, comunicación personal, 2018)

### 2.3.2. Métodos de traslado del adulto mayor.

El hogar de vida cuenta con 4 personas de turno que asisten a los adultos mayores, para ello realizan acciones de traslado desde su cama hasta actividades de aseo personal de cada uno de ellos, de forma particular el personal que los cuida es del género femenino el cual realiza todas estas actividades diariamente.

#### 2.3.2.1. Equipo de traslado

El equipo técnico usado para la movilidad y traslado dentro y fuera del establecimiento, es la silla de rueda como se muestra en la Figura 8, la cual se adapta desde el paseo del adulto mayor o la transferencia de cama a sedestación y viceversa en especial a pacientes severamente incapacitados que en su mayoría residen en este lugar.



**Figura 8.** Silla de ruedas

#### 2.3.2.2. Asistencia al baño

La asistencia al baño se realiza mediante el uso de la silla de ruedas y la mecánica corporal del asistente, para ello se utiliza la técnica de giro que consiste primeramente en poner paralela la silla al escusado y cerca de está, las ruedas deben estar frenadas, el cuidador introduce las manos debajo de las axilas del adulto mayor y procede a erguirlo para poder desprender las prendas inferiores, luego se gira lentamente hacia un lado hasta llegar al espaldar del escusado y finalmente se lo sienta.

### 2.3.2.3. Asistencia a la ducha

Para la asistencia a la ducha, primeramente se desviste adulto mayor en una cama como se puede observar en la Figura 9, luego se procede a realizar la técnica de levantamiento que consiste en transportar la silla adyacente a la cama, procurando que esté perpendicularmente, colocar el freno y conjuntamente con las manos apoyadas en la cabecera de la cama se ayuda al adulto mayor a sentarse, se lo vira para que éste se sienta paralelo a lo largo y de espaldas a la silla, con la ayuda de otro asistente uno en cada lado, colocan una mano bajo cada axila del adulta mayor, lo levanta simultáneamente y lo llevan de espalda a la silla, finalmente realizan la técnica de giro para sentarlo en un banco y proceder a su limpieza.



**Figura 9.** Preparación para la ducha del adulto mayor.

### 2.3.3. Asistencia cama- silla.

El traslado de un adulto mayor de la cama a la silla o viceversa se lo realiza diariamente para ello se usa la técnica de levantamiento el cual facilita el desplazamiento y la asistencia de este, el procedimiento se lo realiza dos veces al día donde su principal medio de levantamiento es la mecánica corporal del asistente, causando molestias y dolores musculares al mismo,

por ende, este método ha sido causal de varias caídas y lesiones al adulto mayor. (J. Perez, comunicación personal, 2018)

#### **2.3.4. Asistencia a la rehabilitación**

La rehabilitación de los adultos mayores consiste en realizar cortas caminatas mediante el uso de barandales fijados en el piso como se puede apreciar en la Figura 10, para lo cual mediante la técnica de levantamiento se hace que el adulto mayor tome una postura erguida y estable, entre los brazos y el pasa manos, con la supervisión del cuidador se anima al paciente a dar pasos cortos y giros que permiten mejorar la ambulación del adulto mayor.



**Figura 10.** Rehabilitación del adulto mayor

#### **2.3.5. Medidas antropomórficas de los adultos mayores**

Para realizar las medidas antropomórficas de los adultos mayores se ha realizado, mediante el uso de una balanza electrónica estableciendo el peso de cada paciente, así también el uso de una cinta métrica para determinar la altura de estos, pues por su condición y postura no se los puede realizar con un escalímetro. Con ello se ha detallado en la Tabla 2 un estándar del peso y altura de los adultos mayores con movilidad reducida.

**Tabla 2***Medidas antropomórficas estándar del adulto mayor*

| Medida antropomórfica | Estándar  |
|-----------------------|-----------|
| <b>Peso</b>           | 96.78 lb  |
| <b>Altura</b>         | 137.95 cm |

## 2.4. Estudio de accesorios

Accesorios como el arnés, perchas o basculas son el complemento a una grúa techo, para ejecutar una óptima elevación y traslado de un adulto mayor, debido a ello se han desarrollado múltiples modelos los cuales facilitan la realización de actividades como el aseo en la ducha, traslado al baño y hasta la rehabilitación. Este elemento se encarga de sujetar el cuerpo del adulto mayor mediante amarras o telas y así soportar los movimientos horizontales y verticales realizados por el carro de la grúa techo.

### 2.4.1. Arnés de ajuste rápido AYUDAS DINÁMICAS, modelo A90, España, 2017

AYUDAS DINÁMICAS desarrolló un arnés para adultos mayores hipotónicos, los cuales por su condición muscular no pueden realizar movimientos, para ello cuenta con un cinturón frontal de ajuste rápido, dos sujetadores posteriores de 87cm y dos delanteros de 105cm (véase Figura 11), diseñado para perímetros del tórax de entre 90 a 115cm, son muy utilizado para el baño gracias a su tejido de fácil secado.



**Figura 11.** Arnés de ajuste rápido de la empresa AYUDAS DINÁMICAS  
Fuente: (Ayudas Dinámicas, 2017)

#### **2.4.2. Arnés caminador TEKVO, modelo REF A007, Colombia, 2017**

TEKVO Bioingeniería es una empresa dedicada a la fabricación de equipos y accesorios para la movilidad del adulto mayor, como principales características, sus productos son fabricados con una combinación de algodón y poliéster para su parte exterior y con plástico impermeable en su interior, esto le permite ser sensible al tacto del adulto mayor, así también el arnés soporta pesos desde 150kg hasta 250kg debido a sus dos puntos de sujeción sobre los hombros, su estructura es tipo chaleco y reatas con diseño ergonómico. El dispositivo ayuda en la elevación del adulto mayor para ponerlo de pie y realizar entrenamiento de marcha- caminata y bipedestación como se puede observar en la Figura 12.



**Figura 12.** Arnés caminador de la empresa TEKVO  
Fuente: (TEKVO, 2017)

#### **2.4.3. Arnés original LIKO, modelo 10, España, 2018**

LIKO es una empresa dedicada a la fabricación de ayudas técnicas para personas con movilidad reducida, presentando accesorios para el acople tanto en grúas techo como móviles, su diseño está pensado en la higiene del adulto mayor con lo cual cuenta con una abertura que le permite vestirse y desvestirse durante la elevación, está fabricado con un tejido de poliéster que soporta un peso máximo de 180kg adicionado de soportes para pierna acolchados con piel de carnero sintética (véase Figura 13), el dispositivo

puede ser usado desde la silla de ruedas o desde la cama para la ducha del adulto mayor.



**Figura 13.** Arnés original de la empresa LIKO  
Fuente: (LIKO, 2018)

#### **2.4.4. Arnés Sure Hands HANDIMOVE, modelo 1035, España, 2016**

HANDIMOVE ha diseñado un arnés tipo metálico el mismo que está fabricado en aluminio rvs 316 para su rápida limpieza como se puede apreciar en la Figura 14, cuenta con un cinturón de seguridad que le permite sostener al paciente durante el traslado hacia el baño o la ducha, sus dimensiones de diseño son de 670 x 480mm, la fijación de las piernas y manos ayudan a una cómoda posición en el soporte de elevación, éstas están elaboradas con poliuretano. Su diseño permite usarlo en hospitales o geriátricos debido a su fácil desinfección de sus componentes y larga duración.



**Figura 14.** Arnés Sure Hands de la empresa HANDIMOVE  
Fuente: (HANDI MOVE, 2016)

#### 2.4.5. Sistema de elevación en H ERREKA, España, 2018.

ERREKA presenta un sistema de railes en H como se observa en la Figura 15, el cual permite la movilización de la grúa por todos los puntos de transferencia y diseñada para varios usos como en zonas de juego, piscinas, el inodoro y la habitación del adulto mayor, el tipo de traslación puede ser manual o motorizada y su conexión puede ser en X-Y a X-Y o de XY a un rail individual.



**Figura 15.** Sistemas en H de la empresa ERREKAS  
Fuente: (ERREKA, 2018)

#### 2.4.6. Sistema de elevación tipo pórtico autoportante, ERREKA, 2018

En la Figura 16 se muestra la estructura diseñada por la empresa ERREKA, el mismo que es usado para actividades temporales como la transferencia de la cama a la silla o viceversa, este sistema es autoportante, debido a que no depende de paredes o techos, para lo cual está constituido por un rail recto con carga continua y dos parantes verticales, su carga útil es de 200kg y su tipo de traslación puede ser manual o motorizada.



**Figura 16.** Pórtico autoportante de la empresa ERREKA  
Fuente: (ERREKA, 2018)

#### 2.4.7. Carro de acople rápido, HANDICARE, España, 2018

El carro de acople rápido está destinado a proveer una transferencia suave y sencilla al sistema grúa techo, haciendo posible bajar al paciente de forma cómoda y segura, este acople se puede ajustar rápidamente en ángulos de 45° y 90° con lo cual puede llegar a soportar una carga útil de 205kg y una distancia de descendimiento de 70mm, el equipo puede ser usado para traslados manuales o motorizados como se muestra en la Figura 17.



**Figura 17.** Carro de acople de la empresa HANDICARE  
Fuente: (HANDICARE, 2018)

#### 2.4.8. Carro giratorio, Trolley 360 RisePorto, HANDICARE, España, 2018

HANDICARE ha creado un carro giratorio de 360 grados (véase Figura 18), el mismo que facilita bascular durante su uso y con ello hace que no se genere enredos en la correa del arnés durante esta actividad, ayuda a una fácil transferencia del adulto mayor y consta también con tuercas de seguridad, puede soportar un peso máximo de 300kg y su distancia de rueda a rueda es de 0,15cm.



**Figura 18.** Carro giratorio de la empresa HANDICARE  
Fuente: (HANDICARE, 2018)

#### 2.4.9. Percha cruzada 450, LIKO, España, 2018

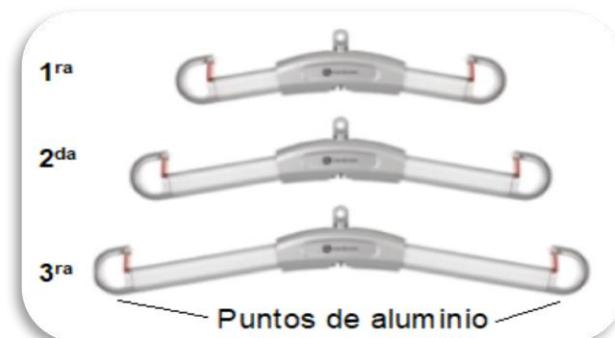
LIKO presenta una percha simétrica cruzada (véase Figura 19), que facilita el traslado de una persona mediante la utilización de un arnés de talla mediana/ fina y pequeña, de igual forma proporciona una postura de sentado reclinado ideal para arneses de respaldo alto o soporte de cabeza.



**Figura 19.** Percha cruzada 450 de la empresa LIKO  
Fuente: (LIKO, 2018)

#### 2.4.10. Percha SlingBar, HANDICARE, España, 2018

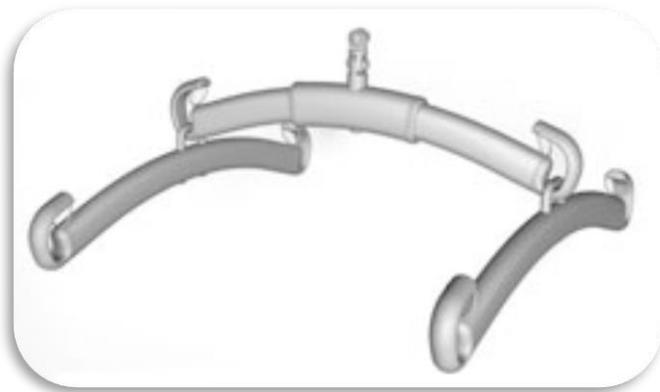
HANDICARE ha diseñado una percha SlingBar el cual tiene tres versiones como se muestra en la Figura 20, las mismas que presentan dos puntos de aluminio, pestillos de seguridad para evitar la salida de las sortijas del arnés y todos estos modelos pueden soportar una carga útil de 300kg, la primera percha de 350mm es usada para niños, la segunda de 450mm es usada para la elevación de adultos y la tercera de 600mm está dedicada para usuarios más grandes proporcionando mayor espacio en el arnés.



**Figura 20.** Percha SlingBar de la empresa Handicare  
Fuente: (HANDICARE, 2018)

#### 2.4.11. Perchas laterales Universal, LIKO, España, 2018

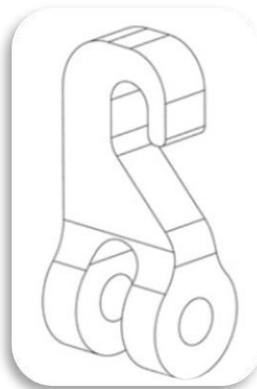
En la Figura 21 se puede observar las perchas laterales de la empresa LIKO, las cuales son una alternativa para pacientes que han sido operados de la cadera o adultos mayores con problemas a la altura de las caderas, al instalarse con el arnés logra una suspensión simétrica, lo que facilita más espacio para los hombros del paciente, su estructura está diseñada en aluminio.



**Figura 21.** Perchas laterales Universal de la empresa LIKO  
Fuente: (LIKO, 2018)

#### 2.4.12. SwiftHook para cambio de percha, HANDICARE, España, 2018

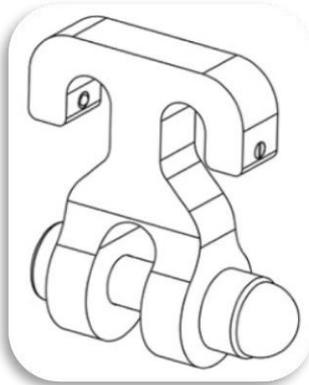
HANDICARE muestra un gancho de acople rápido (véase Figura 22) para perchas de dos puntos de sujeción o perchas cruzadas, soporta una carga útil de 300kg, es muy fácil para cambiar o acoplar una báscula.



**Figura 22.** SwiftHook gancho para percha de la empresa HANDICARE  
Fuente: (HANDICARE, 2018)

#### 2.4.13. RoomTransferHook para cambio de percha, HANDICARE, España, 2018

RoomTransferHook de la empresa HANDICARE, es un gancho de dos puntos (véase Figura 23) para el cambio de perchas, el mismo puede transferir entre dos sistemas de grúa techo en especial cuando estas se encuentran en habitaciones diferentes.



**Figura 23.** RoomTransferHook gancho para percha de la empresa HANDICARE

Fuente: (HANDICARE, 2018)

#### 2.4.14. Báscula digital, HANDIMOVE, España, 2015

HANDIMOVE presenta la báscula digital como se observa en la Figura 24, la cual está diseñada para facilitar al asistente, enfermero o medico a llevar un control del peso del adulto mayor, el mismo puede soportar una capacidad de 200kg, con una disponibilidad de calibrado de clase III, esta alimentado por 4 baterías de 1,5V tipo AA.



**Figura 24.** Báscula digital de la empresa HANDICARE

Fuente: (HANDIMOVE, 2015)

## **2.5. Materiales usados en la construcción de sistemas grúa techo**

En la implementación de sistemas grúas techo se usan materiales resistentes, especialmente en los rieles de transmisión, los mismos que están sometidos a soportar cargas suspendidas y acoplarse al techo, de esta manera a continuación se presenta los más comunes por sus características y propiedades resistivas.

### **2.5.1. Zamac 5**

Es una de las aleaciones de zinc, aluminio, cobre y magnesio más usadas para el mecanizado de rieles por sus propiedades de dureza y resistencia, en especial en la deflación de la ductilidad en operaciones de doblado, remachado o champeado, así también en la reducción de su espesor frente a materiales netamente constituidos por aluminio. (Oxido Metal S.A, 2014)

- Tensión de fluencia a tracción 269 MPa.
- Resistencia al corte 262 MPa.
- Módulo de elasticidad de  $85,5 \text{ MPa} \times 10^3$
- Soldabilidad mediante gas inerte (TIG o MIG)

Es fácil de maquinar, pero se debe tener un molde para inyectar esta aleación y lograr la pieza diseñada.

### **2.5.2. Acero ASTM A36**

El acero ASTM A36 es uno de los más utilizados para la fabricación de vigas y estructuras atornilladas debido a su soldabilidad y resistencia (Otero, 2017) presentando las siguientes características:

- Esfuerzo a la fluencia 250 MPa.
- Esfuerzo a la tracción 400 MPa.
- Elongación 20%.
- Fácil soldabilidad.

Este material es uno de los más comunes dentro de nuestro medio, el cual facilita su adquisición para este tipo de aplicaciones.

## **2.6. Motores utilizados en los sistemas grúas techo**

El uso de motores en las grúas techo han sido de suma importancia pues estos son los encargados de la transmisión de energía para elevar y poder trasladar a los adultos mayores que estarán suspendidos, entre los más usados tenemos a los motores DC y motorreductores AC.

### **2.6.1. Motor de inducción lineal**

Este motor es usado para movimientos de traslación de forma dinámica con baja fricción y un alto grado de flexibilidad, se acopla directamente a la carga descartando elementos de transmisión como poleas, correas dentadas y accionamientos sin fin corona, debido a sus dos partes como es el vástago y el estator facilita a que estos puedan ser usados para movimientos de velocidad alta y velocidades bajas para traslaciones que necesitan de una mayor fuerza. (LinMot, 2017)

### **2.6.2. Motor eléctrico de imanes permanentes**

Los motores de imanes permanentes son diseñados con una tecnología que reemplaza los sistemas de convertidores como son los reductores de velocidad, de igual forma tienen un par controlado en todas sus velocidades ideal para movimientos de gran precisión incluso pueden ser aplicados sin el uso de sensores de velocidad, así también su construcción facilita su refrigeración por aire. (ABB, 2018)

### **2.6.3. Polipasto eléctrico**

Este equipo es usado para condiciones de trabajo extremo especialmente para la elevación de cargas desde 250kg hasta 3 toneladas a velocidades bajas, dentro del mismo se integra limitadores de carga electrónico, freno de disco electromagnético, tensión de mando de 48V, dos velocidades en

elevación o traslación y una ejecución antideflagrante son acoplados a un riel y un carro móvil. (Cemvisa Visinay, 2017)

#### **2.6.4. Cabestrante eléctrico**

El cabestrante eléctrico es un dispositivo usado para elevar cargas que se estima desde 125Kg hasta 300Kg según su diseño, su peso es ideal para montarlos en estructuras móviles o fijas como es el caso de automotores o rieles entechadas, sus velocidades son muy bajas y altas en pares para elevación o enganches verticales, se pueden alimentar con baterías de ciclo profundo de ácido a 12V o 24V, incluyen un sistema reductor el cual al estar frenado impide que el motor sufra un daño en su funcionamiento. (Yale, 2002)

#### **2.7. Controladores utilizados para operar una grúa techo**

Para el control de los motores del sistema grúa techo es necesario mencionar los equipos más usados en este tipo de artilugios los mismos que pueden ser operados remotamente o inalámbricamente como se muestran a continuación.

