



*“Formando líderes para la construcción
de un nuevo país en paz”*

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE GRÚA ORTOPÉDICA MÓVIL AUTOMATIZADA PARA EL LEVANTAMIENTO Y TRASLADO DE PACIENTES GERIÁTRICOS

Autor

Diego Leandro Toro Cadena

Director

PhD. Diego Alfonso Peláez Carrillo

**PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA
2022**

Autor: Diego Leandro Toro Cadena

Director: PhD. Diego Alfonso Peláez Carrillo

Dedicatoria:

Este proyecto de grado lo dedico primero a Dios por permitirme llegar hasta estas instancias, brindándome siempre salud, fortaleza y entendimiento para afrontar esta etapa de mi vida, seguidamente dedico este logro en mi vida, a mi madre y abuela quienes siempre día a día me apoyaron, me animaron a no rendirme, y nunca dejaron de creer en mí.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
PROBLEMA	13
JUSTIFICACIÓN	14
DELIMITACIONES	15
ACOTACIONES	15
1. REFERENTES TEÓRICOS	17
ANTECEDENTES	17
ANTECEDENTES NACIONALES	17
ANTECEDENTES INTERNACIONALES	18
OPERACIÓN MANUAL DE CARGAS Y DE PACIENTES	20
TIPOLOGÍA DE GRÚAS DE TRANSFERENCIA	21
GRÚA ESTÁTICA	21
GRÚA DE TECHO	22
GRÚA MÓVIL	23
ACTUADOR LINEAL	24
ARNÉS	24
PERCHAS	25
DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES	26
PROGRAMACIÓN PHP	26
FRAMEWORK	27
VISUAL STUDIO CODE	27
ANDROID STUDIO	28
MICROCONTROLADOR	28
ARDUINO.CL	29
MÓDULO BLUETOOTH	29
DRIVER PUENTE H L298N	30
SENSOR IR 8X8 AMG8833	31
CÉLULA DE CARGA (CELDA DE CARGA)	32
GALGA EXTENSOMÉTRICA Y PUENTE DE WHEATSTONE	33
NORMATIVA COLOMBIANA	35
NORMATIVA DE MATERIALES	35
Norma ASTM A36	35
Norma ASTM A500	35
ESQUEMA DE IMPLEMENTACIÓN	37

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE GRÚA ORTOPÉDICA MÓVIL AUTOMATIZADA PARA EL LEVANTAMIENTO Y TRASLADO DE PACIENTES GERIÁTRICOS

ESTUDIO PRELIMINAR	38
ESTUDIO DE OBSERVACIÓN.....	38
IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD	38
SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	42
DISEÑO ETAPA DE CONTROL.....	42
SELECCIÓN DE COMPONENTES	42
PLACA DE ARDUINO UNO	42
MODULO BLUETOOTH HC-06	43
CÁMARA TÉRMICA (SENSOR IR 8X8 AMG8833)	43
MÓDULO L298N.....	44
CELDA DE CARGA TIPO S.....	45
PANTALLA LCD	45
ACTUADOR LINEAL ELÉCTRICO	46
BATERÍA RECARGABLE	47
IMPLEMENTACIÓN	48
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA	55
DISEÑO DEL PROTOTIPO	55
DISEÑO 3D EN SOLIDWORKS.....	56
CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	57
DISEÑO DE LA APLICACIÓN Y BASE DE DATOS.....	65
FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL	71
ESTUDIO CINEMÁTICO DEL SISTEMA	72
CONCLUSIONES.....	86
TRABAJO FUTURO.....	87
REFERENCIAS	88
ANEXOS	90
DIAGRAMA ELECTRÓNICO.....	90
PLANO ESTRUCTURA EN SOLIDWORKS.....	90

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Registro de datos de los pacientes del Hogar Geriátrico Rayito de Luz. ...	39
Tabla 2. Comparativa de precios de las placas en 3 tiendas electrónicas.....	43
Tabla 3. Tabla comparativa sensores de temperatura.	44
Tabla 4. Características Actuador Lineal	47
Tabla 5. Registro de amplitud y grados de apertura.	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grúa de transferencia fija para piscinas. (Ortopedia OrtoEspaña, 2021).....	22
Figura 2. Grúa estática de techo. (stsmedical, 2021).....	23
Figura 3. Grúa de transferencia móvil. (stsmedical, 2021).....	24
Figura 4. Actuador lineal eléctrico. (Linak-latinoamerica, 2021).....	24
Figura 5. Arnés dorso lumbar. (Ortopedia, 2021)	25
Figura 6. Percha marca SUNLIFT. (MIMAS, 2010)	26
Figura 7. Modulo Bluetooth. (Mechatronics, 2021).....	30
Figura 8. Driver Puente H L298N. (Mechatronics, 2021).....	31
Figura 9. Sensor IR 8x8 AMG8833 Panasonic. (Mechatronics, 2021).....	32
Figura 10. Celda de carga. (Electrónica, 2021).....	33
Figura 11. Puente de Wheatstone. (Manuel Romero Garcia, 2002).....	34
Figura 12. Registro fotográfico de la movilización del paciente. (Autor)	39
Figura 13. Diagrama del control del actuador lineal. (Autor).....	42
Figura 14. Celda de carga tipo S. [26]	45
Figura 15. Pantalla LCD. [25]	46
Figura 16. Actuador lineal eléctrico seleccionado.	47
Figura 17. Batería 12V Recargable. (Energy, 2021)	48
Figura 18. Prueba de funcionamiento modulo Bluetooth HC 06. (Autor)	49
Figura 19. Control de encendido y sentido de giro del motor. (Autor)	49
Figura 20. Conexión etapa de control y actuador lineal. (Autor)	51
Figura 21. Programación y calibración sensor AMG8833. (Autor).....	52
Figura 22. Acondicionamiento de la celda de carga tipo S. (Autor).....	53
Figura 23. Diseño a lápiz de la estructura de la grúa. (Autor)	56
Figura 24. Vista lateral en 3D de la estructura en SolidWorks (medidas en cm). (Autor)	57
Figura 25. Vista aérea en 3D en SolidWorks. (Autor)	57
Figura 26. Soldadura de la base. (Autor)	59
Figura 27. Montaje de las llantas. (Autor)	60
Figura 28. Montaje de la columna y brazo de la estructura. (Autor)	60
Figura 29. Prueba de funcionamiento con actuador lineal. (Autor).....	61
Figura 30. Pintura y acabados de las piezas. (Autor)	62
Figura 31. Estructura finalizada. (Autor).....	63
Figura 32. Programación en App Inventor, interfaz de la aplicación. (Autor)	66
Figura 33. Diseño y maquetación de la interfaz para la aplicación. (Autor)	66

Figura 34. Programación base de datos, en visual studio code. (Autor)	67
Figura 35. Interfaz de registro de usuario. (Autor)	67
Figura 36. Interfaz de registro de datos de pacientes. (Autor)	68
Figura 37. Interfaz base de datos. (Autor)	69
Figura 38. Registro de datos diarios del paciente. (Autor)	69
Figura 39. Diagrama de cuerpo libre. (Autor)	73
Figura 40. Diagrama de cuerpo libre para el punto de carga (A) y punto de rotación (B). (Autor)	74
Figura 41. DCL para el punto A con amplitud máxima. (Autor)	75
Figura 42. DCL para el punto A con amplitud media. (Autor)	76
Figura 43. DCL para el punto A con una amplitud mínima. (Autor)	77
Figura 44. Análisis de elementos finitos estructura. (Autor)	79
Figura 45. Análisis de elementos finitos brazo superior. (Autor)	80
Figura 46. Análisis de elementos finitos en columna principal. (Autor)	80
Figura 47. Análisis de desplazamiento en estructura. (Autor)	81
Figura 48. Análisis de desplazamiento en brazo superior. (Autor)	81
Figura 49. Análisis de desplazamiento en columna principal. (Autor)	81
Figura 50. Análisis de deformaciones unitarias en estructura. (Autor)	82
Figura 51. Análisis de deformaciones unitarias en brazo superior. (Autor)	82
Figura 52. Análisis de deformación en columna principal. (Autor)	83
Figura 53. Análisis del factor de seguridad en estructura. (Autor)	84

INTRODUCCIÓN

Una parte significativa de la población a nivel mundial pertenece a la tercera edad, la cual en su mayoría presentan ciertas enfermedades o han sufrido algún tipo de accidente, que afecta directamente su capacidad de movilizarse de manera autónoma, lo cual conlleva a que dependan de una persona que siempre este al cuidado de ellos, bien sea un enfermero o un cuidador primario. La implementación de grúas ortopédicas ha permitido mejorar la calidad de vida de las personas de la tercera edad con discapacidad motriz parcial o total, y para quienes se encargan de su cuidado ha sido de gran ayuda, permitiendo una fácil movilidad del paciente para asearlo o trasladarlo de un sitio a otro. Lastimosamente en un país como Colombia, en el mercado comercial las grúas ortopédicas son artículos que no se consiguen con facilidad y en ocasiones a costos muy elevados, negando el fácil acceso a las personas que lo necesitan. Un objetivo de la ingeniería es brindar soluciones a los problemas presentes en la sociedad, con esta finalidad se plantea el proyecto Desarrollo de un prototipo de grúa ortopédica móvil automatizado para el levantamiento y traslado de pacientes geriátricos., y realizar una adquisición de datos de temperatura y peso corporal, mediante la implementación de una aplicación móvil, que permite operar el sistema eléctrico y electrónico, para levantar y/o desplazar el paciente de un sitio a otro, adicional a ello se genera una adquisición de datos de la temperatura y peso corporal, para hacer un seguimiento de la salud de cada paciente.