##### **2.7.1. Controlador PWM 10A32S**

Este controlador remoto es usado para operar motores dc de imanes permanentes, consta de dos botones uno de accionamiento directo y otro inverso y una perilla para el control de la velocidad mediante el método de corriente modulada, es alimentado con voltajes de 6 a 30 V, controla una potencia de 200 W, rango de velocidad de 0 al 100%, frecuencia de funcionamiento de 15 kHz, y su peso es de 80 gramos. (AliExpress, 2016)

##### **2.7.2. Mando inalámbrico Arduino**

El mando inalámbrico consta de una tarjeta Arduino la misma que se acopla a los módulos Arduino PWM y puentes H quienes realizan el envío de las acciones mediante un módulo RF o bluetooth, incluye dos joysticks

analógicos con pulsador, D-pad, y 10 pulsadores, drivers de motores integrado, zócalo para módulos XBee, WiFi Bee. (BricoGeek, 2018)

### **2.7.3. Control remoto WINCH ELECTRICO EMM112713**

El control remoto WINCH eléctrico es usado para operar con motores de imanes permanentes en especial con sistemas cabestrantes, incluye un mando de control, se alimenta con 12 V, su corriente de trabajo es de 5A, potencia de transmisión 10 mw, distancia remota de control 50 pies, cada control remoto viene con su propio código para evitar interferencias con diversos mandos a distancia. (DISPATCH, 2018)

## **2.8. Alternativas de solución**

Realizada las indagaciones necesarias en el Hogar de Vida “Luis Maldonado Tamayo”, se determina que el sistema servirá para el uso de la ducha, el baño y la rehabilitación de los adultos mayores con movilidad reducida, para lo cual se proveerá de materiales y equipos que sean durables y sobre todo estén en la capacidad de brindar el servicio diariamente para ello se ha determinado las siguientes alternativas de solución:

- a) Un sistema grúa techo con railes de aluminio asistido por un motor de corriente continua para que este realice el traslado y elevación de los adultos mayores, mediante un control electrónico para el fácil manejo por parte del asistente, así también cuente con baterías recargables para su debido funcionamiento durante las actividades diarias.
  
- b) Un equipo grúa techo con railes de acero, un polipasto para la elevación y un sistema mecánico para el traslado del adulto mayor, el cual garantizara las actividades a realizarse en el geriátrico, mediante un control electrónico, acoplado a sistemas mecánicos de emergencia y suministrado por una batería de emergencia en caso de la pérdida del suministro eléctrico.

- c) Un artilugio grúa techo con railes de acero, conjuntamente con dos motorreductores que realicen el movimiento horizontal y vertical para el desplazamiento del adulto mayor así también con el uso de un control eléctrico para el uso del asistente, articulado con un sistema mecánico de emergencia.

Como alternativas de solución para los accesorios estos deberán de ser de un material impermeable ya que estos estarán destinados a actividades que representan el contacto con desechos fecales y el agua. Así también el arnés para la rehabilitación deberá ser de un tejido que soporte el peso corporal del adulto mayor como el poliéster, poliuretano o el algodón, tomando en cuenta que no debe causar daños en la piel del adulto mayor.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES

#### 3.1. Parámetros para el diseño

Partiendo de los criterios y alternativas de solución se debe considerar algunos parámetros para solucionar el problema propuesto, tomando en cuenta factores que van desde la producción hasta el mantenimiento del sistema grúa techo.

##### 3.1.1. Carga segura a soportar el sistema grúa techo

Para el diseño del sistema grúa techo se ha tomado en cuenta una carga segura de 90 Kg, en base a las medidas tomadas en el Hogar de Vida “Luis Maldonado Tamayo”, donde el peso de los adultos mayores oscila desde los 24,67 Kg hasta los 71,82 Kg (Ver Anexo 1), con ello también se estima que este valor varié debido al incremento de adultos mayores y de los cuales pueden presentar problemas de obesidad ya que según la (Fundación EROSKI, 2011) el 47,62% padece sobrepeso y el 25,72% obesidad, dentro de los grupos de edad de 65 a 74 años a nivel mundial, debido a esto el cálculo de la carga segura está enfocado de acuerdo a las investigación por parte de la (Organización Mundial de Gastroenterología, 2012) que indican que la prevalencia de la obesidad en los adultos mayores es de  $IMC \geq 30$  Kg/m<sup>2</sup>.

Fundamentado en estos estudios se determina que en el diseño se debe considerar los valores más críticos, que en este caso serán los de un adulto mayor con obesidad, para lo cual se aplicara el cálculo del índice de masa corporal IMC como se muestra en la siguiente ecuación:

$$IMC = \frac{\text{masa (Kg)}}{\text{estatura} * \text{estatura (m}^2\text{)}} \quad \leftrightarrow \text{Ec. 1}$$

Según la Ecuación 1 se determinará el peso (carga segura) para las condiciones más extremas, donde se reemplazará la IMC con un valor de 30 y la estatura promedio de un adulto mayor de 1.70 m.

$$30 = \frac{\text{masa (kg)}}{1.70 * 1.70 (m^2)}$$

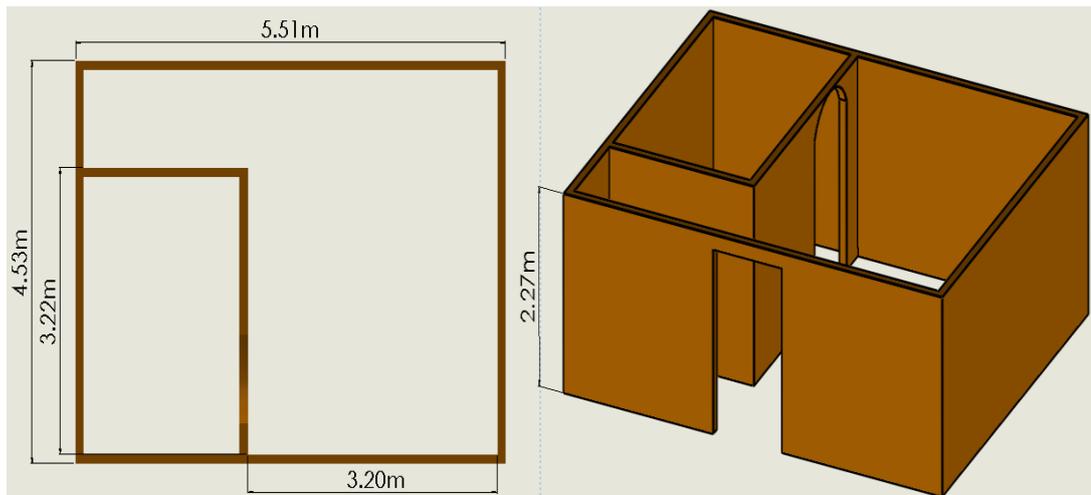
$$\text{masa (kg)} = 30 * (1.70 * 1.70)m^2$$

$$\text{masa (kg)} = 86,7 \text{ kg} \approx 90\text{kg}$$

Determinado el resultado, el sistema grúa techo deberá soportar una carga segura de 86,7 Kg, que por facilidad de cálculos este se aproximará a 90 Kg.

### 3.1.2. Dimensiones de la habitación

Previamente se ha establecido que se desea instalar el sistema grúa techo en una de las habitaciones del geriátrico, el mismo que cuenta con las siguientes dimensiones 5.5m de largo x 4,5 m de ancho y una altura de 2,3m como se muestra en la Figura 25.



**Figura 25.** Dimensiones de la habitación

### **3.1.3. Análisis de equipos y materiales para el sistema grúa techo**

Luego de desarrollar el estado del arte, se realizará varias comparaciones de los materiales, equipos e instrumentos usados en los sistemas grúa techo creados por el mercado o prototipos de investigación universitaria. Este análisis servirá como pauta de inicio para la selección y diseño del sistema grúa techo que será aplicado en el Hogar de Vida “Luis Maldonado Tamayo”.

Para ello se ha determinado dar valores a las tablas, en función de porcentajes, que estará entre el rango de 0% al 100%; por ejemplo si se evalúa que es menos importante su porcentaje será menor, la sumatoria de todos los porcentajes deberán dar un total del 100%; para evaluar un valor se ponderará del 1 al 10; dicho número será determinado previo al estudio realizado en el Capítulo II; así también se tiene una columna con la denominación total, que será la multiplicación del valor con el porcentaje; en la fila designada total se obtendrá la sumatoria de dichos números, y al cotejar estos resultados se conseguirá la opción más adecuada para el sistema grúa techo.

#### **3.1.3.1. Material de la estructura grúa techo**

En base a la investigación realizada en el literal 2.5, se presenta a continuación en la Tabla 3 los materiales más usados en la construcción de la estructura de una grúa techo como son la aleación Zamac 5 y el Acero A36. Estos materiales presentan características técnicas muy importantes, como la resistencia a la fluencia, resistencia al corte, dureza, elasticidad y soldabilidad que serán necesarias para soportar el peso del adulto mayor y de los accesorios que estarán suspendidos en esta estructura.

**Tabla 3**  
*Tipos de material para sistemas grúa techo*

| Elementos de Evaluación          | Porcentaje | ZAMAC 5 |       | Acero A36 |       |
|----------------------------------|------------|---------|-------|-----------|-------|
|                                  |            | Valor   | Total | Valor     | Total |
| <b>Resistencia a la fluencia</b> | 20%        | 8       | 1,6   | 9         | 1,8   |
| <b>Menor costo</b>               | 20%        | 7       | 1,4   | 9         | 1,8   |
| <b>Dureza</b>                    | 15%        | 7       | 1,4   | 8         | 1,2   |
| <b>Menor vibración</b>           | 15%        | 7       | 0,9   | 8         | 1,2   |
| <b>Soldabilidad</b>              | 15%        | 5       | 0,75  | 9         | 1,35  |
| <b>Reciclable</b>                | 15%        | 7       | 1,4   | 8         | 1,2   |
| <b>TOTAL</b>                     | 100%       |         | 7,45  |           | 8,55  |

De acuerdo con la Tabla 3, se puede concluir: para el diseño de la estructura, se optará por el acero A36, que está sujeto a una mejor resistencia a la fluencia, permitiendo que el sistema soporte la carga segura (adulto mayor), de igual forma la soldabilidad de este material, que facilitara su construcción. Aunque el material Zamac 5 es el más utilizado para la construcción de este tipo de rieles por su fácil moldeabilidad, pero por razones de costo e importación no se la puede utilizar para nuestro diseño.

#### **3.1.4. Sistema de elevación y traslado**

El mecanismo de elevación y traslado de los sistemas grúa techo sirven como parte primordial para ejecutar la fuerza y movimiento horizontal y vertical en el transporte del adulto mayor, para ello en el literal 2,6 se ha investigado varios equipos que realizan esta acción, de los cuales los más destacados y seguros son el motor de inducción lineal y el cabestrante que se analizara en

la Tabla 4, tomando en cuenta sus características técnicas como su baja velocidad, instalación, control, costo y repuestos.

**Tabla 4**  
*Tipos de sistema de elevación y traslado*

| Elementos de Evaluación     | Porcentaje | Motor de Inducción Lineal |       | Cabestrante |       |
|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|-------------|-------|
|                             |            | Valor                     | Total | Valor       | Total |
| <b>Menor costo</b>          | 30%        | 5                         | 1,5   | 8           | 2,4   |
| <b>Baja velocidad</b>       | 20%        | 9                         | 1,8   | 8           | 1,6   |
| <b>Instalación especial</b> | 15%        | 6                         | 0,9   | 8           | 1,2   |
| <b>Menor vibración</b>      | 15%        | 8                         | 1,2   | 8           | 1,2   |
| <b>Facilidad de control</b> | 10%        | 7                         | 0,7   | 7           | 0,7   |
| <b>Repuestos</b>            | 10%        | 5                         | 0,5   | 7           | 0,7   |
| <b>TOTAL</b>                | 100%       |                           | 6,6   |             | 7,8   |

De acuerdo con la Tabla 4, se determinó que el sistema de elevación y traslado es un cabestrante ya que su precio es menor y no necesita de accesorios adicionales para su instalación.

### 3.1.5. Sistema de manejo y control de la grúa techo

En la Tabla 5 se muestra un análisis del instrumento para el manejo y control de todo el sistema grúa techo, ya que al ser utilizado por un asistente este deberá operar la subida, bajada y transporte del adulto mayor durante la trayectoria del riel, que servirá para llevarlo a la cama, bañera o baño según la necesidad del adulto mayor. De acuerdo con la indagación en el literal 2.7 se establecen dos formas de operar tanto remotamente como

inalámbicamente y entre los equipos más destacados tenemos a la tarjeta PWM DC 10A 32S, y el control WINCH eléctrico EMM112713.

**Tabla 5**

*Tipo de controlador*

| Elementos de Evaluación    | Porcentaje | Controlador Alámbrico PWM 10A 32S |       | Controlador Inalámbrico WINCH eléctrico EMM112713 |       |
|----------------------------|------------|-----------------------------------|-------|---|-------|
|                            |            | Valor                             | Total | Valor   | Total |
| <b>Facilidad de uso</b>    | 25%        | 4                                 | 1     | 9   | 2,25  |
| <b>Mandos en uno</b>       | 25%        | 3                                 | 0,75  | 8   | 2     |
| <b>Calidad de control</b>  | 15%        | 8                                 | 1,2   | 8   | 1,2   |
| <b>Menor costo</b>         | 15%        | 9                                 | 1,35  | 7   | 1,05  |
| <b>Mando a distancia</b>   | 10%        | 4                                 | 0,4   | 8   | 0,8   |
| <b>Fácil mantenimiento</b> | 10%        | 9                                 | 0,9   | 7   | 0,7   |
| <b>TOTAL</b>               | 100%       |                                   | 5,6   |   | 8     |

De acuerdo con la Tabla 5, se estima utilizar un control inalámbrico WINCH eléctrico EMM112713 debido a sus mandos en uno y su facilidad de uso para el asistente.

### **3.2. Diseño mecánico y selección de componentes para el sistema grúa techo**

Para el diseño de la grúa techo se pretende utilizar mecanismos óptimos que generen el transporte del adulto mayor, especialmente para las actividades del baño, rehabilitación y ducha de este, así también un sistema seguro y de fácil mantenimiento.

### 3.2.1. Selección del riel

Para proceder con el análisis y selección del riel, se deberá utilizar los criterios de diseño estipulados en las Especificaciones del AISC-2010, el cual conviene determinar los esfuerzos de flexión máximos en las fibras extremas del riel, para lo cual se usarán los siguientes parámetros: carga segura, factor de carga máxima, masa del motor y masa de los accesorios.

#### a. Factor de carga máxima

El factor de carga máxima es aquel que nos ayuda a sobredimensionar un peso adicional en el caso que el sistema sea usado para cargas mayores a las estipuladas en el literal 3.1.1, para ello según (Mott, 2015) determina un factor de carga que están en un rango de 0.5 a 0.75, que corresponden a la mitad o a sus tres cuartas partes de la masa calculada, considerando este intervalo se ha dispuesto para este diseño un factor de 0,5 que se reemplazara en la Ecuación 2.

$$C = Fc * C_s \leftrightarrow Ec. 2$$

$$C = 0,5 * 90 \text{ kg}$$

$$C = 45 \text{ kg}$$

Donde

$C$  = Factor de carga máxima

$Fc$  = Factor de carga

$C_s$  = Carga segura (adulto mayor)

#### b. Peso total

Este sistema estará diseñado para soportar cargas máximas, para lo cual se debe tomar en cuenta todas las masas que quedarán suspendidas en la

grúa techo, por consiguiente, se procede a realizar la sumatoria de todas las masas como: la carga segura, carga muerta y factor de carga máxima:

$$C_T = \sum [C_S, C_M, C]$$

$$C_T = 90kg + 45kg + 65kg$$

$$C_T = 200kg$$

Donde

$C_T$  = Carga Total

$C_M$  = Carga muerta (masa del motor y accesorios)

Para lo cual el peso total se obtendrá mediante la Ecuación 3.

$$P_T = C_T * g \leftrightarrow Ec.3$$

Donde

$P_T$  = Peso total

$g$  = gravedad a la que estarán suspendidas las masas

Reemplazando los datos en la ecuación anterior:

$$P_T = C_T * g$$

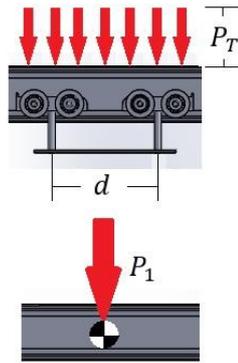
$$P_T = 200kg * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P_T = 1960 \text{ Newtons.}$$

El peso máximo requerido para el sistema grúa techo será de 1960 Newtons.

### c. Sección requerida

Para el cálculo de la sección requerida debemos primeramente hacer un análisis de las reacciones que actúan sobre el riel, para ello transformamos todas estas reacciones en una carga puntual como se muestra en la Figura 26.



**Figura 26.** Carga puntual

Considerando una distancia estimada del carro móvil y donde actuara la carga total se evaluó un trecho de 0,15m según el literal 2.4.8, y por ende el peso total calculado de 1.96 kN el mismo que actuara en las dos rieles, pero debido a efectos de cálculo en la selección del riel se tomará en cuenta solo la mitad de este peso, que será de 0,98kN que al estar simétricamente distribuidos se hará el análisis en uno de sus rieles, reemplazando estos parámetros en la Ecuación 4 para determinar la carga puntual.

$$P_1 = \frac{C_T}{d} \leftrightarrow Ec. 4$$

Donde

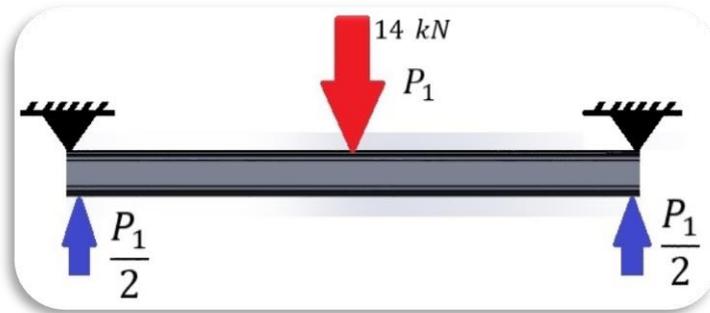
$P_1$  = Carga puntual

$d$  = Distancia del carro móvil

$$P_1 = \frac{0,98}{0,15}$$

$$P_1 = 6,53 \text{ kN} \approx 7 \text{ kN}$$

Encontrada la carga puntual la trasladamos a una barra hiperestática para realizar el análisis de momentos y reacciones como se indica en la Figura 27.