En el presente libro de tesis de grado podrá encontrar inicialmente el marco teórico con toda la información pertinente para comprender el

funcionamiento de cada componente, seguido de ello, se organiza la metodología implementada dando cumplimiento al desarrollo de cada objetivo específico planteado, desde el proceso de selección e implementación de los componentes eléctricos y electrónicos, pasando por la etapa de diseño y construcción de la estructura de la grúa hasta finalizar con las pruebas de funcionamiento de la misma.

PROBLEMA

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), el término discapacidad abarca de manera general las limitaciones de la actividad, las deficiencias y las restricciones de participación. Las deficiencias son aquellos problemas que afectan a una estructura o función corporal, las limitaciones de la actividad son aquellas dificultades que se presentan para realizar acciones o tareas, y las restricciones de participación son las limitaciones o problemas que se presentan para participar en situaciones vitales (world health organization, 2021). La discapacidad físico-motora se puede definir como la dificultad presente en algunas personas para desarrollar actividades propias en su vida cotidiana, que surge del resultado de la interacción entre una dificultad específica para poder manipular objetos o acceder a diferentes lugares y actividades que realizan las demás personas (Alvares Casado, 2010). Las lesiones dorsolumbares forman parte de un problema muy común entre el personal sanitario y asistencial, la causa principal son las tareas diarias que realizan en la movilización manual de los pacientes que están a su cuidado, debido a la falta de implementos o equipos adecuados para facilitar dichas tareas. (Chiles, 2007)

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se pueden encontrar algunos dispositivos diseñados para facilitar el transporte de personas con capacidades menores, sin embargo algunos proyectos se enfocan más en el personal encargado del cuidado; pues se busca mediante dispositivos especializados como las grúas ortopédicas, facilitar las tareas diarias como el levantamiento y/o traslado de los pacientes de una cama a una silla de ruedas y viceversa, también busca reducir los riesgos de una posible caída del paciente al momento de realizar el traslado (CONADIS, 2018). Actualmente resulta complicado adquirir mecanismos para el traslado de personas con discapacidad físico motriz debido a los precios elevados y a la poca disponibilidad de unidades en los mercados locales. Con este proyecto dará solución a la problemática presente en el hogar geriátrico rayito de luz, la cual consiste en disminuir al máximo los riesgos en la salud física de los empleados causados por ejercer una mala postura y una fuerza excesiva al momento de realizar el levantamiento y/o desplazamiento de los pacientes.

DELIMITACIONES

Objetivo General

- Desarrollo de un prototipo de grúa ortopédica móvil para el levantamiento y traslado de pacientes geriátricos.

Objetivos Específicos

- Definir e Implementar el sistema eléctrico y electrónico para la automatización de la grúa ortopédica.
- Diseñar y construir la estructura de una grúa ortopédica móvil.
- Desarrollar una aplicación móvil para la manipulación de la grúa ortopédica y la adquisición de datos de peso y temperatura corporal.
- Verificar el funcionamiento estructural de la grúa ortopédica mediante el uso de la aplicación móvil.

ACOTACIONES

- La estructura de la grúa ortopédica será funcional solo para el levantamiento y/o traslados de los pacientes mediante una aplicación para celular.
- La adquisición y registro de datos se realizará únicamente para registrar datos personales del paciente, su temperatura y peso corporal.
- La implementación del prototipo se realizará en las instalaciones del hogar geriátrico rayito de luz, ubicado en la ciudad de Villavicencio.
- El desarrollo del prototipo estará regido bajo la norma técnica colombiana NTC-ISO 9999, que establece la clasificación de dispositivos de asistencia personal (ayudas técnicas) para la población con limitación.

CAPITULO 1

Este capítulo contiene toda la información teórica y técnica necesaria que se debe tener como base para el desarrollo del proyecto de grado.

1. REFERENTES TEÓRICOS

ANTECEDENTES

ANTECEDENTES NACIONALES

Navas (2020). Desarrollo de un sistema grúa de techo para facilitar el traslado en el hogar de pacientes con distrofia muscular de Duchenne.

Resumen: Este proyecto tiene como objetivo realizar los diseños y construir un sistema grúa de techo, la cual facilita el desplazamiento de pacientes discapacitados con distrofia muscular de Duchenne (DMD) que presenten un peso entre 20 y 150 kg, de tal forma que ayuda contribuir a mejorar la calidad de vida de dichas personas.

También permite a pacientes que aún no presentan una dependencia de la movilidad muy avanzada, puedan realizar el desplazamiento de forma autónoma, volviéndolos más autosuficientes evitando que no dependan de terceras personas, generando en ellos un beneficio psicológico y ofreciéndoles una mejor calidad de vida.

Las grúas de techo presentan un sistema de mayor seguridad, son más confortables y sostenibles para la persona beneficiada y para las personas que los asisten. Además, estas permiten realizar una variación de su elevación y altura, convirtiendo la transferencia de una persona en una actividad mucho más rápida, eficaz y fluida a diferencia de un sistema manual. El diseño fue creado para lograr un estructura muy compacta y lo más robusta posible, de tal forma que se pueda brindar mayor seguridad en el transporte del paciente. (David, 2020)

Camargo, Ochoa (2015) Proyecto Melissa.

Resumen: En el presente proyecto se da a mostrar el diseño de una estructura que ayuda de forma mecánica al realizar el traslado de pacientes con un peso corporal superior en la fundación Hogar Fervor, lo cual permite facilitar las condiciones de trabajo para los cuidadores y los mismos pacientes. (Ochoa, 2015)

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Álvarez (2019) Diseño de un sistema de grúa eléctrica para el manejo y traslado de pacientes con movilidad limitada.

Resumen: El proyecto de investigación tiene sus bases en la etapa de diseño de la estructura de una grúa eléctrica de elevación, movilización y traslado de personas con movilidad limitada brindando condiciones laborales ergonómicas, reduciendo de esta manera los riesgos en la movilización del paciente en el hospital general de Quevedo “SAGRADO CORAZÓN DE JESÚS”. Mediante el estudio de ponderación se evaluó diferentes criterios (manipulación, tamaño, capacidad, mantenimiento y precio) para obtener la alternativa más confiable, la Grúa Ortopédica Con Actuador Lineal Eléctrico es la mejor alternativa por su tamaño y fácil proceso de manejo y traslado de pacientes, el diseño se realizó a través del software CAD-CAM el cual permite elaborar cada una de las partes principales de la estructura y sus mecanismos. La grúa funciona mediante un actuador lineal mismo que puede elevar y descender la extremidad superior que soporta el arnés que sostiene al paciente, posee una capacidad máxima de carga de 184kg. Personal médico puede utilizarla

con facilidad sin que se presenten riesgos. Para la apertura de las patas de la grúa, se debe accionar el mecanismo en la parte inferior con el pie, situar la grúa ortopédica a lado del paciente, colocar el arnés y elevar al paciente mediante el sistema eléctrico, luego se puede movilizar la maquina hasta el destino deseado. El diseño de la grúa ortopédica con actuador lineal eléctrico se realiza en software de diseño mecánico 3D dimensionando la geometría de las piezas que constituyen la máquina, con la asistencia de la interfaz de elementos finitos (FEA) se realiza el análisis de la estructura y componentes del mecanismo de elevación, verificando que la maquina soporta la máxima carga para la cual fue diseñada. En la investigación se adjunta un informe detallado del valor total que se requiere para la creación de la máquina. Palabras claves: Ergonomía, maquina, movilización de pacientes, mecanismo. (Espinoza Delgado, 23-jul-2019)

Avilez (2019) Diseño, construcción e implementación de una grúa móvil para el transporte de personas con discapacidad.

Resumen: En el anterior trabajo de grado se puede visualizar el proceso del diseño, la construcción e la ejecución de una estructura de grúa móvil para el transporte de los pacientes que presentan una discapacidad en la fundación Pequeñitos de OSSO. La etapa de diseño, el proceso de simulación y la validación se hacen mediante el software de ingeniería: Adams View, Autodesk Inventor y AutoCAD Mechanical. La etapa de construcción de la estructura se realizó con manufactura

tradicional, además se hizo un análisis de los precios por unidad logrando evidenciar que la grúa no tuvo un costo elevado en su producción, obteniendo un producto de buena calidad y que cumple con sus funciones. (Avilez Arévalo, 2019)

OPERACIÓN MANUAL DE CARGAS Y DE PACIENTES

La acción de alzar, poner, halar o mover una carga viva (animales o personas) o estática realizada de manera individual o grupal se le conoce como manipulación de cargas.

A manera general se pide realizar la manipulación de forma manual con pesos que no superen los 30 kg, sin embargo, este límite de carga puede variar en las mujeres y los menores en donde se recomienda no superar un límite de 15 kg. Sí se supera el límite máximo recomendados, es fundamental seguir algunas recomendaciones: (Iso.org, 2003)

- Realizar el levantamiento de la carga con la ayuda de una o más personas.
- Mejorar la posición del cuerpo al momento de realizar el levantamiento.
- Utilizar estructuras que le faciliten realizar el trabajo de manera autónoma.