**Figura 27.** Cargas puntuales

Para lo cual obtendremos la reacción mediante la Ecuación 5

$$R_1 = \frac{P_1}{2} = R_2 \leftrightarrow Ec. 5$$

$$R_1 = \frac{6,53}{2}$$

$$R_1 = 3,26 \text{ kN}$$

Luego de determinar esta reacción procedemos a tomar un tramo de la trayectoria del riel el cual será de 0.90 m donde la carga puntual actuará como muestra la Figura 28 según (LIKO, 2018).



**Figura 28.** Distancia del tramo que actúa la carga segura

Con ello se determinará el momento máximo, que se calculará en la mitad de la trayectoria seleccionada mediante la Ecuación 6.

$$M_{max} = R_1 * d_1 \quad \leftrightarrow \text{Ec. 6}$$

$$M_{max} = 3,26kN * 0,45m$$

$$M_{max} = 1,46kN \approx 1,5kN$$

Para determinar la flexión admisible que actuara en el riel utilizamos el límite de fluencia de nuestro material ASTM A36 en la Ecuación 7, considerando a la vez para este diseño un factor de seguridad de 1,5 como lo establece (Mott, 2015) para este tipo de sistemas.

$$\delta_{adm} = \frac{\delta_y}{n} \quad \leftrightarrow \text{Ec. 7}$$

Donde

$\delta_{adm}$  = Esfuerzo de flexión admisible

$\delta_y$  = Límite de fluencia

$n$  = Factor de seguridad

$$\delta_{adm} = \frac{250MPa}{1,5}$$

$$\delta_{adm} = 166,66 MPa$$

Finalmente utilizamos la Ecuación 8 para determinar la sección requerida del riel.

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{\delta_{adm}} \quad \leftrightarrow \text{Ec. 8}$$

$$S_{req} = \frac{1,5}{166,66} = 9,0003cm^3$$

Indicando que el módulo de sección requerido tiene que ser igual o mayor a  $9,0003cm^3$  y su geometría similar a las investigadas en el Capítulo II, nos dirigimos con este valor al Anexo 2, para buscar un valor que se aproxime al calculado, el cual corresponde a un perfil UPN C 80.

Para verificar que el perfil seleccionado sea el adecuado y no se presente problemas en sistema grúa techo se procede a calcular el esfuerzo de Von Mises y el factor de diseño con el perfil seleccionado.

$$\sigma = \frac{M_{max} * c}{I} \leftrightarrow Ec. 9$$

Donde

$\sigma$  = Esfuerzo flector

$M_{max}$  = Momento flector máximo.

$c$  = Distancia desde el centro de gravedad hacia sus extremos.

$I$  = Momento de Inercia de la sección

Como datos tenemos

$M_{max} = 1,63\text{KNm}$

$c = 40 \text{ mm.}$

$I = 106 \text{ cm}^4$

$$\sigma = \frac{1630 * 40 * 10^{-3}}{106 * 10^{-8}}$$

$$\sigma = 61,50\text{MPa}$$

Una vez determinado el esfuerzo flector en la Ecuación 9 determinamos también el esfuerzo cortante que se lo encontrara mediante la Ecuación 10.

$$\tau = \frac{R_1}{A} \leftrightarrow Ec. 10$$

Donde

$\tau$  = Esfuerzo Cortante

$R_1$  = Reacción

$A = \text{Área de la sección del perfil}$

Reemplazando los siguientes datos obtenemos el esfuerzo cortante

$$R_1 = 3,26\text{KN}$$

$$A = 11 \text{ cm}^2$$

$$\tau = \frac{3260}{11 * 10^{-4}}$$

$$\tau = 2,96 \text{ MPa}$$

Luego reemplazamos los valores en la Ecuación 11 la misma que sirve para determinar los esfuerzos principales de Von Mises.

$$\tau_A, \tau_B = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} \quad \leftrightarrow \text{Ec. 11}$$

$$\tau_A = \frac{61,50}{2} + \sqrt{\left(\frac{61,50}{2}\right)^2 + 2,96^2}$$

$$\tau_A = 61,64 \text{ MPa}$$

$$\tau_B = \frac{61,50}{2} - \sqrt{\left(\frac{61,50}{2}\right)^2 + 2,96^2}$$

$$\tau_B = 0,14 \text{ MPa}$$

Haciendo uso de la siguiente Ecuación 12 determinamos el esfuerzo de Von Mises.

$$\delta VM = \sqrt{\tau_A^2 + \tau_A \tau_B - \tau_B^2} \quad \leftrightarrow \text{Ec. 12}$$

$$\delta VM = \sqrt{61,50^2 + (61,50 * 0,14) - 0,14^2}$$

$$\delta VM = 61,56 MPa$$

Para encontrar el factor de seguridad se utiliza la Ecuación 13 en la cual se reemplazará el límite de fluencia del material ASTM A36 y el esfuerzo de Von Mises:

$$n = \frac{S_y}{\delta VM} \leftrightarrow Ec. 13$$

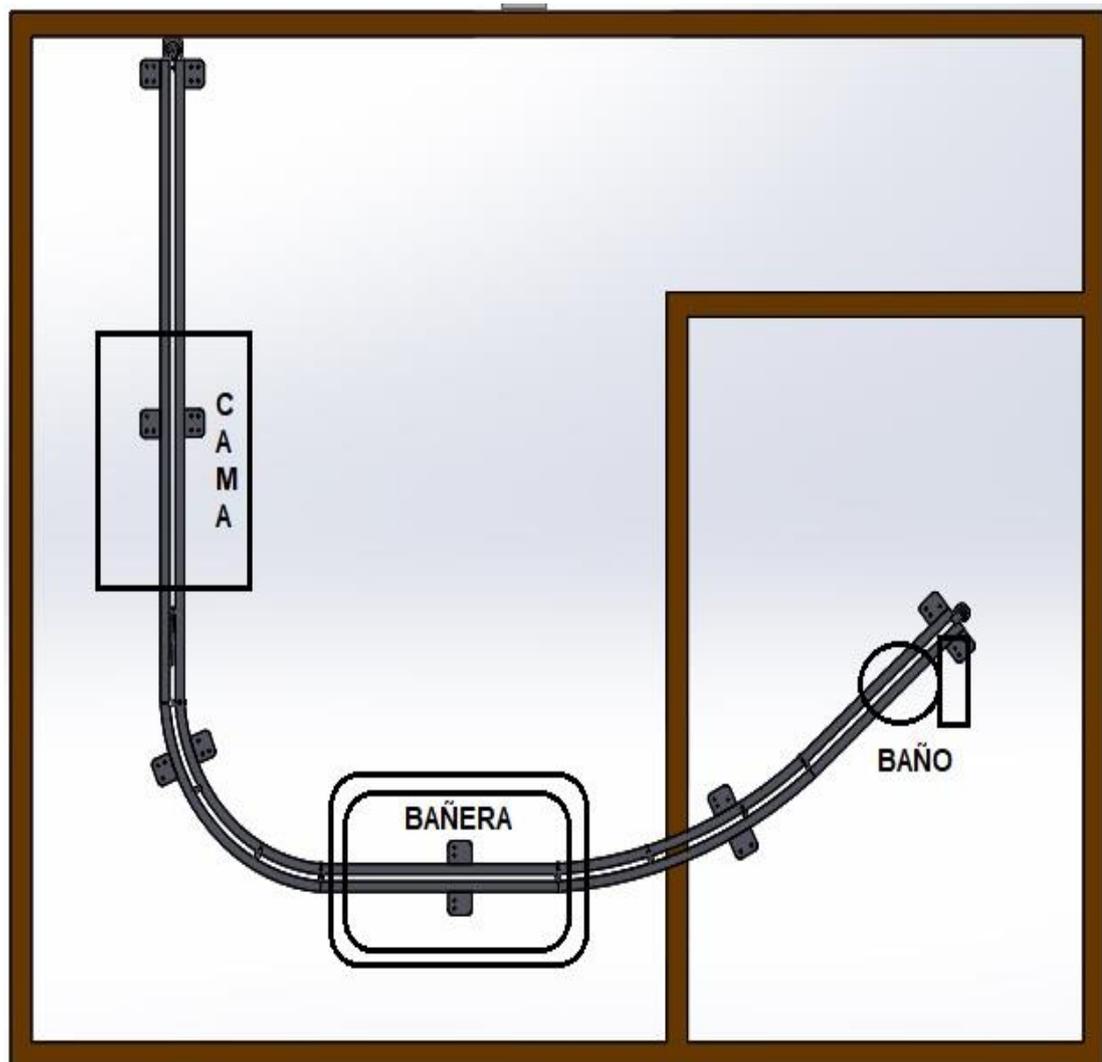
$$n = \frac{250 MPa}{61,56 MPa}$$

$$n = 4,06$$

El factor de seguridad es igual a 4, con lo cual cotejando este valor con el Anexo 3 y aplicando la teoría de factores de seguridad según (Mott, 2015) el riel seleccionado cumplirá con las condiciones requeridas para el diseño de la grúa techo, pues este brindará una seguridad adicional a componentes críticos y bajo cargas dinámicas como la de un adulto mayor.

### **3.2.2. Trayectoria de los raíles del sistema grúa techo**

Para la selección de la trayectoria del riel se tomó en cuenta las dimensiones de la habitación, la ubicación de los equipos de limpieza e inodoro, previamente al análisis de necesidades y línea base estipuladas en el literal 2.3. Así también se ha considerado tomar geometrías curvas para el traslado del adulto a la bañera y el baño como muestra la Figura 29.



**Figura 29.** Trayectoria de los raíles del sistema grúa techo.

### 3.3. Análisis computacional del rail mediante el software ANSYS

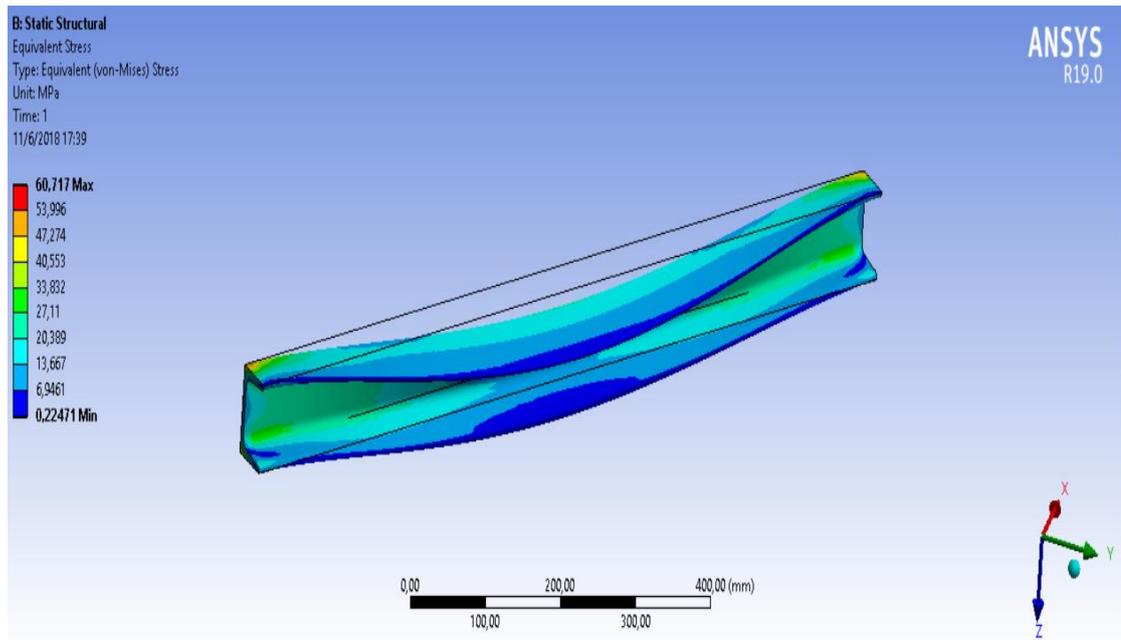
Luego del análisis estático mediante el uso de ecuaciones convencionales es necesario corroborar sus resultados haciendo uso de procesos computacionales, los mismos que realizan un estudio ejecutando ecuaciones diferenciales y métodos numéricos para encontrar los puntos más críticos de un material y con ello evitar fallas en el diseño, en la actualidad uno de los programas más usados para determinar fallas en la estructura y partes de un diseño mecánico es el software ANSYS el mismo que ayudara a verificar los datos calculados en el literal 3.2.

En el estudio estático manual se determinó los siguientes valores:

$$\delta VM = 61,56 \text{ MPa}$$

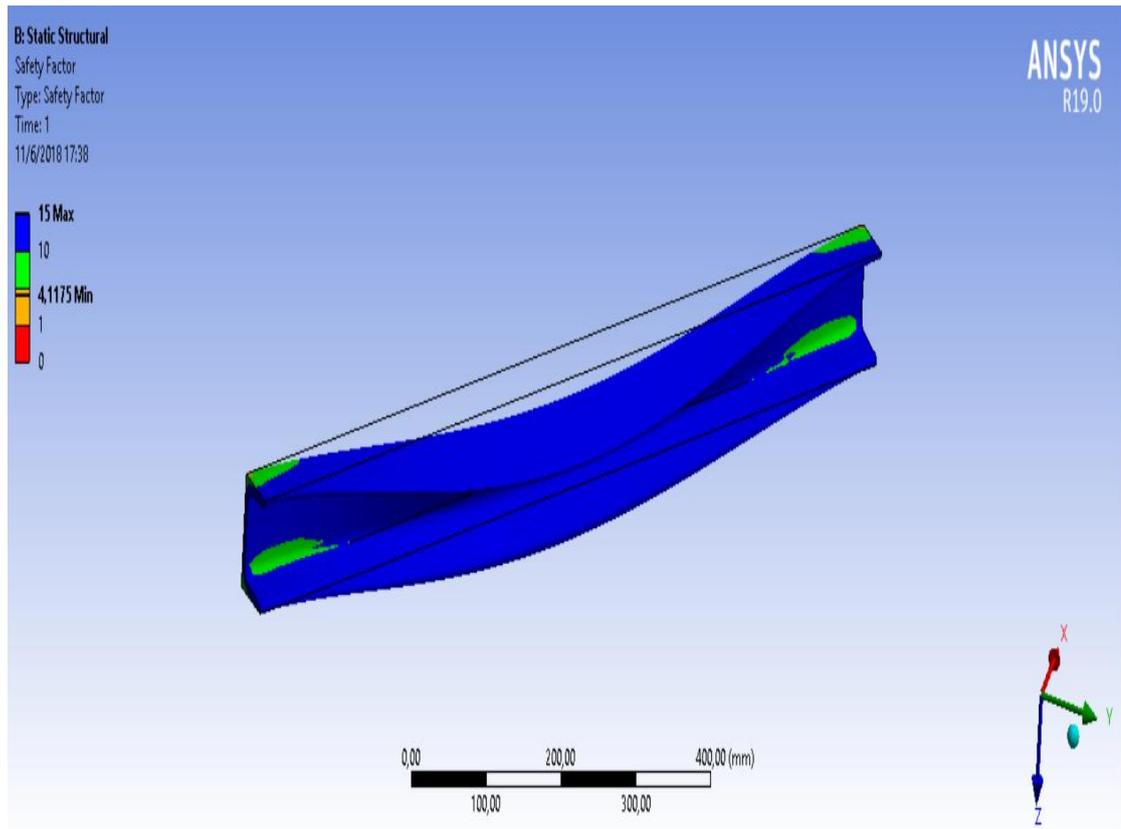
$$n = 4,06$$

La Figura 30 muestra el análisis del rail en el software ANSYS, el mismo que nos indica un esfuerzo máximo de Von Mises de 60,71 MPa, frente al calculado de 61,56 MPa, encontrándose una diferencia de 0,85 MPa.



**Figura 30.** Apreciación del esfuerzo máximo de Von Mises.

En la Figura 31 se aprecia un factor de seguridad de 4,11 versus el factor de seguridad calculado de 4,05 encontrándose un contraste de 0.05 entre los dos valores.

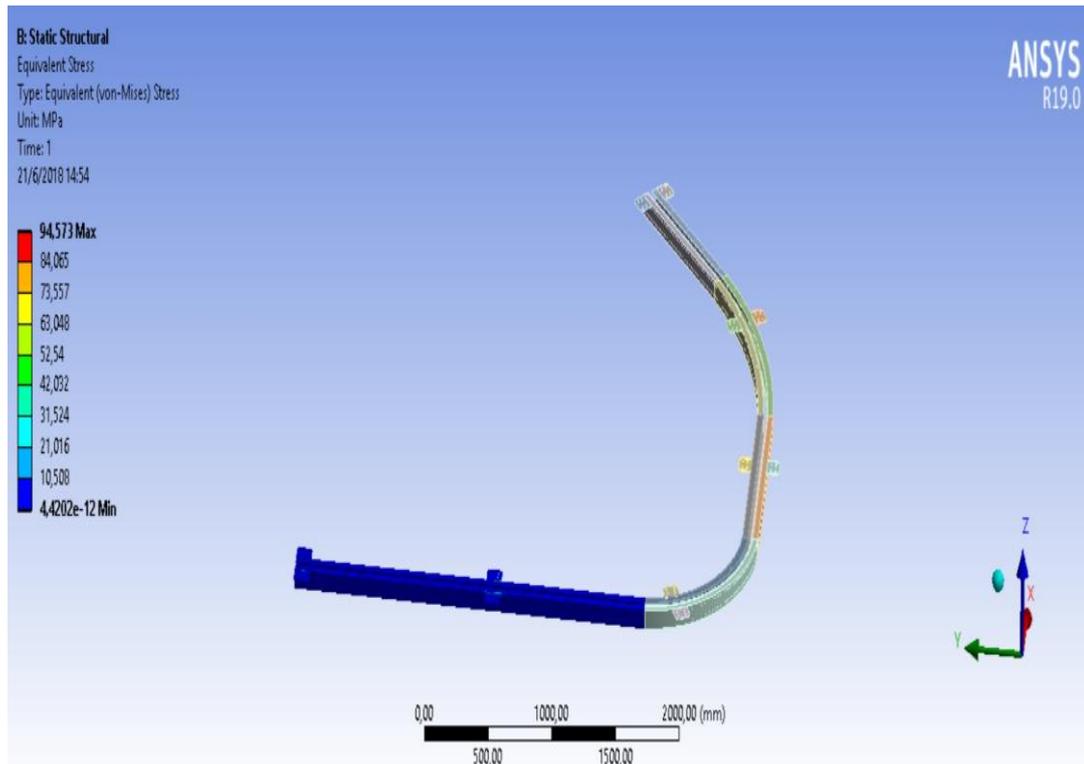


**Figura 31.** Cálculo del factor de seguridad.

Determinado y evaluado los valores obtenidos en el software se procederá a ejecutar el análisis de la estructura y partes, en el programa ANSYS el mismo que presenta valores eficaces que servirán para realizar un óptimo diseño mecánico de la grúa techo.

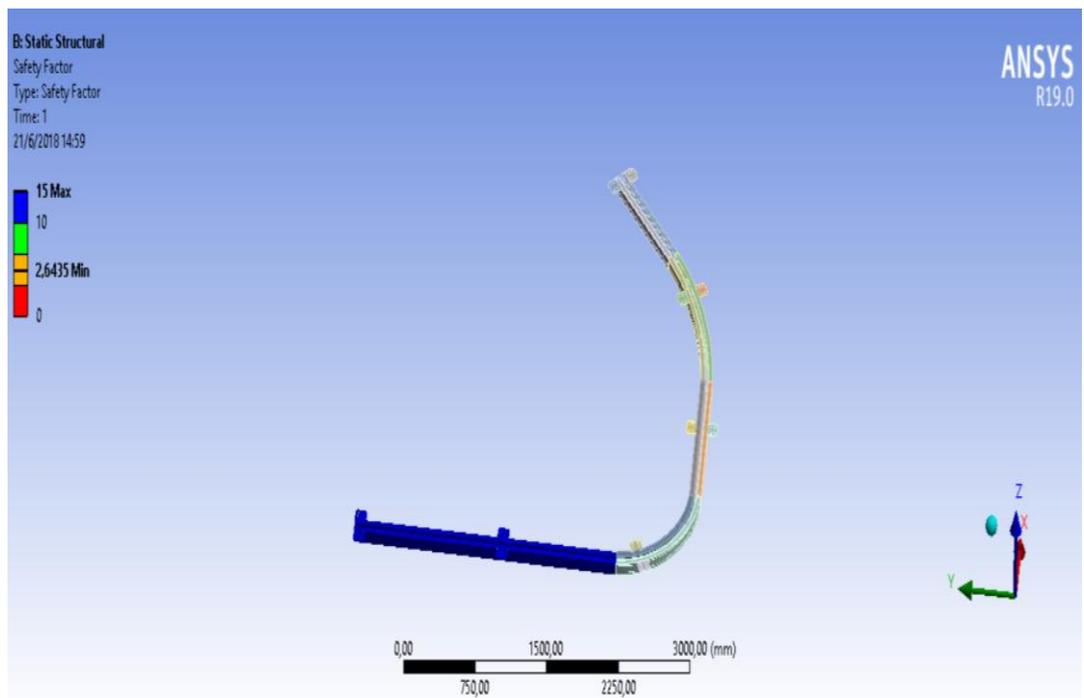
### 3.4. Análisis computacional del sistema grúa techo

Para el análisis computacional del sistema grúa techo se ha determinado utilizar un peso de 1960N como se calculó en el literal 3.2.1 en la estructura como se indica en la Figura 32, donde se puede apreciar un esfuerzo máximo de Von Mises de 94.57MPa.



**Figura 32.** Estudio estructural del sistema grúa techo.

En la Figura 33 se indica un factor de seguridad mínimo calculado de 2,64, que según las Tablas de factores de seguridad del Anexo 3, se determina que se debe trabajar con un factor mayor a 2 en cuanto a cargas dinámicas como la de un adulto mayor.



**Figura 33.** Calculo del factor de seguridad del sistema grúa techo.

### 3.5. Selección del motor para el sistema grúa techo

El cálculo de la potencia del motor viene dado por la carga segura (adulto mayor) y el factor de carga máxima calculados en los literales 3.1.1 y 3.2.1 donde la sumatoria de estas será la total que levantará el sistema grúa techo:

- Carga segura =  $90kg$
- Factor de carga máxima =  $45 kg$

$$C_{T2} = \sum [C_S, C]$$

$$C_{T2} = 90 + 45$$

$$C_{T2} = 135kg$$

Para el cálculo de la fuerza total aplicada al motor se utilizará la ecuación 3 la misma que establecerá el peso a levantar.

$$P_{T2} = C_T * g$$

$$P_{T2} = 135kg * 9,8 m/s^2$$

$$P_{T2} = 1323 \text{ Newtons.}$$

Determinado el peso de 1323N se utilizará la Ecuación 14 para encontrar la potencia máxima del motor, para lo cual se tomará como referencia los criterios de distancia y tiempo de elevación que indican los fabricantes de sistemas grúa techo donde estipulan un rango de 3 a 8 segundos y distancias de 1m a 4m, según (ETAC, 2013) recomienda una distancia de 3m y 5 segundos especialmente para el uso en adultos mayores.

$$P_{\max HP} = \frac{Q * d}{76 * t} \leftrightarrow \text{Ec. 14}$$

$$P_{\max HP} = \frac{135kg * 3m}{76 * 5seg}$$

$$P_{\max HP} = 1,06HP$$

Donde:

$Q$  = Carga

$d$  = Distancia

$t$  = Tiempo

Seguidamente se usará la Ecuación 15 para hallar el trabajo que realizara el motor del sistema grúa techo.

$$W = Q * g * d \leftrightarrow Ec. 15$$

$$W = 135kg * \frac{9,8m}{s} * 3m$$

$$W = 3969 J$$

Donde:

$W$  = Trabajo

Considerando un trabajo de 3969 J, en la Ecuación 16 se determinará la potencia eléctrica máxima que desarrollará el motor.

$$P = \frac{W}{t} \leftrightarrow Ec. 16$$

$$P = \frac{3969J}{5s}$$

$$P = 793,8 Watts$$

Hallada la potencia eléctrica máxima de 793,8 Watts se debe considerar que el 10% de esta se pierde a causa de factores mecánicos, para lo cual en la Ecuación 17 se determinara la potencia efectiva máxima del motor.

$$P_{ef} = P + 10\%P \leftrightarrow Ec. 17$$

$$P_{ef} = 793,8 \text{ watts} - 793,8 * (10\%)$$

$$P_{ef} = 873,18 \text{ watts}$$

Donde:

$P_{ef}$  = Potencia efectiva

Calculo del torque mecánico del sistema:

$$T1 = \frac{HP * 716}{RPM}$$

$$T1 = \frac{1,06 * 716}{860}$$

$$T1 = 0,88$$

$$\frac{153}{1} = \frac{T2}{T1}$$

$$T2 = T1 * 153$$

$$T2 = 0,88 * 153$$

$$T2 = 135,02 \text{ Kg} - m$$

Por ende, el sistema estaría entregando un torque de 135,02 Kg-m

Definida la potencia efectiva se procede a calcular la velocidad máxima de elevación que se indica en la Ecuación 18:

$$V_{max} = \frac{P_{ef}}{F_{max}} \leftrightarrow Ec. 18$$

$$V_{max} = \frac{873,18 \text{ watts}}{1323N}$$

$$V_{max} = 0.66 \text{ m/min}$$

Donde:

$V_{max}$  = Velocidad máxima

Finalmente, para encontrar la corriente máxima efectiva se utilizará la Ecuación 19.

$$I_{max} = \frac{P_{ef}}{V} \leftrightarrow Ec. 19$$

$$I_{max} = \frac{873,18 \text{ watts}}{12V}$$

$$I_{max} = 72,76 A$$

Donde:

$I_{max}$  = Corriente máxima

$V$  = Voltaje

Definido los parámetros eléctricos se procede a realizar una selección correcta de los motores que se usaran en el sistema grúa techo mediante la Tabla 6.

**Potencia efectiva:** 873 watts

**Voltaje:** 12 voltios

**Velocidad máxima:** 0,6 m/min

**Tabla 6**

*Comparación de modelos de motores*

| Elementos de Evaluación | Porcentaje | Modelo KDJ-2000G |       | Modelo WINCH 2000LBS |       |
|-------------------------|------------|------------------|-------|----------------------|-------|
|                         |            | Valor            | Total | Valor                | Total |
| Tiempo de elevación     | 20%        | 7                | 1,4   | 9                    | 1,8   |

CONTINÚA 

|  |      |   |      |   |      |
|--|------|---|------|---|------|
| <b>Menor costo</b>                                     | 20%  | 9 | 1,8  | 7 | 1,4  |
| <b>Adaptación a un sistema eléctrico de emergencia</b> | 15%  | 5 | 0,75 | 8 | 1,2  |
| <b>Peso</b>  | 15%  | 6 | 0,9  | 9 | 1,35 |
| <b>Embrague de emergencia</b>                          | 15%  | 5 | 0,75 | 8 | 1,2  |
| <b>Seguridad</b>                                       | 15%  | 8 | 1,2  | 8 | 1,2  |
| <b>TOTAL</b>   | 100% |   | 6,8  |   | 8,15 |

Analizado cada uno de los parámetros en la Tabla 6 se procede a seleccionar al modelo WINCH 2000LBS pese a ser de mayor costo, pero brindando características como menor tiempo de elevación de 3 mpm vs 8mpm, de igual forma cuenta con un embrague de emergencia o a su vez al ser un motor DC este permite adaptarlo a un sistema de baterías y así prevenir futuros cortes del suministro eléctrico que podrían generar que el adulto mayor quede suspendido en la grúa techo. En la Figura 34 se muestra el equipo y sus características:



|                            |  |
|----------------------------|--|
| Relación de transmisión    | 153: 1   |
| Solenoides                 | Relés duales y disyuntor protegidos                        |
| Embrague                   | Free-Spooling, Pull and Turn                               |
| Freno                      | Dinámica   |
| Cuerda                     | Cable de acero 5/32 "x 50 '(3.9 mm x 15.2 m)               |
| Gancho                     | Permanente / trabado                                       |
| Fairlead                   | Rodillo de 4 vías  |
| Remoto                     | Interruptor basculante montado en la barra de la manija    |
| Dimensiones                | 11.0 "L x 4.1" D x 4.1 "H (285 mm L x 105 mm D x 105 mm H) |
| Diámetro del tambor        | Diámetro del Tambor: 1.25 "(31.8mm)                        |
| Longitud del tambor        | Longitud del tambor: 2.83 "(72.0mm)                        |
| Patrón de perno de montaje | 2 orificios, 3.15 "(80 mm) en el centro                    |
| Peso instalado             | 14.2 lbs (6.44 kgs)  |
| Peso de envío              | 18.75 lbs (8.5 kgs)  |
| Garantía                   | Garantía limitada de un año                                |
| UPC                        | 0 22705 00265 3  |
| Line Pull: 0 lbs           | 4/3 Amps up/down / 10.0 FPM (3.0 MPM) Velocidad de línea   |
| Line Pull: 2,000 lbs       | 100/80 Amps up/down/ 2.5 FPM (0.8 MPM) Line Speed          |

**Figura 34.** Motor a utilizar en el sistema grúa techo

**Modelo:** Winch 3000LBS

**Voltaje:** 12 V / 24 V

**Potencia mecánica:** 1,7 HP

**Potencia eléctrica:** 1,3 KW

**Corriente máxima:** 100 A / 55 A

**Ratio:** 153:1

**Incluye:** Sistema de control Wireless como se indica en la Figura 35



**Figura 35.** Control Wireless para motor del sistema grúa techo

**Modelo:** KLS-206X

**Voltaje de trabajo:** 9 - 30 V

**Frecuencia de trabajo:** 434 MHz

### 3.6. Selección de la batería

Para alimentar al sistema grúa techo es necesario la selección de una batería, la misma que debe suministrar una potencia adecuada para el funcionamiento de los motores que serán usados para el traslado y elevación del adulto mayor. Tomando en cuenta una potencia efectiva de 873 watts se procede a determinar la corriente de consumo mediante la Ecuación 20.

$$I_{consumo} = \frac{P_{ef}}{V} \leftrightarrow Ec. 20$$

$$I_{consumo} = \frac{873 \text{ watts}}{12 \text{ V}}$$

$$I_{consumo} = 72,75 \text{ A}$$

Determinada los parámetros de consumo se procede a realizar el análisis de baterías mediante la Tabla 7:

**Tabla 7**

*Comparación de modelos de baterías*

| Elementos de Evaluación    | Porcentaje | Modelo N405001 ELEKTRA |       | Modelo S3 N40-FE BOSCH |       |
|----------------------------|------------|------------------------|-------|------------------------|-------|
|                            |            | Valor                  | Total | Valor                  | Total |
| Mayor capacidad de reserva | 20%        | 9                      | 1.8   | 8                      | 1.6   |
| Menor costo                | 20%        | 7                      | 1.4   | 7                      | 1.4   |
| Corriente máxima           | 15%        | 7                      | 1.05  | 8                      | 1.2   |
| Capacidad de carga         | 15%        | 8                      | 1.2   | 8                      | 1.2   |

CONTINÚA 

|                            |      |   |      |   |      |
|----------------------------|------|---|------|---|------|
| <b>Fácil mantenimiento</b> | 15%  | 6 | 0.9  | 9 | 1.35 |
| <b>Reciclable</b>          | 15%  | 8 | 1.2  | 8 | 1.2  |
| <b>TOTAL</b>               | 100% |   | 7.55 |   | 7.95 |

Examinado los dos modelos de baterías se procede a seleccionar la batería Bosch S3 N40-FE como se indica en la Figura 36, debido a su corriente máxima de trabajo y su fácil mantenimiento ya que esta cuenta con una aleación de plata la misma que le permite resistir a descargas profundas que pueden ser generadas por el sistema grúa techo.



**Figura 36.** Batería seleccionada

**Modelo:** Bosch S3 N40-FE

**Voltaje:** 12 V

**Capacidad nominal:** 40 Ah

**Capacidad de carga:** 80 Ah

**Corriente máxima:** 330 A (-18°C)

Considerando estos datos técnicos se determinará el tiempo de duración mientras el sistema grúa techo actúa, mediante la Ecuación 21.

$$\text{Tiempo de autonomia} = \frac{\text{Capacidad}}{\text{Corriente de consumo}} \leftrightarrow \text{Ec. 21}$$

$$\text{Tiempo de autonomía} = \frac{80Ah}{72,75 A}$$

$$\text{Tiempo de autonomía} = 1,09 \text{ horas}$$

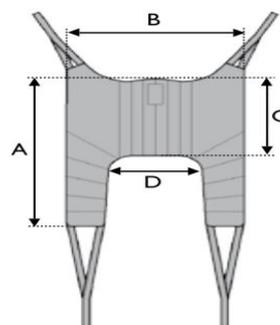
Calculado el tiempo de autonomía del sistema grúa techo podría trabajar continuamente por 1,09 horas como máximo.

### 3.7. Selección de accesorios de seguridad para el adulto mayor

Analizado la selección mecánica y eléctrica se procede a investigar los accesorios de seguridad que va a ser utilizado por el adulto mayor al momento de ser elevado y traslado al baño, bañera o cama. Tomando en cuenta el peso máximo a soportar por el sistema grúa techo.

#### 3.7.1. Arnés de seguridad

El sistema de seguridad corporal es una de las partes más importantes del sistema grúa techo, para lo cual se ha tomado como referencia el análisis de los literales 2.4.1 y 2.4.3 determinando un arnés universal estándar de la empresa (INVACARE, 2014) cómo se indica en la Figura 37, el mismo que se puede utilizar desde una posición de decúbito dorsal. Así también esta eslinga puede soportar un peso de hasta 200Kg y está constituida por una tela de algodón suave oxford impermeable para su uso en el baño o en la bañera.



| A    | B   | C   | D   |
|------|-----|-----|-----|
| 1040 | 740 | 610 | 340 |

**Figura 37.** Arnés de seguridad

### 3.7.2. Gancho de acople rápido

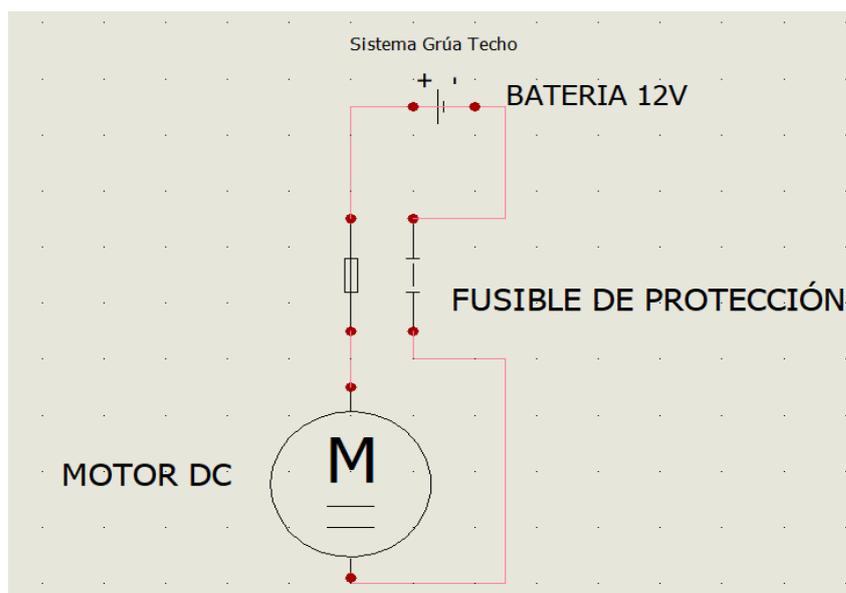
Para facilitar un acople rápido al arnés de seguridad se utilizará un gancho de sujeción tipo D de 13 cm con una resistencia de 5620 libras y una fuerza de 25kN, abalizada por la norma ANSI como se muestra en la siguiente Figura 38.