Una mala manipulación manual de cargas, puede generar lesiones con un alto grado de afectación sobre las personas, en partes delicadas como la columna; algunas afectaciones son: (Almeida, 2009)

- Síndrome del túnel carpiano
- Espondilolistesis

- Lumbalgias
- Hernias discales
- Lumbociatalgias

La manipulación de forma manual por parte del cuidador hacia los pacientes, hace alusión a la movilización, la ubicación o el empuje de los pacientes que se encuentran en una posición a otra desplazándolos de un lugar a otro, las consideraciones de la manipulación manual de pacientes de igual forma aplican en este asunto; la movilidad de las personas constituyen un factor principales de riesgo que generan lesiones en la zona lumbar, entre las tareas con un alto grado de accidentalidad destacan: (Villarroya, 2012)

- Sobreponer o mover un paciente sobre la cama
- Mover al paciente en posturas inadecuadas y realizar desplazamiento hacia la parte superior de la cama
- Traspasar a un paciente de una camilla a una silla de ruedas
- Trasponer a un paciente de una silla de ruedas a un baño o inodoro
- Alzar un paciente en posición sentado a posición en pie

TIPOLOGÍA DE GRÚAS DE TRANSFERENCIA

GRÚA ESTÁTICA

Es un dispositivo de grúa fija, que se encuentra anclado en el piso o incrustado en la pared, son utilizadas para realizar el traslado en la misma área donde se encuentra, por ejemplo, de una silla de ruedas al interior de una piscina o ducha y viceversa; en la mayoría de este tipo grúas se puede realizar un giro de 360°. (Astudillo, 2019)



Figura 1. Grúa de transferencia fija para piscinas. (Ortopedia OrtoEspaña, 2021)

GRÚA DE TECHO

Este tipo de grúa se encuentra fija al techo, cuenta con un sistema de rieles para realizar su desplazamiento, y la distancia del recorrido depende de la necesidad presente en la movilidad del paciente; son muy dinámicas y su aplicación se realiza desde el anclaje a techos reforzados los cuales soportan el peso de la estructura es funcionamiento. (Astudillo, 2019)



Figura 2. Grúa estática de techo. (stsmedical, 2021)

GRÚA MÓVIL

Estos dispositivos permiten la elevación y el traslado de los pacientes desde un lugar a otro. Consta de rodachinas en sus bases que facilitan su movilidad, en la suma de los diseños de esta clase de grúas, se puede ajustar la abertura de sus bases, esto para poder acercar una silla de ruedas o una cama. De acuerdo con las necesidades de los pacientes se adaptan sistemas y mecanismos para mejorar la manipulación y el traslado del paciente. (Astudillo, 2019)



Figura 3. Grúa de transferencia móvil. (stsmedical, 2021)

ACTUADOR LINEAL

Los actuadores lineales son dispositivos que convierten el movimiento rotatorio de un motor, en un movimiento lineal, convierte energía de los sistemas hidráulicos, neumáticos o el movimiento de un motor dc en movimientos de halado y empuje; lo cual permite aplicar acciones de elevación, inclinación, ajuste, empuje, de un punto a otro, la implementación de un actuador lineal es más fácil que los motores con sistemas hidráulicos y el espacio que se requiere es menor, debido a que no cuenta con mangueras o bombas. (Linak-latinoamerica, 2021)



Figura 4. Actuador lineal eléctrico. (Linak-latinoamerica, 2021)

ARNÉS

La mayoría de arneses se diseñan con piezas de telas de hilos de poliéster recubiertas con PVC. Estos hacen que la movilidad de los pacientes de un lugar a otro se realice de forma segura, más aún para aquellas personas que presentan una movilidad muy escasa. Son de muy fácil aplicación lo que permite al cuidador una fácil manipulación del

paciente. (farmaconcejos, 2015)



Figura 5. Arnés dorso lumbar. (Ortopedia, 2021)

PERCHAS

La percha es un elemento de acero con diseños muy diversos, es muy importante la selección del material que lo conforma, ya que su función es permitir colgar o enganchar el arnés para facilitar el levantamiento de los usuarios de la grúa ortopédica suspendiéndolos en el aire. Para una correcta postura al momento de sentar el paciente también influye un buen diseño de la percha. (Bars, 2020)



Figura 6. Percha marca SUNLIFT. (MIMAS, 2010)

DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES

Se posee información acerca de que las primeras aplicaciones se percibían finalizando los años 90; las cuales no eran aplicaciones para teléfonos con mucha tecnología, principalmente era para los analógicos. Los cuales contaban con juegos clásicos como el tetris, la agenda, editores de tonos, entre otras, fueron de las primeras aplicaciones para móviles, pues efectuaban funciones básicas a diferencia con los teléfonos que se encuentran en la actualidad, sin embargo, significaron un gran avance en su época y sirvieron como base para lograr grandes desarrollos.

Las mejoras tecnológicas en las redes de los operadores y en dispositivos telefónicos móviles, está generando una gran demanda en el uso de nuevos servicios. Servicios que buscan solucionar problemas específicos presentes en áreas empresariales (m-business), académicas, de salud, de tipo social y comerciales (m-commerce). (Gasca Mantilla, 2014)

PROGRAMACIÓN PHP

PHP (Hypertext Preprocessor) es un tipo de lenguaje el cual se basa en código abierto que se usa principalmente para el desarrollar páginas web y permite ser incrustado en HTML. La principal razón de la popularidad de PHP es que permite un amplio soporte para los diferentes tipos de bases de datos. Dicho soporte permite facilitar a los

desarrolladores crear sitios fundamentados en bases de datos y así poder generar nuevos prototipos de aplicaciones Web con una mayor rapidez y eficiente. (Muñoz, 2013)

PHP soporta gran cantidad de motores de bases de datos, incluidos Microsoft SQL Server, IBM DB2, PostgreSQL, MySQL y Oracle. Una ventaja de utilizar PHP es su extrema simplicidad para los principiantes, pero a su vez ofrece muchas características avanzadas para los programadores profesionales. (Muñoz, 2013)

FRAMEWORK

Es un conjunto componentes y de estructuras de software interconectados y predefinidos que sirven de gran ayuda para el desarrollo y la organización de sistemas con propósitos generales. Los frameworks se les conoce por que se pueden emplear para crear cualquier tipo de sistema, ya que, al estar orientado a propósitos frecuentes, no tienen conceptos de una orientación en específico. (Ciceri, 2019)

VISUAL STUDIO CODE

Es un potente editor de código fuente muy ligero desarrollado por Microsoft, el cual está disponible para todos los sistemas operativos y se ejecuta desde el escritorio de la computadora. Incluye un control integrado de Git, resaltando la síntesis, un soporte para la depuración, finalización inteligente de código, y refactorización de código. Presenta un excelente soporte el cual viene incorporado para usar con Node.js, TypeScript y Java Scrip, y presenta un amplio ecosistema de extensiones que se pueden aplicar para otros lenguajes (como Java, Python, C++, C#, Go,

PHP) y tiempos de ejecución. (Code, 2021)

ANDROID STUDIO

Es un entorno de desarrollo integrado (IDE) muy potente que ofrece un editor de código y herramientas para desarrolladores de IntelliJ. Es el software oficial para el desarrollo de apps para Android y está basado en IntelliJ IDEA. Android Studio ofrece muchas más funciones que elevan tu producción cuando desarrollas apps basadas en Android, como las siguientes: (Developers, 2021)

- Compatibilidad con C++ y NDK
- Un sistema de compilación basado en Gradle
- Un emulador rápido y cargado de funciones
- Un entorno unificado donde puedes desarrollar para todos los dispositivos Android

MICROCONTROLADOR

Se define como un microcontrolador a un circuito integrado programable el cual en su interior tiene presentes todos los componentes de una computadora. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su tamaño reducido, generalmente se encuentra incorporado en el dispositivo al que se va a controlar. En su memoria solo reside un programa destinado a realizar una aplicación determinada; Sus conexiones de entrada y salida soportan la implementación de sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos recursos adicionales disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Se puede decir que es un computador

dedicado. Una vez se realiza la programación y la respectiva configuración nuestro microcontrolador servirá solamente para administrar la tarea asignada. (Jose Maria Angulo Usategui, 2005)

ARDUINO.CL

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla. Se han fabricado diferentes modelos de placas de Arduino oficiales, cada una pensada con un propósito diferente y características variadas. (Arduino.cl, 2021)

MÓDULO BLUETOOTH

Este módulo nos permite conectar nuestros proyectos con Arduino a un Smartphone, celular o PC de forma inalámbrica (Bluetooth), con la facilidad de operación de un puerto serial. La transmisión se realiza totalmente transparente al programador, por lo que se conecta en forma directa a los pines seriales de nuestro microcontrolador preferido. Todos los parámetros del módulo se pueden configurar mediante comandos AT. La placa incluye un regulador de 3.3V, que permite alimentar el módulo con un voltaje entre 3.6V – 6V. Es un excelente módulo para aplicaciones de robótica, domótica y control remoto con Arduino, PIC, Raspberry PI, ESP8266, ESP32, STM32, entre otros. (Mechatronics, 2021)

Especificaciones técnicas:

- Voltaje de operación: 3.6V – 6V DC

- Consumo de corriente: 50mA
- Bluetooth: V2.0
- Frecuencia: Banda ISM 2.4GHz
- Potencia de transmisión: 4dBm, Class 2
- Alcance: 10 m
- Interface comunicación: Serial TTL



Figura 7. Modulo Bluetooth. (Mechatronics, 2021)

DRIVER PUENTE H L298N

Es el módulo más utilizado para manejar motores DC de hasta 2 amperios. El chip L298N internamente posee dos puentes H completos que permiten controlar 2 motores DC o un motor paso a paso bipolar/unipolar. Permite controlar el sentido y velocidad de giro de motores mediante señales TTL que se pueden obtener de microcontroladores y tarjetas de desarrollo como Arduino, Raspberry Pi o Launchpads de Texas Instruments. Posee internamente un regulador de voltaje LM7805 de 5V encargado de alimentar la parte lógica del L298N,

el uso de este regulador se hace a través de un Jumper y se puede usar para alimentar la etapa de control. (Mechatronics, 2021)

Especificaciones técnicas:

- Chip: L298N
- Voltaje lógico: 5V
- Voltaje de potencia (V motor): 5V – 35V DC
- Consumo de corriente (lógico): 0 a 36mA
- Capacidad de corriente: 2A (picos de hasta 3A)
- Potencia máxima: 25W

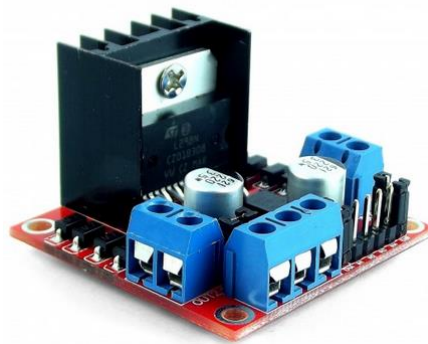


Figura 8. Driver Puente H L298N. (Mechatronics, 2021)

SENSOR IR 8X8 AMG8833

Es un sensor de cámara térmica IR térmica de Panasonic. Utiliza un arreglo de sensores térmicos IR distribuidos en 8 filas por 8 columnas. Es como una cámara térmica pero solo de 64 pixeles, esto permite una fácil integración para agregar visión térmica a proyectos con Arduino o plataformas similares. El sensor se comunica por I2C y se puede leer de forma independiente cada pixel del sensor, obtenido de 64 lecturas de temperatura infrarrojas individuales. (Mechatronics, 2021)

Especificaciones técnicas:

- Voltaje de operación: 3V – 5V
- Consumo de corriente: 4.5mA
- Rango de temperatura: 0°C a 80°C
- Ángulo de visión: 60°
- Distancia máxima de detección: 7 m (Objetos grandes)
- Número de píxeles: 64 (8x8)
- Protocolo de comunicación: I2C



Figura 9. Sensor IR 8x8 AMG8833 Panasonic. (Mechatronics, 2021)

CÉLULA DE CARGA (CELDA DE CARGA)

Las celdas de carga con fabricadas con galgas extensometricas, dichas galgas funcionan como un sensor que nos capta la variación de pequeñas corrientes a medida que se ejerce una fuerza y se deforma el material al cual están adheridas. Es un tipo de transductor de fuerza que convierte una fuerza mecánica de entrada, como peso, compresión, tensión o carga, en una señal de salida eléctrica que se puede medir, convertir y estandarizar. A medida que aumenta la fuerza aplicada al sensor, la señal eléctrica cambia proporcionalmente. (Electrónica, 2021)

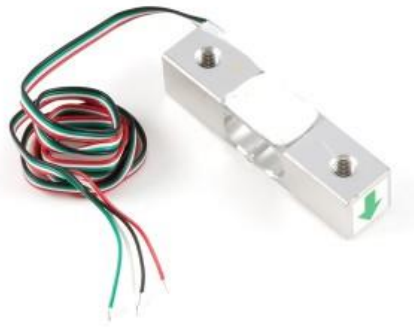


Figura 10. Celda de carga. (Electrónica, 2021)

GALGA EXTENSOMÉTRICA Y PUENTE DE WHEATSTONE

Una galga extensométrica es un sensor cuyo funcionamiento se basa en el efecto piezorresistivo, en el cuál un esfuerzo aplicado a la galga producirá una deformación y una variación en su resistencia eléctrica. A continuación, es necesario la implementación de un transductor para interpretar estas variaciones en la resistencia eléctrica presente en la galga y se pueda transformar en valores de deformación. Habitualmente los resultados que se obtienen están dados en micro deformaciones ($\mu\epsilon$) pero esto depende de la resolución y capacidad del transductor. (Manuel Romero Garcia, 2002)

TIPOS DE GALGAS

Existen algunos tipos de galgas extensométricas que siempre fueron desarrolladas a medida que las teorías en la óptica, acústica, neumática, eléctrica y mecánica avanzaban. Las galgas más utilizadas actualmente en los centros de investigación son las galgas eléctricas. Las galgas se clasifican según su aplicación: (Manuel Romero Garcia, 2002)

- Galgas ópticas

- Galgas eléctricas
- Galgas acústicas
- Galgas mecánicas

El **Puente de Wheatstone** es el transductor utilizado en este tipo de aplicaciones donde se involucran la toma de mediciones de deformaciones (micro deformaciones) mediante el uso de galgas extensométricas.

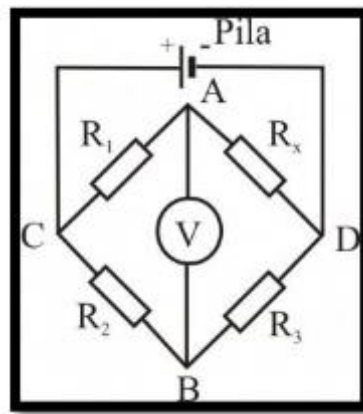


Figura 11. Puente de Wheatstone. (Manuel Romero Garcia, 2002)

Este es un circuito muy llamativo, utilizado en tareas de medición del valor en componentes pasivos como por ejemplo las resistencias. Se trata de tres resistencias conocidas y una resistencia cuyo valor es desconocido, las cuales se conectan entre sí formando una especie de diamante. Mediante dos puntos opuestos del circuito se aplica una corriente continua, y se conecta un galvanómetro a los otros dos puntos para tomar la medición. Cuando se logran nivelar las resistencias, las corrientes que fluyen por los dos brazos del circuito se igualan, lo que elimina el flujo de corriente, el puente puede ajustarse a cualquier valor de

la resistencia desconocida, que se calcula a partir de los valores de las otras resistencias. El puente de Wheatstone se usa para medir las inductancias y las capacitancias en circuitos electrónicos. (Manuel Romero Garcia, 2002)

NORMATIVA COLOMBIANA

Norma técnica colombiana NTC-ISO 9999, que establece la clasificación de dispositivos de asistencia personal (ayudas técnicas) para la población con limitación.

NORMATIVA DE MATERIALES

Norma ASTM A36

La norma ASTM A36 indica que este tipo de acero estructural, es un acero al carbono, el cual se utiliza en las construcciones de estructuras como edificios remachados, soldados o atornillados, puentes, estructuras metálicas, entre otras aplicaciones.

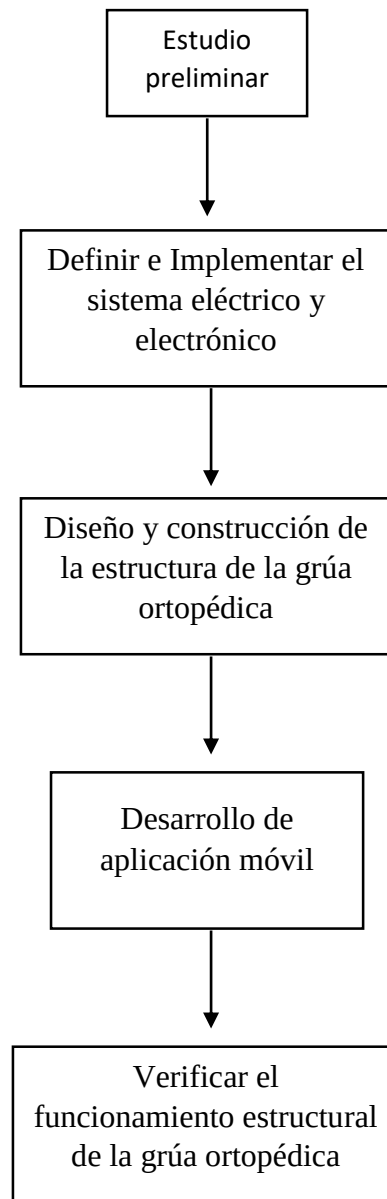
La norma se aplica a una gran variedad de perfiles estructurales laminados en caliente y a placas con el factor de calidad alto. Tiene presente un esfuerzo de ruptura mínimo en tensión de 4.080 kg/cm² a 5.620 kg/cm² (400 a 550 MPa, 58 a 80 ksi), y un esfuerzo de fluencia de 2.530 kg/cm² (250 MPa, 36 Ksi), con una soldabilidad adecuada. (Mexico, 2013)

Norma ASTM A500

Este tipo de acero se encuentra disponible en tubos de

sección circular hueca HSS formados en frío en tres grados, como también en los mismos grados de tubos HSS formados en frío, de sección rectangular y cuadrada. Las propiedades que presentan estos tubos rectangulares y cuadrados HSS difieren de los circulares HSS. El grado que se tiene más común presenta un esfuerzo de fluencia y una resistencia de ruptura a la tensión de 46 y 58 ksi (320 MPa o 3.200 kg/cm², y 405 MPa o 4.100 kg/cm²). (Mexico, 2013)

ESQUEMA DE IMPLEMENTACIÓN



ESTUDIO PRELIMINAR

ESTUDIO DE OBSERVACIÓN

Mediante una serie de visitas a las instalaciones del Hogar Geriátrico Rayito de Luz, se realizan unas tareas de observación para evidenciar las labores diarias realizadas por los cuidadores y/o enfermeras con los pacientes geriátricos, con el objetivo de identificar una necesidad a la cual se pueda dar solución mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos en la ingeniería electrónica.

IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

Finalizado el estudio de observación, se obtiene como resultado la necesidad del diseño una estructura que les facilite el levantamiento y la movilidad de los pacientes con discapacidad física motriz dentro de las instalaciones, para mejorar el desarrollo de dichas tareas y evitar al máximo posibles lesiones físicas en el personal encargado, por efectos de alguna postura indebida o fuerza excesiva.



Figura 12. Registro fotográfico de la movilización del paciente. (Autor)

Se realizó la recolección de la información más relevante de los pacientes que se encuentran en las instalaciones del hogar geriátrico, con el objetivo de conocer el tipo de discapacidad y su nivel de afectación para su libre movilidad (Véase Tabla 1).

Tabla 1. Registro de datos de los pacientes del Hogar Geriátrico Rayito de Luz.

Paciente	Peso (Kg)	Estatura (m)	Tipo de discapacidad	Porcentaje de discapacidad	Grado de dependencia
1	35.6	1.48	Intelectual	90%	Leve
2	38.2	1.50	Intelectual	90%	Leve
3	43.5	1.45	Física e intelectual	85%	Grave

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE GRÚA ORTOPÉDICA MÓVIL AUTOMATIZADA
PARA EL LEVANTAMIENTO Y TRASLADO DE PACIENTES GERIÁTRICOS**

4	41.9	1.53	Física e intelectual	90%	Grave
5	42.1	1.47	Física e intelectual	70%	Leve
6	50.3	1.55	Física	90%	Grave
7	48.4	1.68	Física e intelectual	80%	Grave
8	51.2	1.43	Física	95%	Grave
9	54.8	1.62	Intelectual	70%	Leve
10	58.0	1.67	Física	85%	Grave
11	62.8	1.73	Intelectual	90%	Leve
12	52.5	1.66	Física	70%	Leve

CAPITULO 2

En capitulo contiene la selección y la implementación de los componentes eléctricos y electrónicos necesarios para el funcionamiento de la estructura.

SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

DISEÑO ETAPA DE CONTROL

En el diseño de la etapa de control (Ver Anexo 1. Etapa de control) se usará un microcontrolador de arduino para procesar la transmisión de datos provenientes de la aplicación móvil mediante la comunicación de un módulo bluetooth, la cual permite enviar una señal al módulo de potencia para controlar el giro del actuador lineal y así realizar la extensión o contracción del actuador para subir o bajar la estructura de la grúa.

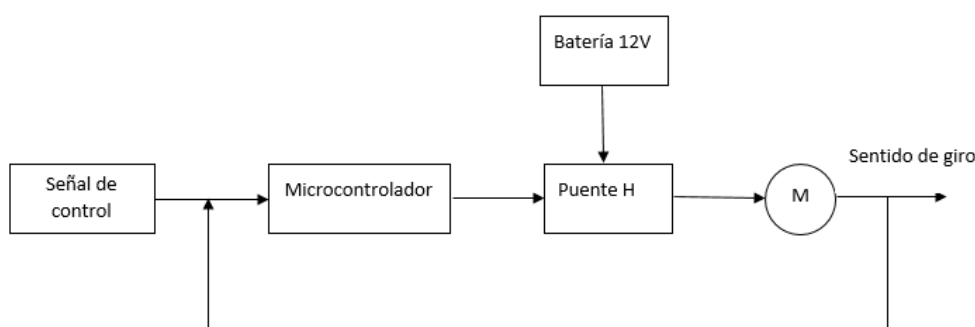


Figura 13. Diagrama del control del actuador lineal. (Autor)

SELECCIÓN DE COMPONENTES

PLACA DE ARDUINO UNO

La placa de Arduino Uno, cumple con las funciones básicas requeridas en el proyecto, ya que cuenta con pines de conexión de entradas/salidas analógicas y digitales suficientes para las conexiones a utilizar y, además, su costo en el mercado (Véase tabla 2) es el más asequible a diferencia de otras placas con diferente sistema embebido, y por su tamaño se hace fácil la ubicación dentro de la estructura de la

grúa.

Tabla 2. Comparativa de precios de las placas en 3 tiendas electrónicas.

PLACAS	TIENDAS DE ELECTRÓNICA		
	Vistrónica	Didácticas Electrónica	Electronilab
Arduino Uno	\$24.848	\$26.322	\$23.500
Psoc 5	\$82.400	\$93.177	\$78.900
Raspberry Pi	\$145.665	\$152.100	\$143.300

MODULO BLUETOOTH HC-06

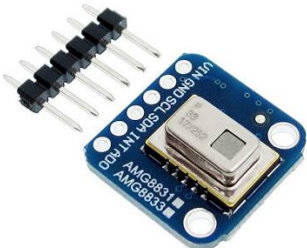
Este módulo permite realizar una fácil conexión entre Arduino y un smartphone o PC de forma inalámbrica, las conexiones físicas como alimentación y puertos seriales son muy sencillas de realizar, por su pequeño tamaño no ocupa mucho espacio dentro del proyecto.

CÁMARA TÉRMICA (SENSOR IR 8X8 AMG8833)

Existen gran variedad de sensores de temperatura, así mismo los precios y características pueden variar según los modelos, ya que encontramos algunos de uso industrial y otros de gama baja para proyectos que no demandan mucho trabajo. En este caso se seleccionó la cámara térmica que incluye un sensor AMG8833 de Panasonic, el cual permite trabajar con un buen rango de distancia para la toma de datos, y adicional permite hacer conexión con pantallas lcd's para visualizar la imagen captada por la cámara y

observar la silueta del objeto al cual le estamos tomando la temperatura.

Tabla 3. Tabla comparativa sensores de temperatura.

SENSOR	CARACTERISTICAS	PRECIO	IMAGEN DE REFERENCIA
MLX90614	Rango temp ambiente: -40°C a 125°C Rango temp objeto: -70°C a 380°C Distancia aprox: 3 a 5 cm Resolución: +/- 0.5°C	\$53.700	
MLX90640	Rango temp ambiente: -40°C a 85°C Rango temp objeto: -40°C a 300°C Distancia aprox: 10 m Resolución: +/- 1°C	\$375.200	
AMG8833	Rango temp ambiente: -20°C a 80°C Rango temp objeto: -20°C a 80°C Distancia aprox: 7 m Resolución: +/- 0.25°C	\$135.000	

MÓDULO L298N

Es un módulo económico y de fácil adquisición, ideal para el control de giro y velocidad de motores DC y motores paso a paso, ya

que trae incorporado dos canales de Puente H y unos diodos de protección, esto reduce la implementación de otros módulos. Su configuración y conexión es de fácil comprensión.

CELDA DE CARGA TIPO S

Existen varios tipos de celdas de carga, que han sido diseñadas para ser utilizadas desde proyecto educativos hasta proyectos o aplicaciones a nivel industrial. En el campo de la medicina es común ver aplicaciones con estas celdas; para este proyecto la celda de carga tipo S, es la ideal pues, permite sostener la carga en el aire y realizar la toma de datos mediante la distorsión y compresión de su material. Por su forma en S, permite la fácil instalación en el proyecto.



Figura 14. Celda de carga tipo S. [26]

PANTALLA LCD

Es utilizada para visualizar la información generada por los sensores que intervienen en el proyecto. Es compatible con Arduino, su conexión y configuración es de fácil comprensión, además por su

tamaño se hace fácil la ubicación junto a los demás componentes. Es un dispositivo muy económico y se consigue muy fácil en el mercado.



Figura 15. Pantalla LCD. [25]

ACTUADOR LINEAL ELÉCTRICO

En el mercado existen gran variedad de actuadores de diferentes tipos como por ejemplo los actuadores neumáticos, hidráulicos y eléctricos. En este caso para el prototipo de la grúa ortopédica se ha seleccionado un actuador lineal eléctrico, pues por sus características cumple con los requerimientos para un correcto funcionamiento del prototipo.



Figura 16. Actuador lineal eléctrico seleccionado.

Tabla 4. Características Actuador Lineal

Modelo	JS-TGZ-U3
Carga máxima	6000 N
Protección	IP54
Voltaje	DC 12V
Velocidad sin carga	Max. 5 mm/s
Tasa de carga nominal	5 mm/s (600 kg)
Temperatura de uso	-26°C a 65°C
Longitud de carrera	500 mm

BATERÍA RECARGABLE

Por la funcionalidad y libre desplazamiento que se desea en el prototipo de la grúa, es necesario no contar con una conexión de alimentación directa a la red eléctrica para evitar enredos y tropiezos de cables con la estructura, es por esto que se decidió trabajar con baterías recargables de 12V, pues permiten una fácil alimentación al sistema y reducimos excesos de cableados facilitando la libre manipulación de la estructura dentro de las instalaciones.