**Figura 38.** Gancho de acople rápido

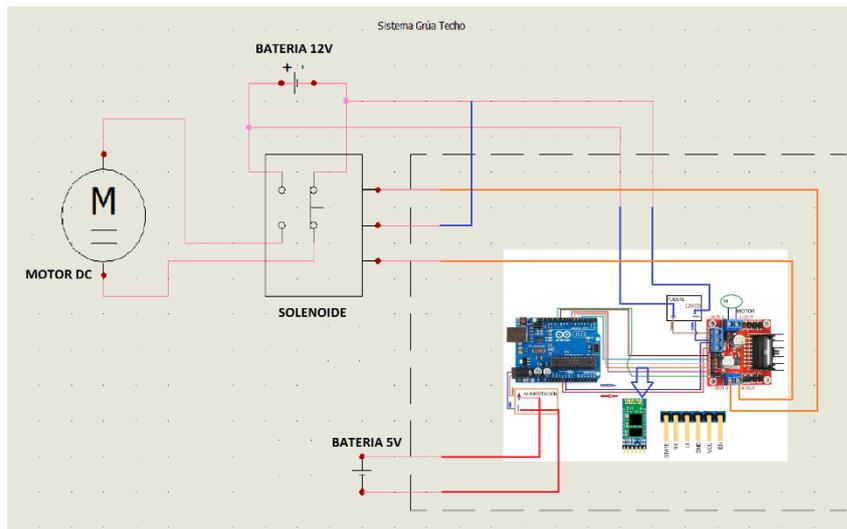
### 3.8. Protecciones eléctricas al sistema grúa techo

En el circuito eléctrico de protección del sistema grúa techo se ha previsto contar con dos fusibles de 100 A por motor debido a su corriente máxima de 72,75 A como se muestra en la Figura 39. Así también de una batería de 12 V proveer al sistema un voltaje nominal de 12 V.



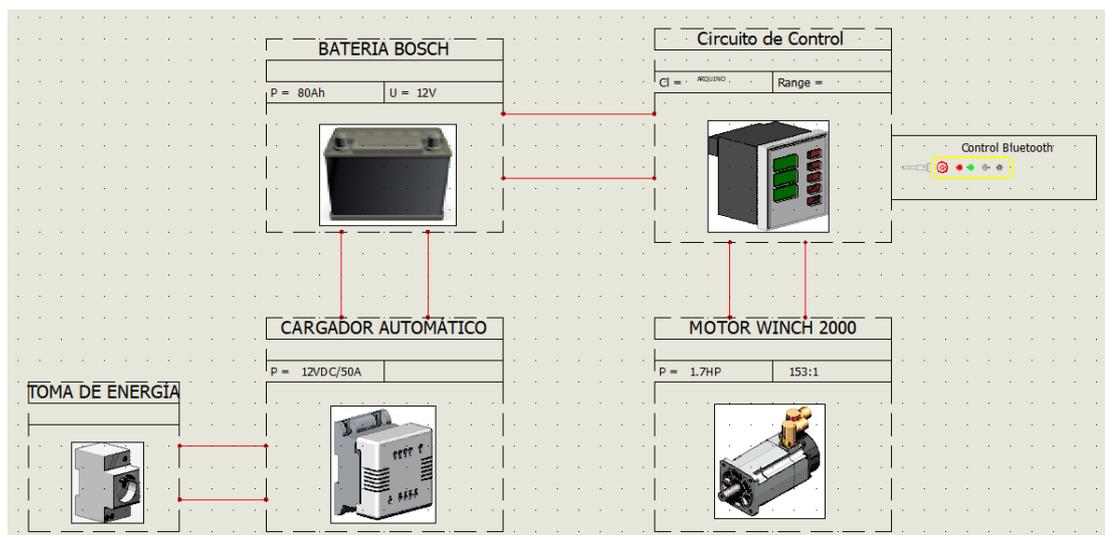
**Figura 39.** Circuito eléctrico de potencia

El diagrama de control contará con un sistema inalámbrico, el mismo que ayudara accionar al motor para levantar y bajar al adulto mayor como se muestra en la Figura 40.



**Figura 40.** Circuito de Control

Para el circuito de alimentación se cuenta con un cargador de alimentación de 12V el mismo que tiene como característica administrar voltaje automáticamente cuando la batería lo necesite con ello se facilitara la autonomía eléctrica del sistema grúa techo como se indica en la Figura 41.



**Figura 41.** Circuito eléctrico del sistema grúa techo

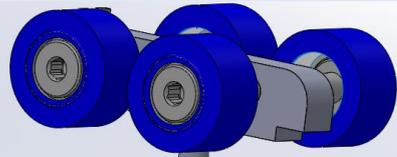
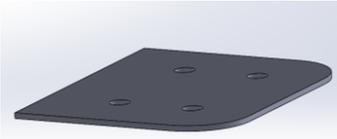
## CAPÍTULO IV

### CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

#### 4.1. Construcción de la estructura del sistema grúa techo

La construcción del sistema grúa techo constará de varias partes mecánicas, para ello se procederá a ejecutar de manera individual y posteriormente acoplarlo; en la Tabla 8 se indica los componentes a implementar a la grúa techo:

**Tabla 8**  
*Elementos mecánicos de la estructura*

| Componente                | Imagen   | Referencia           |
|---------------------------|--|----------------------|
| <b>Railes</b>             |  | PLANO 01             |
| <b>Carro móvil</b>        |  | PLANO 02             |
| <b>Placas de sujeción</b> |  | PLANO 03<br>PLANO 04 |

El desarrollo de la construcción de la estructura del sistema grúa techo se describe en la Tabla 9:

**Tabla 9***Proceso de construcción de la estructura del sistema grúa techo*

| Componente         | Imagen  | Descripción  |
|--------------------|---|--|
| <b>Railes</b>      | <br> | <p>El sistema de railes está formado por perfiles UPN C 80 los mismos que están distribuidos en tramos rectos y curvos, para los rieles curvos se realizó varios cortes cada 50mm, que al ser curvados se los unió mediante la soldadura SMAW y haciendo uso de electrodos 6011.</p> |
| <b>Carro móvil</b> |   | <p>Este mecanismo está conformado por una placa de 120 x 20mm y 10 mm de espesor, para su construcción se procedió a realizar dos agujeros de 12 mm que servirán para colocar los</p>  |

**CONTINÚA** 



ejes de transmisión juntamente con las llantas que ejercerán el movimiento durante el trayecto del sistema.

### Placa de sujeción



Para la construcción de las placas de sujeción se realizó cortes rectangulares de 230 x 100 mm, los mismos que constan de 6 perforaciones que serán usados por los expansores de  $\frac{1}{2}$  pulgada los mismo que se instalarán para la sujeción de los raíles con el techo del geriátrico.

**CONTINÚA** 

**Montaje**

Construida las partes mecánicas de la estructura se procede a unir los raíles y las placas de sujeción con la soldadura SMAW y finalmente se procede a pulir y fondear con pintura el sistema grúa techo.

#### 4.2. Implementación del sistema eléctrico

Para la implementación del sistema eléctrico se hará uso de una batería la misma que alimentarán al motor DC que ejercerán los movimientos verticales para el sistema grúa techo como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Implementación del sistema eléctrico*

| Descripción   | Imagen |
|---|--------|
| <p>Antes de montar el motor DC al sistema grúa techo se realizó pruebas de funcionamiento y acople del control alámbrico KLS-206X el mismo que ayudará al asistente a manejar el sistema grúa techo durante las pruebas de funcionamiento</p> |        |

CONTINÚA 

ya que este será reemplazado por un sistema inalámbrico.

Programado los controladores se procede a ensamblar el motor al carro móvil el mismo que servirá para que ejecute los movimientos de subida y bajada de la carga segura (adulto mayor).



Finalmente se procede a realizar pruebas de funcionamiento instalando un sistema de control que ayudara a ejecutar los movimientos verticales al sistema grúa techo.



### 4.3. Implementación del sistema electrónico

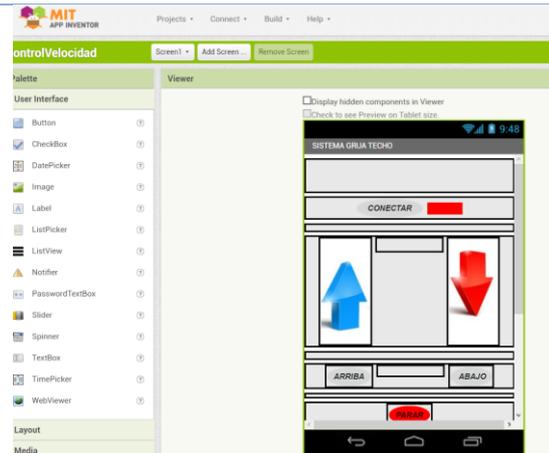
Dentro de los dispositivos de control del sistema grúa techo se ha previsto instalar un sistema electrónico, debido a que el control alámbrico KLS-206X presenta dificultades ergonómicas al ser usado por el asistente, para ello en la Tabla 11 se detalla su instalación.

**Tabla 11**  
*Implementación del sistema electrónico*

| Descripción   | Imagen |
|---|--------|
| <p>Para el control inalámbrico del sistema grúa techo se ha implementado el uso de una tarjeta Arduino la misma que se la programo para que accione los movimientos de subida y bajada como consta en el Anexo 4.</p>         |        |
| <p>Programado la tarjeta Arduino se procede a desarrollar una aplicación Android mediante el uso del software MIT APP INVENTOR, para ello se lo ejecuta mediante la programación por bloques como se indica en el Anexo 5</p> |        |

**CONTINÚA**

Seguidamente en la aplicación MIT APP INVENTOR se realiza la incorporación de botones de accionamiento de subida, bajada y paro los mismos que servirán para activar los movimientos verticales al sistema grúa techo.



Posteriormente se procede a la conexión de la circuitería electrónica como se indica en la Figura 40, la misma que consta de un solenoide, un módulo controlador L298N, un módulo Bluetooth HC-05 y una tarjeta Arduino, estos elementos permitirán el control inalámbrico del sistema grúa techo mediante la aplicación Android instalada en un Smartphone.



Finalmente se instala la aplicación en el teléfono móvil y se comprueba su funcionamiento mediante el acceso directo denominado SISTEMA GRUA TECHO el mismo

CONTINÚA 

que ejecutara los movimientos de subida y bajada del adulto mayor.



#### 4.4. Instalación del sistema de grúa techo

Para la instalación mecánica del sistema grúa techo se ha previsto la utilización de andamios y gatas mecánicas, las mismas que facilitan la elevación y posicionamiento de los raíles al techo y su desarrollo se lo indica en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Instalación del sistema grúa techo*

| Descripción   | Imagen |
|---|--------|
| <p>Previo a la instalación de los raíles al techo se ejecutó la perforación de 50 agujeros los mismos que sirven para acoplar los pernos de expansión de ½ pulgada por 3 pulgadas de largo a las placas de sujeción del sistema grúa techo.</p> |        |

CONTINÚA 

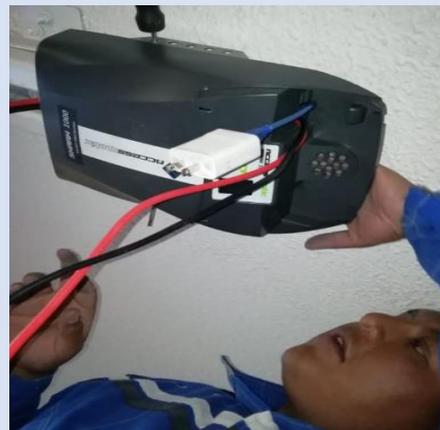
Para la instalación del sistema de railes se utilizó andamios y gatas mecánicas los cuales facilitaron el posicionamiento y posterior ajuste de los expansores a las placas de sujeción.



Verificado el correcto ajuste y acople del techo a los rieles del sistema, se procedió a montar el carro móvil y comprobar si este seguía la trayectoria construida.



Posteriormente se instaló los elementos de control y alimentación del sistema grúa techo de acuerdo con el circuito eléctrico de la Figura 41.



CONTINÚA 

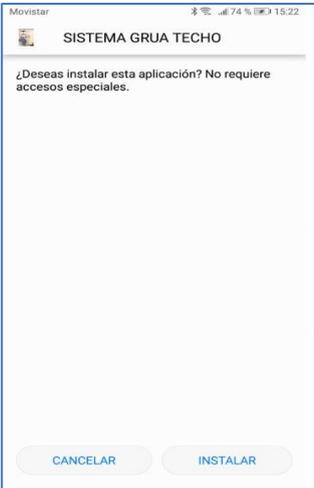
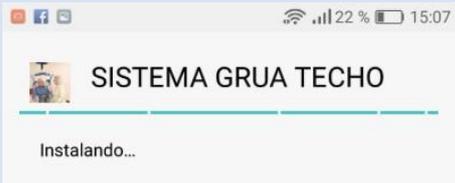
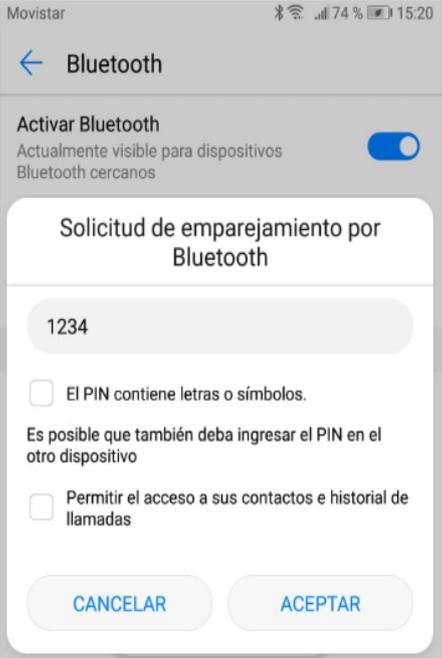
Finalmente se colocó dos ganchos de acople rápido al Winch 2000 y el arnés de seguridad el mismo que servirá para el traslado del adulto mayor.



#### **4.4.1. Prueba de funcionamiento de la aplicación móvil**

Previo a la realización de las pruebas de funcionamiento es necesario instalar la aplicación móvil SISTEMA GRUA TECHO en un teléfono Smartphone y posteriormente seguir las siguientes indicaciones que se indica en la Tabla 13:

**Tabla 13**  
Indicaciones aplicación móvil

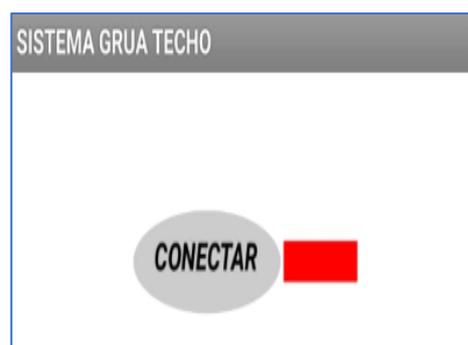
| Indicaciones   | Imagen   |
|--|--|
| <p>Descargar la aplicación y dar clic en INSTALAR.</p>   |  <p>A screenshot of a mobile phone screen showing an installation prompt for the application 'SISTEMA GRUA TECHO'. The text asks: '¿Deseas instalar esta aplicación? No requiere accesos especiales.' At the bottom, there are two buttons: 'CANCELAR' and 'INSTALAR'.</p>   |
| <p>Esperar 2 minutos mientras la aplicación realiza su instalación.</p>  |  <p>A screenshot of a mobile phone screen showing the installation progress for 'SISTEMA GRUA TECHO'. The text says 'Instalando...' with a green progress bar below it. The status bar at the top shows 22% battery and the time 15:07.</p>   |
| <p>Una vez verificado la correcta instalación de la aplicación, encendemos el bluetooth de nuestro teléfono y nos vinculamos al dispositivo HC-05 con la clave 1234.</p> |  <p>A screenshot of a mobile phone's Bluetooth settings screen. The title is 'Bluetooth'. Under 'Activar Bluetooth', there is a toggle switch that is turned on. Below that, it says 'Actualmente visible para dispositivos Bluetooth cercanos'. A section titled 'Solicitud de emparejamiento por Bluetooth' shows the PIN '1234'. There are two checkboxes: 'El PIN contiene letras o símbolos.' (unchecked) and 'Permitir el acceso a sus contactos e historial de llamadas' (unchecked). A note says 'Es posible que también deba ingresar el PIN en el otro dispositivo'. At the bottom, there are two buttons: 'CANCELAR' and 'ACEPTAR'.</p> |

**CONTINÚA** 

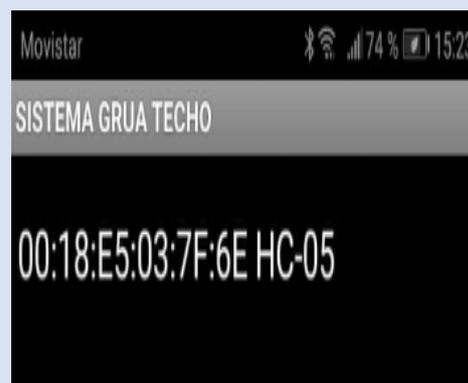
Seguidamente abrimos nuestro panel de aplicaciones y damos clic en el icono SISTEMA GRUA TECHO



Abierta la aplicación SISTEMA GRUA TECHO damos clic en CONECTAR.



En la siguiente ventana buscamos el módulo HC-05 y le damos un clic.



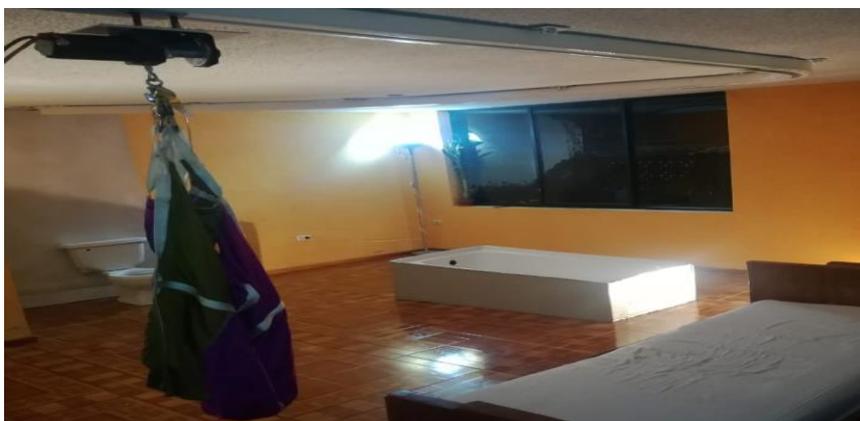
CONTINÚA 

Finalmente, se nos desplegara una ventana con los botones de accionamiento arriba, abajo y parar del sistema grúa techo.



Comprobada la instalación y ejecución de la aplicación móvil podremos ejecutar los movimientos verticales para elevar al adulto mayor.

Una vez culminada la instalación del sistema grúa techo se verifico que las conexiones eléctricas, mecánicas y de control, se encuentran en perfecto estado como se indica en la Figura 42, ya que posteriormente se realizara las pruebas de funcionamiento.



**Figura 42:** Sistema Grúa techo

## CAPÍTULO V

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 5.1. Antecedentes

Previo a las pruebas de funcionamiento y una vez construido el sistema grúa techo se acordó destinarlo al Hogar de Vida “Luis Maldonado Tamayo” de la ciudad de Pujilí, pues al haber tenido reuniones antes del planteamiento del proyecto de titulación como consta en la resolución del consejo municipal del 1 de septiembre del 2016 (ANEXO 6 ), en el cual se manifestó “su revisión y de encontrarse de acuerdo con la propuesta previo a un convenio, se colabore con la contraparte solicitada, considerando que el proyecto está previsto a ejecutarse en favor de los adultos mayores”, debido a ello esta administración manifestó no contar con los recursos económicos necesarios para su adquisición pero se comprometió en facilitar y adecuar una habitación para el equipo. Concluido la etapa de implementación del sistema grúa techo se solicitó la autorización y adecuación del lugar a la presidenta del patronato municipal, donde nuevamente su respuesta no fue favorable, al manifestar que no contaban con el personal para acomodar la habitación donde se había destinado la incorporación de la grúa techo y debido a la poca colaboración por parte de la administración del Patronato en cuanto a estos procesos de montaje como: entechado del sistema grúa techo, instalación de una bañera adquirida por donación, adecuación de la entrada al baño y red de agua potable, se decidió adecuarla en otro lugar pues a la espera de una respuesta y luego de haber esperado desde el 9 de julio del 2018 hasta el 27 de agosto del mismo año, retrasando la culminación de este proyecto, el equipo se ha predestinado para el uso particular.

## 5.2. Pruebas de funcionamiento

### 5.2.1. Pruebas de movimiento

Para las pruebas de movimiento se constata que el motor se active mediante la aplicación móvil verificando que sus movimientos verticales sean correctos y no presenten trabas ni enredos en su cable; seguidamente se comprueba con el carro móvil que los movimientos horizontales sigan la trayectoria de los raíles del sistema grúa techo con facilidad como consta en la Tabla 14 y 15.

**Tabla 14**

*Pruebas de los movimientos verticales*

|  | Ascenso | Descenso | Parada | Respuesta |
|--|---------|----------|--------|-----------|
| <br>ARRIBA | ✓       |          | ✓      | 100%      |
| <br>ABAJO |         | ✓        | ✓      | 100%      |

Según la Tabla 14 se constata que hay una excelente respuesta por parte de la aplicación y la activación del motor en los movimientos de ascenso y descenso del sistema grúa techo.

**Tabla 15**

*Pruebas de los movimientos horizontales*

|                  | Traslado a la cama | Traslado a la bañera | Traslado al baño | Respuesta |
|------------------|--------------------|----------------------|------------------|-----------|
| <b>IZQUIERDA</b> | ✓                  | ✓                    | ✓                | 100%      |
| <b>DERECHA</b>   | ✓                  | ✓                    | ✓                | 100%      |

En la Tabla 15 se verifica una muy buena respuesta tanto al trasladar el carro móvil a la izquierda como a la derecha, con ello se estipula que los movimientos a ejecutarse por la grúa techo serán efectivos y no presentarán inconvenientes al ser usado por el adulto mayor y el asistente.

### 5.2.2. Pruebas sin carga

En la Figura 43 podemos verificar que la corriente sin carga de ascenso es de 3,64 A y para el descenso es de 2,74 A; en la Tabla 16 procedemos a comparar con los datos de fabrica según la Figura 34.



**Figura 43.** Pruebas sin carga

**Tabla 16**  
*Datos sin carga*

| Datos             | Corriente de ascenso | Corriente de descenso | Respuesta |
|-------------------|----------------------|-----------------------|-----------|
| <b>Fabricante</b> | 4 A                  | 3 A                   | 100%      |
| <b>Medidos</b>    | 3,64 A               | 2,74 A                | 91%       |

Mediante estos resultados se determina que existe un buen funcionamiento del motor DC con un 91% de respuesta en cuanto a los valores medidos, aproximándose al valor del fabricante, con ello se estipula que su desempeño sin carga es ideal comprobando que una medición no debe estar fuera del rango nominal y de ser así el equipo presentaría defectos de fábrica constatando un producto ineficiente y que no se acoplaría a las necesidades del usuario.

### 5.2.3. Pruebas con carga

Para que la comprobación del sistema grúa techo sea eficaz frente a otros sistemas de transferencia, se ha optado por realizar pruebas de traslado con un adulto mayor, mediante la transferencia habitual silla – asistente, silla – asistentes y sistema grúa techo pues al considerar un sistema eficaz se debe determinar el de mayor rapidez y sobre todo con mayor seguridad al trasladar al adulto mayor. Así también se verificará que los mecanismos de traslado sean continuos al desplazarse a la cama, bañera o baño como se muestran en las Figuras 44, 45 y 46.



**Figura 44.** Transferencia silla – asistente a la cama, bañera y baño.



**Figura 45.** Transferencia silla – asistentes a la cama, bañera y baño.



**Figura 46.** Transferencia sistema grúa techo a la cama, bañera y baño.

Seguidamente en la Tabla 17 se indica los tiempos obtenidos en la transferencia silla – asistente como un peso del adulto mayor de 89 libras.

**Tabla 17**  
*Transferencia silla - asistente*

| Imagen  | Transferencia                                     | Tiempo (s)         |
|---|---|--------------------|
|    | <p><b>Inicio</b></p>                              | <p><b>0:0</b></p>  |
|    | <p><b>Traslado a la cama</b></p>                  | <p><b>0:15</b></p> |
|   | <p><b>Levantamiento del adulto mayor</b></p>      | <p><b>0:25</b></p> |
|  | <p><b>Transferencia a la cama</b></p>             | <p><b>0:41</b></p> |
|  | <p><b>Posicionamiento del adulto mayor</b></p>    | <p><b>1:05</b></p> |
|  | <p><b>Retorno del adulto mayor a la silla</b></p> | <p><b>1:20</b></p> |

**CONTINÚA** 

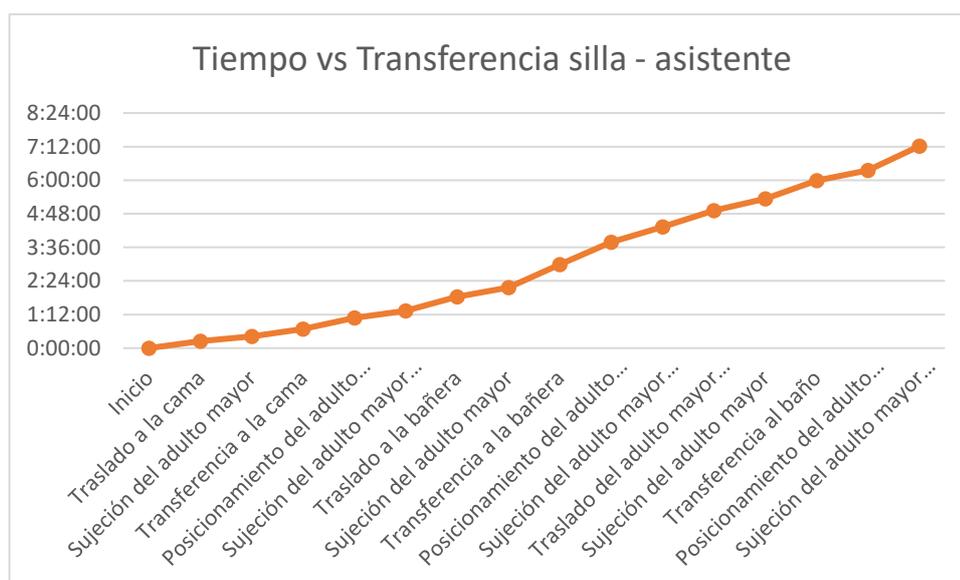
|   |  |             |
|---|--|-------------|
|    | <b>Traslado a la bañera</b>                | <b>1:50</b> |
|    | <b>Levantamiento del adulto mayor</b>      | <b>2:10</b> |
|    | <b>Transferencia a la bañera</b>           | <b>2:59</b> |
|   | <b>Posicionamiento del adulto mayor</b>    | <b>3:47</b> |
|  | <b>Retorno del adulto mayor a la silla</b> | <b>4:20</b> |
|  | <b>Traslado del adulto mayor al baño</b>   | <b>4:55</b> |
|  | <b>Levantamiento del adulto mayor</b>      | <b>5:20</b> |

CONTINÚA 

|   |  |             |
|---|--|-------------|
|  | <b>Transferencia al baño</b>               | <b>5:59</b> |
|  | <b>Posicionamiento del adulto mayor</b>    | <b>6:21</b> |
|  | <b>Retorno del adulto mayor a la silla</b> | <b>7:13</b> |

#### a) Comparación tiempo vs transferencia silla - asistente

Realizadas las pruebas con carga y tomados los tiempos se procedió a ilustrar el TIEMPO VS TRANSFERENCIA SILLA ASISTENTE, para constatar que al realizar la transferencia con un solo asistente el tiempo tiende a ser de 7 minutos con 13 segundos como se indica en la Figura 47.



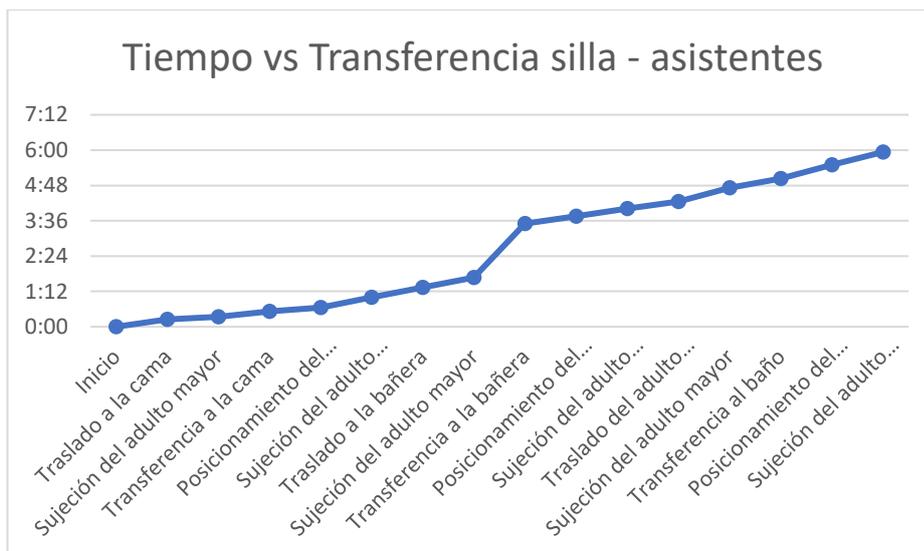
**Figura 47.** Grafica de tiempo vs transferencia silla - asistente

Para medir el tiempo de la transferencia silla – asistentes, se utilizará el mismo procedimiento anterior como se detalla en la Tabla 18:

**Tabla 18**  
*Transferencia silla – asistentes*

| Transferencia                       | Tiempo (s)  |
|-------------------------------------|-------------|
| Inicio                              | <b>0:0</b>  |
| Traslado a la cama                  | <b>0:15</b> |
| Levantamiento del adulto mayor      | <b>0:20</b> |
| Transferencia a la cama             | <b>0:31</b> |
| Posicionamiento del adulto mayor    | <b>0:39</b> |
| Retorno del adulto mayor a la silla | <b>1:00</b> |
| Traslado a la bañera                | <b>1:20</b> |
| Levantamiento del adulto mayor      | <b>1:40</b> |
| Transferencia a la bañera           | <b>3:30</b> |
| Posicionamiento del adulto mayor    | <b>3:45</b> |
| Retorno del adulto mayor a la silla | <b>4:01</b> |
| Traslado del adulto mayor al baño   | <b>4:15</b> |
| Levantamiento del adulto mayor      | <b>4:43</b> |
| Transferencia al baño               | <b>5:02</b> |
| Posicionamiento del adulto mayor    | <b>5:30</b> |
| Retorno del adulto mayor a la silla | <b>5:56</b> |

El comportamiento del TIEMPO VS TRANSFERENCIA SILLA – ASISTENTES fue de 5 minutos con 56 segundos al transferir al adulto mayor entre dos personas como se muestra en la Figura 48.



**Figura 48.** Grafica de tiempo vs transferencia silla - asistentes

Seguidamente se medirá el tiempo con los mismos parámetros y procedimiento, pero mediante el uso del sistema grúa techo como se aprecia en la Tabla 19.

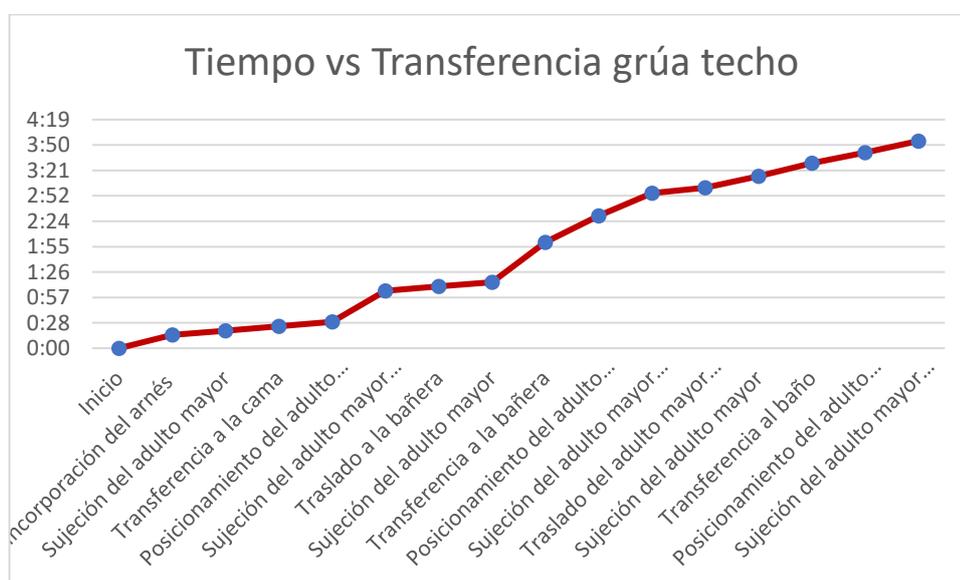
**Tabla 19**  
*Transferencia silla – asistentes*

| Transferencia                             | Tiempo (s)  |
|---|-------------|
| Inicio                                    | <b>0:0</b>  |
| Incorporación del arnés                   | <b>0:15</b> |
| Levantamiento del adulto mayor            | <b>0:20</b> |
| Transferencia a la cama                   | <b>0:25</b> |
| Posicionamiento del adulto mayor          | <b>0:30</b> |
| Levantamiento del adulto mayor a la silla | <b>1:05</b> |
| Traslado a la bañera                      | <b>1:10</b> |
| Levantamiento del adulto mayor            | <b>1:15</b> |
| Transferencia a la bañera                 | <b>2:00</b> |
| Posicionamiento del adulto mayor          | <b>2:30</b> |
| Levantamiento del adulto mayor a la silla | <b>2:56</b> |
| Traslado del adulto mayor al baño         | <b>3:02</b> |

CONTINÚA 

|                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| Levantamiento del adulto mayor      | <b>3:15</b> |
| Transferencia al baño               | <b>3:30</b> |
| Posicionamiento del adulto mayor    | <b>3:42</b> |
| Retorno del adulto mayor a la silla | <b>3:55</b> |

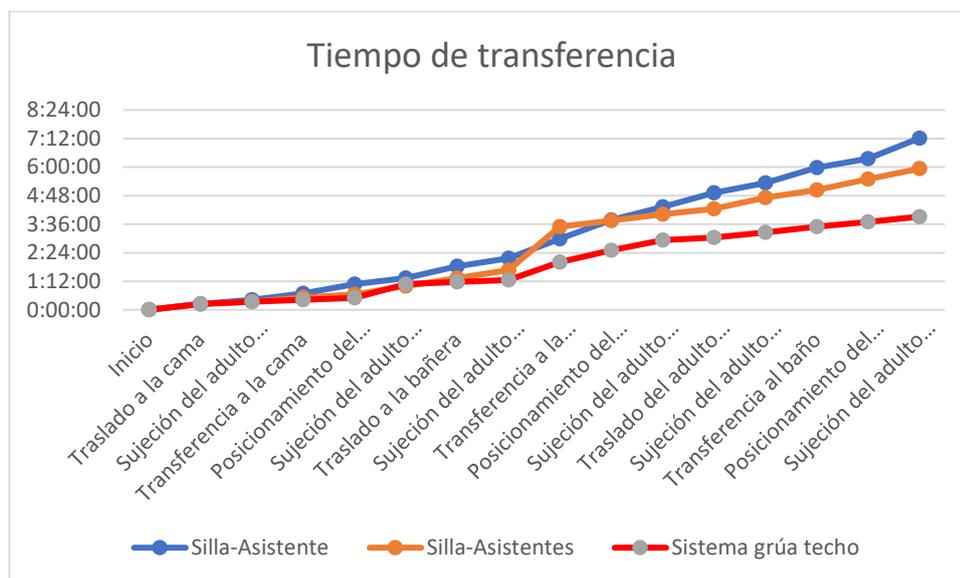
Ejecutadas las pruebas con carga y tomados los tiempos se procedió a ilustrar el TIEMPO VS TRANSFERENCIA GRÚA TECHO, para constatar que al realizar la transferencia se obtuvo un tiempo de 3 minutos con 55 segundos como se indica en la Figura 49.