Figura 17. Batería 12V Recargable. (Energy, 2021)

IMPLEMENTACIÓN

En esta etapa se realizó el acondicionamiento, la programación y la verificación de los componentes electrónicos, evaluando el buen estado y correcto funcionamiento ya que algunos componentes ya se habían utilizado en otros proyectos.

Programación del módulo bluetooth con conexión a una placa de Arduino uno, para la verificación de su correcto funcionamiento; se usaron unos diodos leds para visualizar la transferencia de datos desde una aplicación de Android y mediante la herramienta de Arduino monitor serie se evidencia en tiempo real los datos que se reciben mediante la comunicación bluetooth.

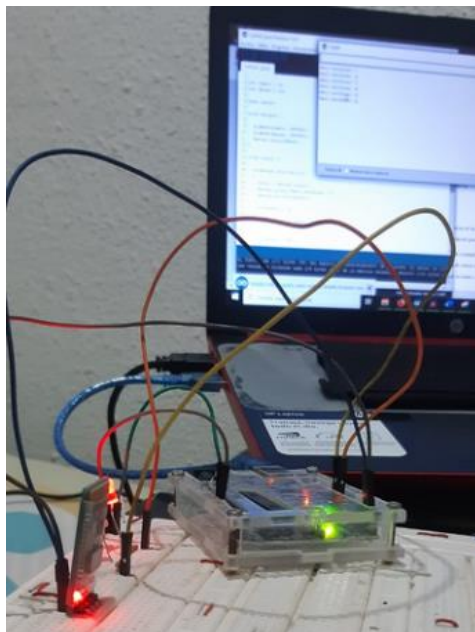


Figura 18. Prueba de funcionamiento modulo Bluetooth HC 06. (Autor)

En el siguiente paso se realizan las conexiones del módulo L298N a la etapa anterior, esto para implementar el control de encendido y el sentido de giro de un motor, verificando que la comunicación mediante el módulo bluetooth sea correcta, y el comportamiento de los componentes sea el esperado.

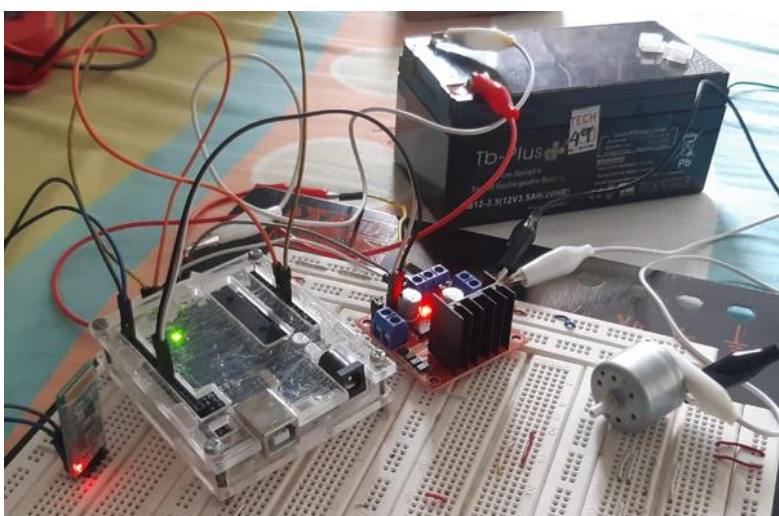


Figura 19. Control de encendido y sentido de giro del motor. (Autor)

Se realizó la conexión de la etapa de control con el actuador lineal instalado en la estructura de la grúa, para verificar la funcionalidad de las etapas involucradas hasta el momento, y así evaluar si es necesario realizar algún cambio pertinente.

Se agrega a continuación el esquema electrónico de las conexiones realizadas entre el modulo bluetooth, la placa de arduino, el controlador y el actuador lineal.

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE GRÚA ORTOPÉDICA MÓVIL AUTOMATIZADA PARA EL LEVANTAMIENTO Y TRASLADO DE PACIENTES GERIÁTRICOS

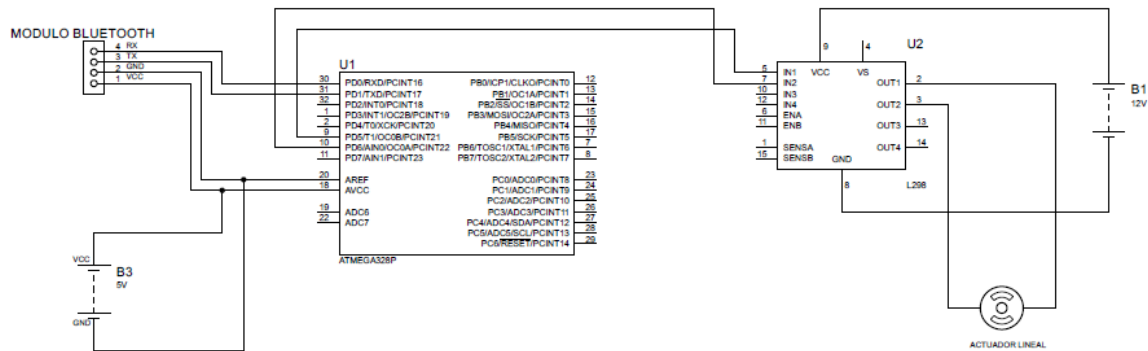


Figura 20. Diagrama electrónico conexiones etapa de control. (Autor)

En la figura 20, se puede observar cómo se realizaron las conexiones entre los diferentes componentes que intervienen en esta etapa de control; el modulo bluetooth se conecta a la placa de arduino mediante los pines digitales 30 y 31, esto para realizar la comunicación entre la aplicación y el sistema electrónico; seguido de ello se conecta el modulo controlador del actuador lineal a los pines 10 y 11 de la placa arduino, y se conecta el actuador lineal a las salidas OUT1 y OUT2 del controlador para activar su funcionamiento; por ultimo realizamos las conexiones de alimentación a cada componente.

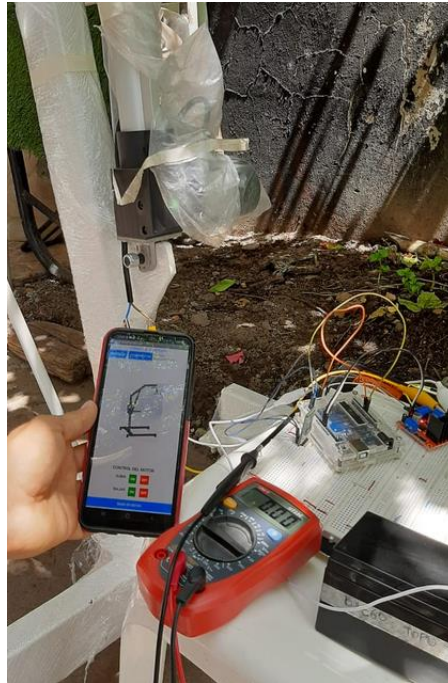


Figura 21. Conexión etapa de control y actuador lineal. (Autor)

Como se logra evidenciar (figura 21 - 22), se realizó la programación y acondicionamiento del sensor térmico amg8833 y la celda de carga tipo S, mediante conexión con la placa de Arduino uno.

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE GRÚA ORTOPÉDICA MÓVIL AUTOMATIZADA PARA EL LEVANTAMIENTO Y TRASLADO DE PACIENTES GERIÁTRICOS

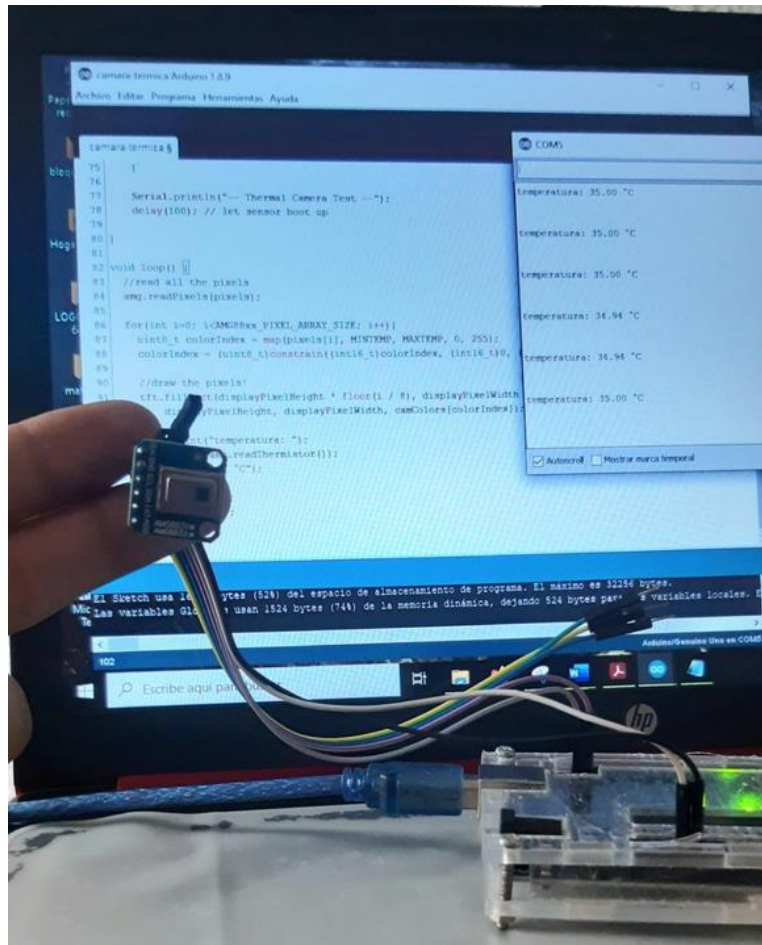


Figura 22. Programación y calibración sensor AMG8833. (Autor)