**Figura 49.** Grafica de tiempo vs transferencia grúa techo

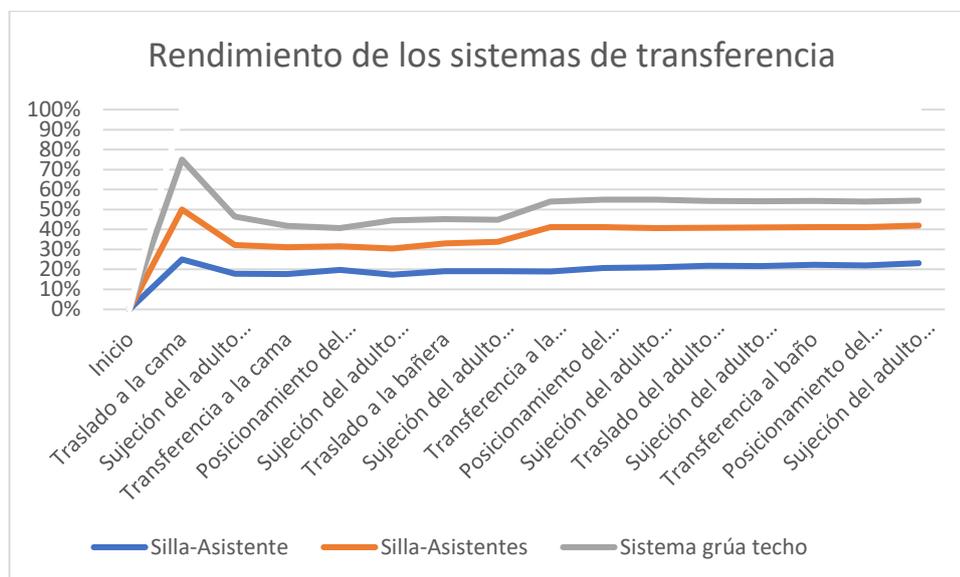
En la Figura 50 en la línea azul se puede apreciar que el tiempo de transferencia es de 8 minutos aproximadamente debido a que en esta actividad participo tan solo un asistente, en la línea naranja se evalúa un tiempo de transferencia de 6 minutos donde ejecutaron la acción dos asistentes, en la línea roja se determina un tiempo de 3 minutos y medio aproximadamente donde se utilizó el sistema grúa techo, mediante este análisis se puede concluir que el sistema grúa techo realiza una transferencia mucho más rápida y eficaz ya que presenta una diferencia de 4 minutos frente a la primera y 2 minutos y medio frente a la segunda constatando así que con el sistema grúa techo se ha logrado reducir los tiempos de traslado y cuidando del asistente ya que al realizar las primeras pruebas se hizo el uso de la

mecánica corporal la misma que repercute en futuras patologías ergonómicas en su columna vertebral, como de posibles caídas en el adulto mayor.



**Figura 50.** Grafica del descenso a plena carga

Determinado el mejor tiempo de traslado se procedió a verificar mediante la Figura 51 el rendimiento del mejor sistema de transferencia.



**Figura 51.** Grafica del rendimiento de los sistemas de transferencia

En la Figura 51 se puede determinar que el sistema grúa techo alcanza un rendimiento del 80% sobre un 50 % de rendimiento del método silla –

asistentes y finalmente un 25% de rendimiento frente al sistema de transferencia silla – asistente, condicionando en efecto a ser el mejor procedimiento de transferencia el de la grúa techo.

#### 5.2.4. Pruebas con los adultos mayores del Hogar de Vida

El sistema grúa techo está destinado para varios ambientes como la cama, la bañera y el baño que fueron adecuados en una habitación del Hogar de Vida. Seguidamente se describirá las experiencias de los adultos mayores al usar el sistema grúa techo y el modo en el que se debe usar.

Previo al uso del sistema grúa techo se debe tener en cuenta que para facilitar el levantamiento del adulto mayor se lo debe hacer mediante un protocolo de fijación del arnés y con la ayuda de dos personas. En la Tabla 20 se puede apreciar la colocación del arnés de seguridad.

**Tabla 20**

*Protocolo de fijación del arnés de seguridad*

| Descripción  | Imagen   |
|--|--|
| 1. Verificar la posición del arnés de seguridad.         |  |
| 2. Cubrir la espalda del usuario.                        |  |
| 3. Inclinar levemente al usuario para acomodar el arnés. |  |

CONTINÚA 

|  |   |
|--|---|
| 4. Introduzca los soportes para piernas entre los muslos.          |    |
| 5. Cruce los tirantes del soporte de piernas con los del espaldar. |    |
| 6. Mediante la aplicación descienda los ganchos de acople rápido.  |    |
| 7. Conecte los ganchos de acople rápido.                           |   |
| 8. Levante al usuario  |  |

Anclado el adulto mayor al sistema grúa techo procedemos a trasladarlo a la cama donde se procederá a prepararlo para el baño, cambiarlo o hacerle un chequeo médico según sea necesario (véase Figura 54). Con el uso de la aplicación descendemos al paciente y procedemos a retirar el arnés de seguridad.



**Figura 52.** Traslado del adulto mayor a la cama

Para trasladar a los demás espacios como la bañera y el baño seguimos el mismo procedimiento antes mencionado o nos referimos al Anexo 7.

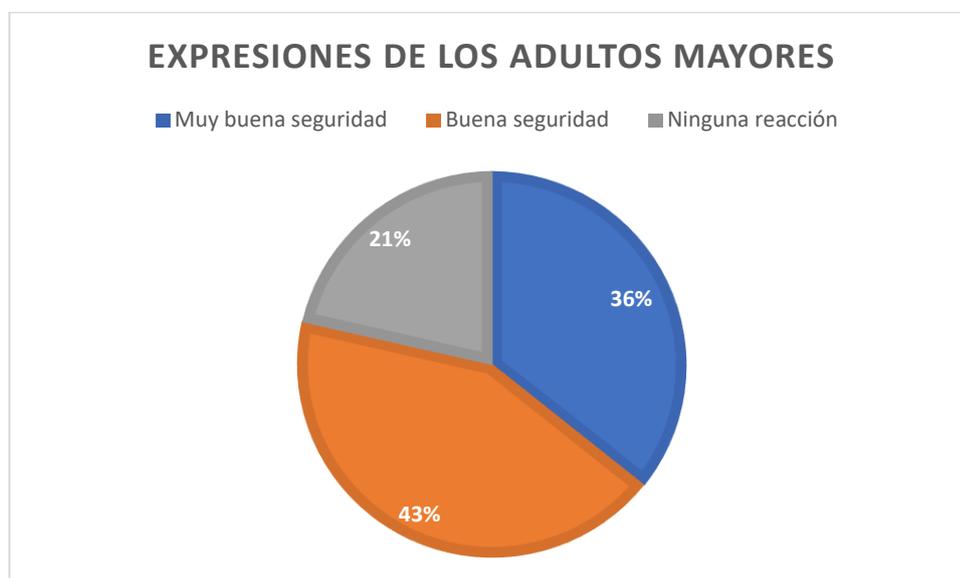
A continuación, en la Tabla 21 se describirá las experiencias de los adultos mayores a los que se les traslado tanto a la cama, bañera y baño quienes presentan varias edades, peso y altura los mismos que nos pudieron mencionar su satisfacción con el sistema grúa techo como se aprecia en el Anexo 8.

**Tabla 21**

*Expresiones del adulto mayor*

| Adulto mayor | Mucha Buena seguridad | Buena Seguridad | Ninguna reacción |
|--------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| Usuario 1    |                       | ✓               |                  |
| Usuario 2    | ✓                     |                 |                  |
| Usuario 3    |                       |                 | ✓                |
| Usuario 4    |                       |                 | ✓                |
| Usuario 5    |                       | ✓               |                  |
| Usuario 6    | ✓                     |                 |                  |
| Usuario 7    |                       | ✓               |                  |
| Usuario 8    | ✓                     |                 |                  |
| Usuario 9    | ✓                     |                 |                  |
| Usuario 10   |                       | ✓               |                  |
| Usuario 11   |                       |                 | ✓                |
| Usuario 12   | ✓                     |                 |                  |
| Usuario 13   |                       | ✓               |                  |
| Usuario 14   |                       | ✓               |                  |
| <b>TOTAL</b> | 5                     | 6               | 3                |

Luego de mencionar estas experiencias y constatar las mismas reacciones con los demás pacientes, en la Figura 53 se puede apreciar en un gráfico de las emociones que los adultos mayores manifestaron al utilizar el sistema grúa techo.



**Figura 53.** Distribución de las expresiones de los adultos mayores

Como efecto de las pruebas se tiene que 3 de los adultos mayores que representan el 21,42%, no experimentaron ninguna reacción debido a su condición mental o pérdida de sus sentidos, 6 personas que representan el 42,85% de los usuarios expresan sentirse seguros mediante gestos faciales y algunos lo manifestaron verbalmente luego de haber concluido el traslado en el sistema grúa techo, 5 adultos mayores que son el 35,71% comentó que sintieron muy buena seguridad y comodidad al utilizar el equipo. Corroborando así que existió confort al usar el arnés de seguridad durante el traslado de los adultos mayores.

El sistema grúa techo a futuro podría ser utilizado por los 52 adultos mayores que residen en el Hogar de Vida "Luis Maldonado Tamayo", ya que el resto de los pacientes debido a sus enfermedades y pasar de los años irán perdiendo su movilidad y con ello tendrán que utilizar la grúa techo para trasladarse a la cama, baño y bañera.

### 5.3. Validación de la Hipótesis

- **Hipótesis**

Mediante el diseño y construcción de un sistema grúa techo, se busca mejorar el traslado de los adultos mayores en el Hogar de Vida “Luis Maldonado Tamayo” de la ciudad de Pujilí.

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:** Facilitar el traslado de los adultos mayores con movilidad reducida de un lugar a otro.
- **VARIABLE DEPENDIENTE:** Diseño e implementación de un sistema grúa techo.

Para justificar la sustentación del trabajo de titulación es viable utilizar métodos estadísticos que indiquen a ciencia cierta si se cumple o no con la hipótesis planteada, en este caso se utilizara la prueba chi-cuadro (NAVIDI, 2006). El método consiste en formar un grupo de constantes de hipótesis las mismas que permitirán la demostración de las variables aleatorias, como se refieren a continuación:

**Hipótesis nula (H1):** el sistema grúa techo no facilitara el traslado de los adultos mayores con movilidad reducida de un lugar a otro.

**Hipótesis de trabajo (H2):** el sistema grúa techo facilitara el traslado de los adultos mayores con movilidad reducida de un lugar a otro.

Establecidas las constantes H1 y H2 se procede a realizar las pruebas con 14 adultos mayores del geriátrico, como se demuestra en el literal 5.1.4.

Obteniendo los siguientes resultados que se indican en la Tabla 22, en la cual se muestra las emociones de las personas al momento de su elevación y descenso en el sistema grúa techo, como de su traslado a la cama, baño y bañera.

**Tabla 22**  
*Frecuencia observada*

| Acción               | Muy Buena seguridad | Buena Seguridad | Ninguna Reacción | Total |
|----------------------|---------------------|-----------------|------------------|-------|
| Ascenso              | 5                   | 6               | 3                | 14    |
| Descenso             | 5                   | 6               | 3                | 14    |
| Traslado a la cama   | 5                   | 6               | 3                | 14    |
| Traslado a la bañera | 5                   | 6               | 3                | 14    |
| Traslado al baño     | 5                   | 6               | 3                | 14    |
| Porcentaje %         | 35,71               | 42,85           | 21,42            | 100   |

Después de recolectar las experiencias por parte de los adultos mayores se procede a calcular los valores esperados ( $E_{ij}$ ), los mismos que se obtienen de la Tabla 22 aplicando la Ecuación 22, como se detalla en la Tabla 23.

$$E_{ij} = \frac{o_i * o_j}{o} \leftrightarrow Ec. 22$$

Donde

$o_i$  = Valor observado

$E_{ij}$  = Valor esperado

**Tabla 23**  
*Frecuencia esperada*

| Acción               | Muy Buena seguridad | Buena Seguridad | Ninguna Reacción |
|----------------------|---------------------|-----------------|------------------|
| Ascenso              | 8,5704              | 10,284          | 5,141            |
| Descenso             | 8,5704              | 10,284          | 5,141            |
| Traslado a la cama   | 8,5704              | 10,284          | 5,141            |
| Traslado a la bañera | 8,5704              | 10,284          | 5,141            |
| Traslado al baño     | 8,5704              | 10,284          | 5,141            |

Concluido el cálculo del valor esperado se procede a calcular el chi-cuadro total, para lo cual se utiliza los datos de la Tabla 22 y 23; reemplazándolos en la Ecuación 23 que se indica en la Tabla 24.

$$X_c^2 = \sum_{i=1}^j \frac{(o_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \leftrightarrow Ec. 23$$

Donde

$X_c^2$  = Chi-cuadro calculado

$i$  = Numero de filas

$j$  = Numero de columnas

**Tabla 24**  
Valores calculados Chi-Cuadro

| Acción               | Muy Buena Seguridad | Buena Seguridad | Ninguna Reacción |
|----------------------|---------------------|-----------------|------------------|
| Ascenso              | 1,49                | 1,78            | 0,89             |
| Descenso             | 1,49                | 1,78            | 0,89             |
| Traslado a la cama   | 1,49                | 1,78            | 0,89             |
| Traslado a la bañera | 1,49                | 1,78            | 0,89             |
| Traslado al baño     | 1,49                | 1,78            | 0,89             |
| Total                | 7,44                | 8,92            | 4,46             |
| <b>X2 CALCULADO</b>  |                     |                 | <b>20,82</b>     |

De acuerdo con (NAVIDI, 2006) “Bajo H1 este estadístico de prueba tiene una distribución  $J_i$  cuadrada como  $(I-1) * (J-1)$  grados de libertad” lo que nos indica una categorización obteniéndose mediante la Ecuación 24.

$$G_D = (I - 1) * (J - 1) \leftrightarrow Ec. 24$$

$$G_D = (5 - 1) * (3 - 1)$$

$$G_D = (4) * (2)$$

$$G_D = 8$$

Con el resultado de la Ecuación 24 se determina que existe un grado de libertad de 8, con una confianza estimada para el desarrollo del trabajo de titulación que es de 0,05 ya que su utilidad es tolerable, con estos valores se tiene ( $X_t^2$ ) es 15,51 como se puede apreciar en el Anexo 9 y para el valor chi-cuadrado calculado se obtuvo ( $X_c^2$ ) 20,82 por lo tanto:

$$X_c^2 > X_t^2$$

$$20,82 > 15,51$$

Comparado estos dos valores se acepta la hipótesis de trabajo y se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se demuestra que se cumplió con la hipótesis planteada, la misma que hace mención de facilitar el traslado de los adultos mayores con movilidad reducida de un lugar a otro.

#### 5.4. Análisis económico del sistema grúa techo

Culminadas las fases de diseño, implementación y pruebas de funcionamiento es necesario mencionar los valores económicos invertidos en el desarrollo del sistema grúa techo, en la Tabla 25 se indica el presupuesto total empleado.

**Tabla 25**  
*Análisis de costo de materiales*

| Cantidad | Material                             | Valor Unitario | Valor Total    |
|----------|--------------------------------------|----------------|----------------|
| 1        | Motor con frenado mecánico           | 582,88         | 582,88         |
| 1        | Arnés de seguridad                   | 81,68          | 81,68          |
| 1        | Solenoide                            | 33             | 33             |
| 1        | Tarjeta Arduino                      | 9,75           | 9,75           |
| 1        | Modulo L298N                         | 7,00           | 7,00           |
| 1        | Modulo Bluetooth HC-05               | 13,96          | 13,96          |
| 1        | Cargador automático de batería 12V   | 98,50          | 98,50          |
| 1        | Batería 12V                          | 85,55          | 85,55          |
| 20       | Metros de cableado eléctrico         | 2,76           | 55,21          |
| 2        | Ganchos de acople rápido             | 10,59          | 21,18          |
| 1        | Galón de pintura                     | 15,02          | 15,02          |
| 4        | Llantas                              | 8,50           | 34             |
| 1        | Caja de fibra de vidrio              | 10             | 10             |
| 3        | Perfiles UPN C 80                    | 21             | 63             |
| 1        | Eje de transmisión de 100 cm         | 15             | 15             |
| 1        | Caja de tornillos, pernos y tuercas  | 8,25           | 8,25           |
| 50       | Pernos de expansión ½ * 3 pulgadas   | 0,61           | 30,58          |
| 1        | Plancha de acero ASTM A36 2x2 metros | 70             | 70             |
| 1        | Costo de envío y nacionalización     | 300            | 300            |
| 1        | Costo de construcción y montaje      | 500            | 500            |
| 1        | Otros                                | 250            | 250            |
|          |                                      | <b>TOTAL</b>   | <b>2284,56</b> |

La sumatoria del costo total empleada en el sistema grúa techo es de \$ 2284,56 dólares el mismo que incorpora el sistema de rieles, montaje e instalación del equipo en su totalidad.

Con lo antes mencionado y en base a los sistemas grúa techo en venta en España como se muestra en la Figura 54, el mismo que tiene un costo de \$ 2894 dólares (2490 euros) (Gruas Domiciliarias, 2018), pero no incluye costos de envío, rieles, arnés de seguridad e instalación del equipo; en Argentina se encuentra a \$ 1700 dólares (25000 pesos) (Mercado Libre Argentina, 2018) existe un sistema “usado” el cual cuenta con un elevador eléctrico industrial para el uso de discapacitados y de igual manera no incluyen costos de envío, rieles e instalación como se puede apreciar en la Figura 55. Por consiguiente, el sistema grúa techo diseñado se encuentra con un costo asequible que le permite su fácil adquisición al usuario.



**Figura 54.** Motor grúa de Techo para adulto mayor  
Fuente: (Gruas Domiciliarias, 2018)



Usado

**Grúa Levanta Pacientes  
Electrica Grúa Arnes  
Incluido!!!**

**\$ 25.000**

Pagá en hasta 12 cuotas



[Más información](#)

Envío a todo el país

Conocé los tiempos y las formas de envío.

[Calcular costos](#)

¡Único disponible!

[Comprar ahora](#)

[Agregar al carrito](#)

*Figura 55. Grúa techo para pacientes*

Fuente: (Mercado Libre Argentina, 2018)

## 5.5. Análisis costo-beneficio

Como análisis del costo - beneficio del sistema grúa techo se tiene como referencia principal que el equipo no existe en nuestro país, y de los semejantes a este son sistemas móviles los cuales utilizan un sistema manual – mecánico y no se encuentran diseñados para el adulto mayor. Debido a ello es favorable realizar un análisis cuantitativo donde permitirá demostrar el ahorro que va a concurrir a futuro.