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE GRÚA ORTOPÉDICA MÓVIL AUTOMATIZADA PARA EL LEVANTAMIENTO Y TRASLADO DE PACIENTES GERIÁTRICOS

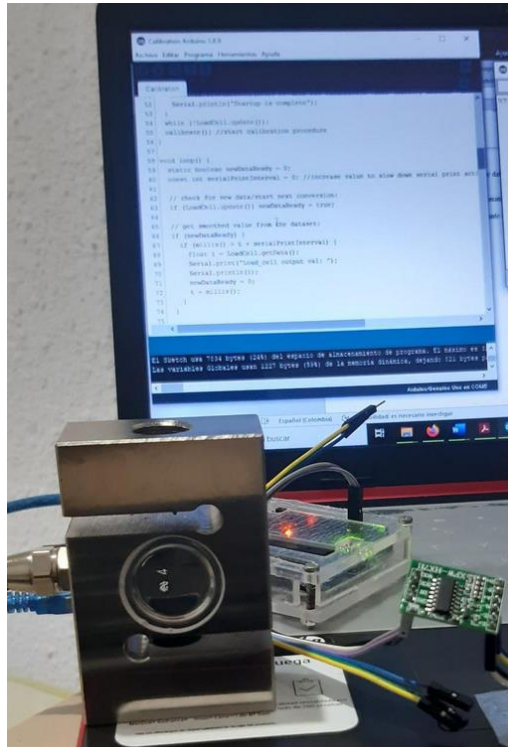


Figura 23. Acondicionamiento de la celda de carga tipo S. (Autor)

CAPITULO 3

En este capítulo se encuentra agregado el diseño de los planos mediante el software SolidWord y el proceso de construcción de la estructura de la grúa ortopédica.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

DISEÑO DEL PROTOTIPO

Para el diseño del prototipo de grúa ortopédica móvil se realizó un bosquejo a lápiz a escala para plasmar las medidas de la estructura, tomando en cuenta los espacios de libre movilidad dentro de las instalaciones, para luego plasmar este bosquejo en el software de modelado en 3D y poder visualizar el resultado final, antes de la creación en físico con los materiales adecuados.

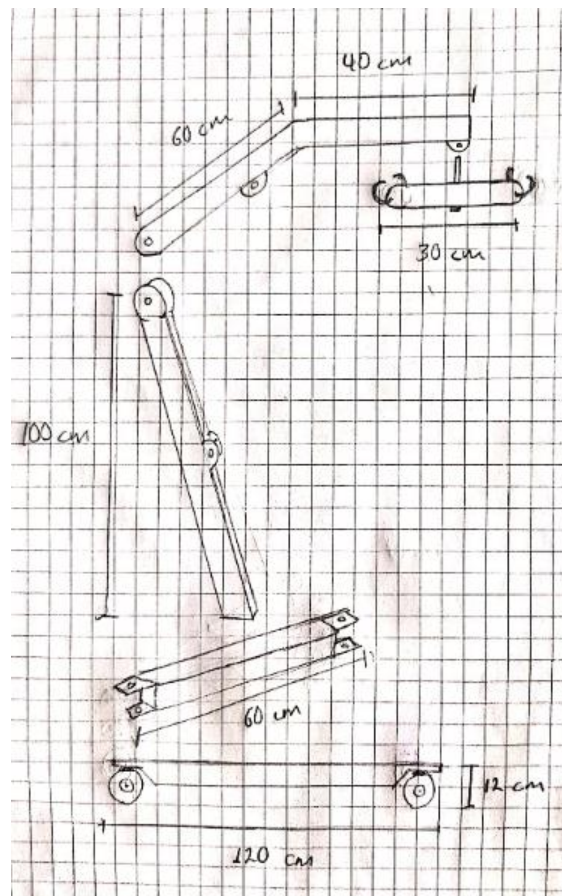


Figura 24. Diseño a lápiz de la estructura de la grúa. (Autor)

En la figura 23. Se evidencia un diseño a borrador del boceto de la estructura de la grúa ortopédica con unas medidas establecidas para una correcta movilidad en las instalaciones del hogar geriátrico.

DISEÑO 3D EN SOLIDWORKS

Realizar el diseño de la estructura en un software de modelado en 3D es de gran ayuda, y en este caso el programa seleccionado para cumplir tal tarea es SolidWorks, el cual gracias a sus amplias características y herramientas nos permite crear un diseño con el que podemos tener una idea más real a escala, de cómo será el resultado final de la estructura, permitiendo trabajar medidas acertadas y posibles cambios antes de pasar a la etapa de producción de la estructura.

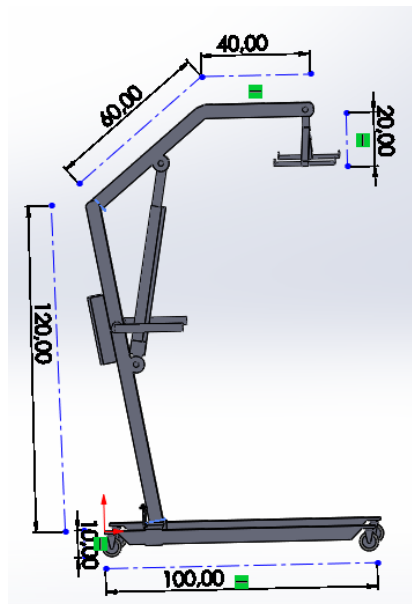


Figura 25. Vista lateral en 3D de la estructura en SolidWorks (medidas en cm). (Autor)

En la figura 24. Se desarrollaron los diseños de la estructura en 3D en el software SolidWorks con las medidas establecidas, para facilitar la visualización real del modelado.



Figura 26. Vista aérea en 3D en SolidWorks. (Autor)

En la figura 25. Se observa una vista aérea en 3D de la estructura de la grúa ortopédica a una escala real donde podemos ver un modelado más claro antes de la construcción.

CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Para la construcción de la estructura se pide asesoría y acompañamiento de un experto en el área de la metalmecánica, quien da la orientación sobre los materiales más adecuados para la construcción y los acabados de la misma, teniendo en cuenta las capacidades de carga

y la funcionalidad en las instalaciones del hogar geriátrico.

Materiales utilizados:

- Tubo rectangular galvanizado de 3 x ½ calibre 14
- Tubo galvanizado de 3/4
- Platina HR de 3/16
- Disco de corte de 4" bisturí
- Disco de pulir de 4" mini pulidora
- Cromato de zinc anticorrosivo
- Pintura blanca de poliuretano
- Catalizador y disolvente
- Ruedas de rodachinas con soporte IMSA con/sin freno
- Soldadura de electrodo HO-6013

Inicialmente se realiza un proceso de corte del tubo galvanizado de 6 m en diferentes medidas para obtener las diferentes piezas, seguido de un proceso de soldadura con electrodo HO-6013 para unir las piezas que conforman la base de la estructura, como se logra evidenciar en la figura 26.



Figura 27. Soldadura de la base. (Autor)

Una vez terminada la sección de la base, se instalan las ruedas de rodachinas con soporte IMSA con/sin freno (Figura 27) mediante soldadura en las platinas, instalando las ruedas con frenos en la parte trasera en los laterales y las ruedas sin frenos en la parte delantera, para obtener una correcta movilidad de la estructura de la grua.



Figura 28. Montaje de las llantas. (Autor)

Una vez obtenida la parte inferior o base de la estructura, se precede a la instalación de la columna o mástil y el montaje del brazo superior mediante la sujeción de unos pasadores que se atornillan en la platina ubicada en la parte superior del mástil, esto para obtener una mejor visión de nuestra estructura finalizada como se evidencia en la figura 28.



Figura 29. Montaje de la columna y brazo de la estructura. (Autor)

Terminada la etapa anterior donde se logra obtener la estructura de la grúa, se procede a realizar la instalación del actuador lineal mediante la sujeción con unas platinas y pasadores de seguridad ubicados en el mástil y el brazo superior, esto para proceder a realizar pruebas de movimiento en sentido vertical, conectando el actuador a una batería de 12V y de esta manera lograr evidenciar una correcta extensión y contracción del mismo (véase figura 29).



Figura 30. Prueba de funcionamiento con actuador lineal. (Autor)

Finalizada la construcción y pruebas iniciales de funcionamiento de la grúa, se desmontan todas las piezas para pulir algunas imperfecciones de la soldadura, y luego aplicar una base de cromato de zinc anticorrosivo, para poder efectuar la etapa de pintura y acabado de las piezas (Figura 30), aplicando una pintura blanca de poliuretano y un sellante para darle un mejor brillo y tonalidad a la estructura, esto para lograr mayor durabilidad

de los acabados y más protección a factores ambientales externos tales como la lluvia y la humedad.