En la Tabla 26 se muestra los beneficios que se alcanzarán al encontrarse operando el sistema grúa techo en el Hogar de Vida “Luis Maldonado Tamayo”, donde el grupo de afectados será el geriátrico y el patronato municipal “Niño de Isinche” como administrador. Así también se procede a contrastar que beneficio sobrelleva al colectivo afectado.

**Tabla 26**  
*Análisis cualitativo*

| ANALISIS COSTO BENEFICIO                                  |                |           |
|---|----------------|-----------|
| RECURSOS  | GRUPO AFECTADO |           |
|   | GERIATRICO     | PATRONATO |
| Complacencia de los adultos mayores                       | Positivo       |           |
| Mejora de la calidad de vida del adulto mayor             | Positivo       |           |
| Máxima seguridad al trasladar al usuario                  | Positivo       |           |
| Disminución patologías ergonómicas del personal asistente |                | Positivo  |
| Menor tiempo de traslado del adulto mayor                 | Positivo       |           |
| Menor número de lesiones del adulto mayor                 |                | Positivo  |
| Menor uso de la mecánica corporal del asistente           | Positivo       |           |

Luego del análisis se puede enunciar que se tiene aspectos positivos que le permiten una mejora completa de la calidad de vida que ofrece el geriátrico y mayores beneficios para el patronato; quienes son los que se encargan de su administración y funcionamiento.

Para el análisis cuantitativo en la Tabla 27 se detalla los costos por sistema y los beneficios económicos que se ahorraría el geriátrico con la instalación de la grúa techo así también un ahorro de 2000 dólares mensuales.

**Tabla 27**  
*Análisis cuantitativo*

| <b>ANALISIS COSTO-BENEFICIO CUANTITATIVO POR GRUA TECHO</b>   |               |  |                              |
|---|---------------|--|------------------------------|
| <b>Detalle de costos</b>  | <b>Costos</b> | <b>Detalle de beneficios</b>   | <b>Beneficios económicos</b> |
| Sistema grúa techo  | 2284          | Menores lesiones en los adultos mayores por caídas durante el traslado | 300                          |
| Cambio de cable guía  | 20            | Menores patologías ergonómicas en los asistentes del geriátrico        | 500                          |
| Repuestos   | 200           | Personal capacitado para el traslado                                   | 1200                         |
| Capacitación del personal   | 0             |  |                              |
| Cambio del arnés de seguridad   | 100           |  |                              |
| Reemplazo de los ganchos de acople rápido   | 20            |  |                              |
| <b>Total costos por sistema grúa techo</b>  | <b>2624</b>   | <b>Total de beneficios económicos por sistema grúa techo</b>           | <b>2000</b>                  |
| <b>Asumiendo la implementación de 4 sistemas grúa techo (Áreas de fisioterapia, medico, taller, rehabilitación)</b> |               |  | 10496                        |
| <b>Costo inicial total</b>  |               |  | 24000                        |
| <b>Costos regulares mensuales totales</b>   |               |  | 200                          |
| <b>Costos totales</b>   |               |  | <b>24200</b>                 |
| <b>Beneficio total</b>  |               |  | <b>13704</b>                 |
| <b>Recuperación de la inversión</b>   |               |  | <b>9 meses</b>               |

Finalizado el análisis cuantitativo al implementar el sistema sería de \$13704 dólares si se adquirieran 4 grúas techo demostrando que el diseño es rentable para el uso de los adultos mayores y permitiendo que la inversión realizada sería de 9 meses para después observar beneficios económicos y un mejoramiento de la calidad de vida en el Hogar de Vida.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

- Se diseñó e implemento con éxito el sistema grúa techo para los adultos mayores con movilidad reducida, el mismo que tuvo una aceptación del 70% del total de usuarios que facilitaron su traslado a la cama, bañera y baño los mismos que manifestaron sentirse seguros durante su transferencia.
- Se realizó una investigación de los sistemas de transferencia, siendo el más usado el de la silla – asistente y que mediante las pruebas de funcionamiento se determinó que el método grúa techo presenta mayor rapidez y eficacia del 80% frente a los demás sistemas y con un rango de diferencia de 4 minutos al momento de transferir a los adultos mayores de un lugar a otro.
- Se realizó protocolos de pruebas con 14 adultos mayores los cuales presentaron un cambio de estado emocional de mucha seguridad y comodidad, permitiendo que se les pueda trasladar de un lugar a otro con mayor facilidad, teniendo en cuenta que es necesario la supervisión de dos asistentes.
- El sistema grúa techo convirtió la transferencia de un adulto mayor en una actividad mucho más rápida, eficaz y fluida como también la adaptación a distintas elevaciones y alturas según lo requiera el personal que lo asiste.
- Se diseñó el sistema en un software CAD el mismo que facilito la comprobación del factor de seguridad siendo este igual a 4, con lo cual aplicando la teoría de factores de seguridad el diseño de la grúa techo, brindará una seguridad adicional a componentes críticos y bajo cargas dinámicas como la de un adulto mayor.
- Al construir el sistema grúa techo se determinó que mediante el uso de un sistema electromecánico se mejoró la calidad del traslado del adulto

mayor, pues el asistente evitara el uso de la mecánica corporal la misma que genera patologías ergonómicas en la cadera y columna vertebral.

- Se estableció una adecuada instalación del sistema grúa techo mediante la aplicación de criterios técnico - mecánicos y eléctricos los mismos que proponen un sistema robusto y acorde a la seguridad del adulto mayor, como fue la implementación de un motor eléctrico con frenado mecánico, reduciendo así la probabilidad de caídas al suspender al paciente como de su autonomía al contar con un sistema de batería y embrague de emergencia en caso de sufrir pérdidas de energía del suministro eléctrico.
- El material usado para el arnés está adaptado a las condiciones de vida del adulto mayor, pues este al perder su conocimiento tienden a comportarse de manera infantil y ensuciarse con más facilidad, con ello el arnés cuenta con una tela de algodón impermeable para su cómoda limpieza y duración.

## **6.2. Recomendaciones**

- Una vez concluido el proyecto con éxito se recomienda encontrar otro método de alimentación o sustitución de la batería por una más ligera, evitando así la suspensión del cable de alimentación y con ello mejorar la estética del equipo.
- Para que el sistema sea menos ruidoso se recomienda sustituir el cable de acero por una eslinga rapel grado 10 el mismo que le permitirá un mejor enrollado al tambor de la grúa techo.
- Es recomendable sustituir los ganchos de acople rápido cada año debido a que estos mantienen suspendido al adulto mayor mientras se lo traslada de un lugar a otro.
- Al realizar proyectos similares se recomienda adquirir equipos abalizados por la norma ANSI pues al suspender a una persona se debe cuidar de su seguridad durante la elevación y traslado de un lugar a otro.

- Se recomienda adquirir un arnés de tipo vertical el mismo que facilitara la rehabilitación de los adultos mayores que aún no pierden la totalidad de su movilidad en sus extremidades inferiores.
- En las pruebas de funcionamiento se observa que el carro móvil tiende ligeramente a atascarse en las uniones de los tramos curvos por ello se recomienda engrasar los raíles una vez al mes y verificar que se encuentren nivelados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. *New ABB*. Recuperado 04 de 26 de 2018. Obtenido de <http://new.abb.com/motors-generators/es/motores-de-baja-tension-iec/motores-accionados-convertidor-frecuencia/motores-de-imanes-permanentes>
- AliExpress. *AliExpress*. Recuperado 05 de 05 de 2016 Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/PWM-DC-Motor-Controller-6V12V-24V-Electric-Drive-Pusher-Linear-Actuator-Motor-Speed-Regulator-with-Button/32703589391.html?spm=2114.43010208.4.9.mHlga2>
- Ayudas Dinámicas. (2017). *Ayudas Dinámicas*. Obtenido de <https://www.ayudasdinamicas.com/arnes-de-ajuste-rapido-fast-fit/>
- Baquerizo Freile, J. (2015). *CEPAL*. Obtenido de [https://www.cepal.org/celade/noticias/paginas/4/23004/JBaquerizo\\_p.pdf](https://www.cepal.org/celade/noticias/paginas/4/23004/JBaquerizo_p.pdf)
- BricoGeek. Recuperado 08 de 04 de 2018 *BricoGeek*. Obtenido de <http://tienda.bricogeek.com/accesorios-robotica/568-mando-inalambrico-arduino.html>
- Bucklin, L. (2017). *123RF*. Obtenido de [https://es.123rf.com/photo\\_63982326\\_una-colección-de-ayudas-para-la-movilidad-incluyendo-una-silla-de-ruedas-andador-muletas-bastón-de-cuatro-.html](https://es.123rf.com/photo_63982326_una-colección-de-ayudas-para-la-movilidad-incluyendo-una-silla-de-ruedas-andador-muletas-bastón-de-cuatro-.html)
- C.A.D.P. (2015). *Red Iberoamericana de expertos en la convención de los derechos de las personas con discapacidad*. Obtenido de [http://repositoriocdpd.net:8080/bitstream/handle/123456789/998/L\\_GuiaFamiliasCuidadoras\\_2010.pdf?sequence=1](http://repositoriocdpd.net:8080/bitstream/handle/123456789/998/L_GuiaFamiliasCuidadoras_2010.pdf?sequence=1)
- Cemvisa Visinay. Recuperado 04 de 04 de 2017 *Visinay Cemvisa*. Obtenido de <https://www.vicinaycemvisa.com/polipastos-y-carros/polipastos-electricos/polipasto-electrico-de-cable-eurobloc/>
- DISPATCH. *ebay*. Recuperado 02 de 05 de 2018 Obtenido de <https://www.ebay.es/itm/12V-CABRESTANTE-INALAMBRICO-CONTROL-REMOTO-LED-WINCH-ELECTRICO-1-MANDO-KIT/272678980087?hash=item3f7cef09f7:g:ae0AAOSwaEhZH7Li>
- Dr. Gac Espínola, H. (2016). *Pontificia Universidad Católica de Chile*. Obtenido de Escuela de Medicina: <http://medicina.uc.cl/vision-geriatria/inmovilidad>
- Dr. Montse, Q. (2016). *Salud Canales MAPFRE*. Obtenido de <https://www.salud.mapfre.es/salud-familiar/mayores/sindromes-geriatricos/tratamiento-del-sindrome-de-inmovilidad-en-personas-mayores/>

- ERREKA. (2018). *Erreka Gruas*. Obtenido de <http://www.errekagruas.com/es/catalogo/railes-para-gruas/sistemas-railes-en-h/>
- ETAC. *molift*. Recuperado 05-06-2013 Obtenido de <https://www.molifthoistsandparts.co.uk/Molift-Air-ceiling-Track-hoist>
- Fundación EROSKI. (2011). *EROSKI CONSUMER*. Obtenido de [http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender\\_a\\_comer\\_bien/adulto\\_y\\_vejez/2011/01/25/198503.php](http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/adulto_y_vejez/2011/01/25/198503.php)
- Galvis Ramirez & Cia S.A. Recuperado 23 de 3 de 2012. *Gente de Cañaveral*. Obtenido de <http://www.gentedecanaveral.com/2012/03/diplomado-sobre-el-cuidado-integral-al-adulto-mayor/>
- Gruas Domiciliarias. Recuperado Septiembre de 2018. *Gruas Domiciliarias*. Obtenido de <https://www.gruasdomiciliarias.es/grua-de-techo-air-205-49.html>
- HANDI MOVE. *Aidmoving*. Recuperado 28-12-2016 Obtenido de [http://www.aidmoving.com/pdf/ayudas\\_tecnicas\\_items/psh\\_1030-1035\\_es\\_0\\_1493670783.pdf](http://www.aidmoving.com/pdf/ayudas_tecnicas_items/psh_1030-1035_es_0_1493670783.pdf)
- HANDICARE. (2018). *Handicare*. Obtenido de <https://www.handicare.es/products/transfer-and-lifting/accesorios-elevacin/c-131/c-3215>
- HANDIMOVE. *AIDMOVING*. Recuperado 26 de 11 de 2015. Obtenido de [http://www.aidmoving.com/pdf/ayudas\\_tecnicas\\_items/ft-grua-de-techo-2805-2815\\_0\\_1494495117.pdf](http://www.aidmoving.com/pdf/ayudas_tecnicas_items/ft-grua-de-techo-2805-2815_0_1494495117.pdf)
- Hernández Romero, Y., Hernández Romero, Y., & Galindo Sosa, R. V. (28 de 11 de 2016). *Universidad Occidental*. Obtenido de <http://udo.mx/sitio/images/archivos/cienciadesdeeloccidente/2017/Vol4Num1/3.%20Diseño.pdf>
- Hernández, M. *Instituto Salus*. Recuperado 7 de 9 de 2015. Obtenido de <http://i50mas.com/6-reglas-basicas-para-realizar-movilizaciones-y-transferencias/>
- Ing. Carrera Calderón, I. G. (2011). *Universidad Politécnica de Madrid*. Obtenido de [http://oa.upm.es/15795/1/ISELA\\_GUADALUPE\\_CARRERA\\_CALDERON.pdf](http://oa.upm.es/15795/1/ISELA_GUADALUPE_CARRERA_CALDERON.pdf)
- INVACARE.. *SCI-GERIATRICA*. Recuperado 01 de 2014 Obtenido de [https://www.sci-geriatria.com/nueva-web/wp-content/uploads/2014/01/Catalogo\\_arneses6.pdf](https://www.sci-geriatria.com/nueva-web/wp-content/uploads/2014/01/Catalogo_arneses6.pdf)
- LIKO. (2018). *Hill-Rom*. Obtenido de <http://www.liko.com/es/espana/Productos/Accessories/Sling-Bars/>

- LIKO. (2018). *LIKO*. Obtenido de <http://www.liko.com/es/espana/Productos/Arneses-y-sabanas/HigieneSling/>
- LinMot. *LinMot*. Recuperado 06 de 12 de 2017. Obtenido de <http://www.linmot.com/es/productos/motores-lineales/>
- Mercado Libre Argentina. (Septiembre de 2018). *Mercado libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-746543587-grua-levanta-pacientes-electrica-grua-arnes-incluido-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-746543587-grua-levanta-pacientes-electrica-grua-arnes-incluido-_JM)
- MOBILIAR. *MOBILIAR*. Recuperado 06 de 2017. Obtenido de [http://www.mobiliar.es/wp-content/uploads/2017/06/lote-8\\_sistema-grua-techo.pdf](http://www.mobiliar.es/wp-content/uploads/2017/06/lote-8_sistema-grua-techo.pdf)
- Mondragón, Erreka s.coop. (2017). *Erreka grúas*. Obtenido de Matz-Erreka, S.Coop.: <http://www.errekagruas.com/es/catalogo/railes-para-gruas/>
- Mott, R. (2015). *Diseño de elementos de maquinas*. PEARSON EDUCACIÓN.
- NAVIDI, W. (2006). *Estadística para ingenieros y científicos*. Mexico, D.F: McGraw-Hill.
- Ordiales Espada, M. Recuperado 9- 09 de 2016. *Universitat Politècnica de Catalunya*. Obtenido de BARCELONATECH: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/103006/MEMORIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Organización de Naciones Unidas. (2017). *ONU*. Obtenido de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/ageing/index.html>
- Organización Mundial de Gastroenterología. (2012). *Worldgastroenterology*. Obtenido de <http://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/obesity-spanish-2012.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2004). *World Health Organization*. Obtenido de [http://www.who.int/ageing/projects/age\\_friendly\\_standards/en/al\\_afs\\_es.pdf](http://www.who.int/ageing/projects/age_friendly_standards/en/al_afs_es.pdf)
- Organización Panamericana de la Salud. (2006). *InfoMED*. Obtenido de <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/gericuba/guia02.pdf>
- Otero. (05 de 2017). *Aceros Otero*. Obtenido de [http://www.acerosotero.cl/planchas\\_acero\\_carbono\\_astm\\_a36.html](http://www.acerosotero.cl/planchas_acero_carbono_astm_a36.html)
- Oxido Metal S.A. (08 de 08 de 2014). *Grupo Industrial*. Obtenido de [http://www.grupoindustrial.com.ar/es/zamac\\_especificaciones.pdf](http://www.grupoindustrial.com.ar/es/zamac_especificaciones.pdf)
- Padilla Góngora, D., & Padilla Clemente, A. M. (2008). Tecnologías para mayores. *Universitas Psychologica*, 888-891.

- Pavón Solano, L. S. (23 de 1 de 2017). *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de Dspace: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5963/1/04%20MEC%20142%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Perez, J. (25 de 01 de 2018). Actualización de Información. (C. Changoluisa Chacha, Entrevistador)
- PrenSmart S.A.C. *Correo*. Recuperado 22 de 9 de 2017. Obtenido de <https://diariocorreo.pe/salud/le-cuesta-subir-las-escaleras-puede-que-este-sufriendo-de-debilidad-muscular-775457/>
- Romero, B., & Romero, J. *Bj-adaptaciones*. Recuperado 05 de Junio de 2015. Obtenido de <http://bj-adaptaciones.com/blog/que-es-una-grua-de-techo-y-por-que-usarla/>
- SENPLADES. (2013). *buenvivir*. Obtenido de <http://www.buenvivir.gob.ec/el-socialismo-del-buen-vivir>
- SERVICH. (2012). *alaMaula*. Obtenido de <https://www.alamaula.com/a-cuidado-de-la-salud/villa-carlos-paz/grua-discapacitados-levanta-personas-ancianos-gruas-pami-rehabilitacion-terapia/1001111446040910427365309>
- TEKVO. (2017). *Teckvo Bioingeniería*. Obtenido de <http://tekvobioingenieria.com/soluciones/arneses-eslingas/ad/arnes-caminador,40>
- Tópon Tópon, E. Z. (2010). *Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de DSpace: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2324/1/CD-3068.pdf>
- Yale. (06 de 11 de 2002). *Yale*. Obtenido de [https://www.yale.de/mediadb/54889/54890/ETL\\_RPE\\_Sp\\_2002.pdf](https://www.yale.de/mediadb/54889/54890/ETL_RPE_Sp_2002.pdf)

# ANEXOS



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

#### CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor:

**CHANGOLUISA CHACHA, CRISTIAN JAVIER**

En la ciudad de Latacunga, a los: **12 días del mes de septiembre del 2018.**

Ing. Fausto Acuña

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Aprobado por:

Ing. Katya Torres

**DIRECTORA DE CARRERA**

Dr. Rodrigo Vaca

**SECRETARIO ACADÉMICO**