Figura 31. Pintura y acabados de las piezas. (Autor)

A continuación, podemos ver (figura 31) el resultado final de la estructura de la grúa ortopédica, evidenciamos que los resultados son los esperados respecto al diseño estructural planteado inicialmente.



Figura 32. Estructura finalizada. (Autor)

CAPITULO 4

Este capítulo contiene el diseño, maquetación y desarrollo de la aplicación con la base de datos para el control automatizado de la grua y el registro de datos.

DISEÑO DE LA APLICACIÓN Y BASE DE DATOS

Por la complejidad que conlleva el desarrollo de la base de datos, se decide realizar la arquitectura mediante un software diferente al utilizado para crear la aplicación, de tal forma que se realiza un enlace en la interfaz de la aplicación para ejecutar la base de datos ya que esta trabaja con un login en un servidor, y requiere de un motor de búsqueda para almacenar y mostrar los datos de los usuarios registrados.

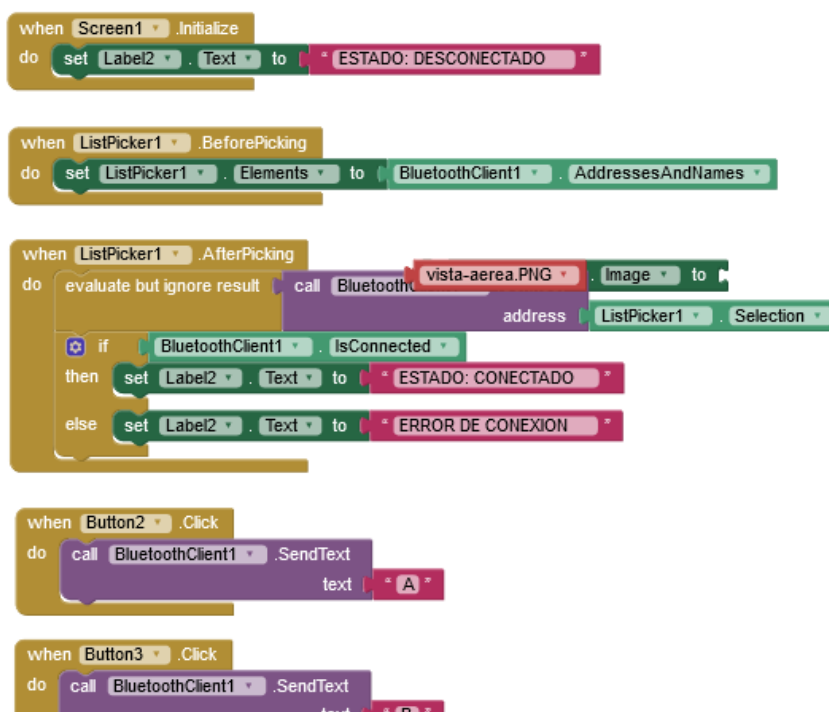


Figura 33. Programación en App Inventor, interfaz de la aplicación.
(Autor)

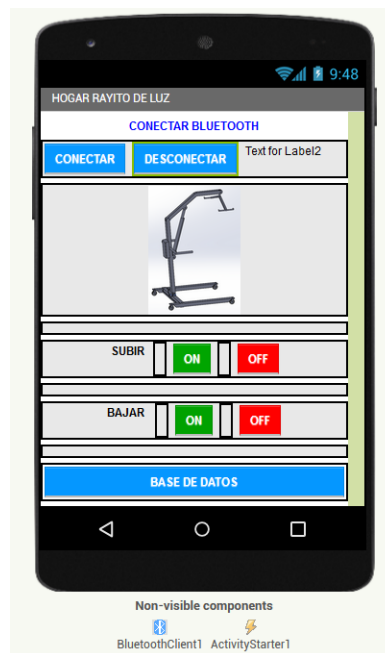


Figura 34. Diseño y maquetación de la interfaz para la aplicación.
(Autor)

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE GRÚA ORTOPÉDICA MÓVIL AUTOMATIZADA PARA EL LEVANTAMIENTO Y TRASLADO DE PACIENTES GERIÁTRICOS

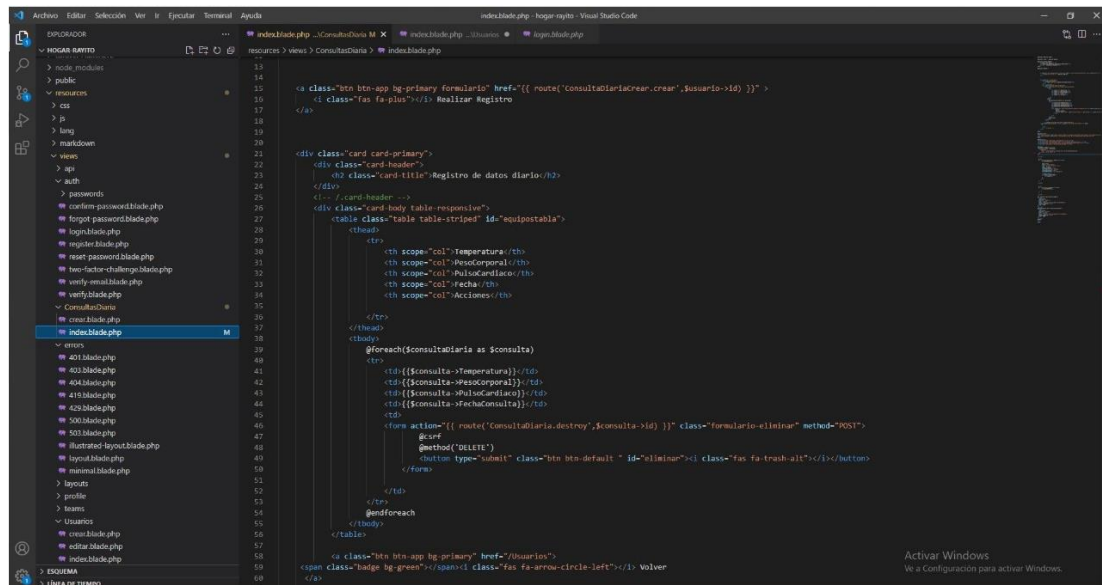


Figura 35. Programación base de datos, en visual studio code. (Autor)

A diagram of a user registration interface. It consists of a large empty rectangular box at the top, followed by two input fields labeled 'correo electrónico' and 'contraseña'. Below these fields is a dark rectangular button labeled 'Ingresar'.

Figura 36. Interfaz de registro de usuario. (Autor)

Nuevo Usuario

buscar

cc	Nombre Usuario	Administrar
1023	pedro rodríguez	visualizar eliminar actualizar
1023	pablo Garcia	visualizar eliminar actualizar

Figura 37. Interfaz de registro de datos de pacientes. (Autor)

A continuación, se puede observar el diseño final de la interfaz de la base de datos, donde se cuenta con un Loguin de usuario inicial por temas de seguridad ya que se maneja información personal de los pacientes del hogar geriátrico, además se han ingresados algunos datos y registros de variables de forma aleatoria, para verificar el buen funcionamiento de la misma, y la correcta visualización de la información que se ha registrado.

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE GRÚA ORTOPÉDICA MÓVIL AUTOMATIZADA PARA EL LEVANTAMIENTO Y TRASLADO DE PACIENTES GERIÁTRICOS

Usuarios

Nuevo Usuario +

Usuarios

Mostrar 10 registros

Buscar:

Documento	Nombre	Notas Medicas	Acciones
21172022	Ana Tulia Castillo de Rueda		
1002947719	Juan Perez		
4389281648	María José Ortiz Peña		

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior 1 Siguiente

Figura 38. Interfaz base de datos. (Autor)

Nombre del Usuario :
Juan Perez
C.C : 1002947719

Realizar Registro +

Registro de datos diario

Mostrar 10 registros

Buscar:

Temperatura	Peso Corporal	Pulso Cardíaco	Fecha	Acciones
36	80	20/80	2021-10-19	
30	30	30	2021-10-19	

Mostrando registros del 1 al 2 de un total de 2 registros

Anterior 1 Siguiente

Volver

Figura 39. Registro de datos diarios del paciente. (Autor)

CAPITULO 5

En este capítulo se anexan algunas imágenes a donde se puede evidenciar el funcionamiento de la estructura de la grúa con peso real, realizando el levantamiento y traslado de personas, seguido a ello se agregan los estudios cinemáticos del sistema y los estudios estructurales, de tensiones y deformaciones de la estructura.

FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL

Se evidencia el correcto funcionamiento de la estructura de la grúa junto al actuador lineal, levantando a un paciente mediante el uso de un arnés, realizando el desplazamiento de una manera segura.



ESTUDIO CINEMÁTICO DEL SISTEMA

La cinemática es la disciplina encargada de estudiar los tipos de movimientos de objetos sólidos, por lo tanto, se hace necesaria su implementación para verificar la fuerza y las capacidades de carga de la estructura, brindando seguridad, rangos de carga y apertura en su funcionamiento. Es por ello que para el desarrollo de este proyecto se consideran elementos fundamentales como son: fuerza, masa, aceleración e inclinación, cabe resaltar que la aceleración para este caso es tomada como el valor de la gravedad.

A continuación, se desarrolló un estudio físico para realizar el diagrama de cuerpo libre (DCL) de la estructura con el objetivo de conocer el comportamiento de las diferentes piezas del sistema.

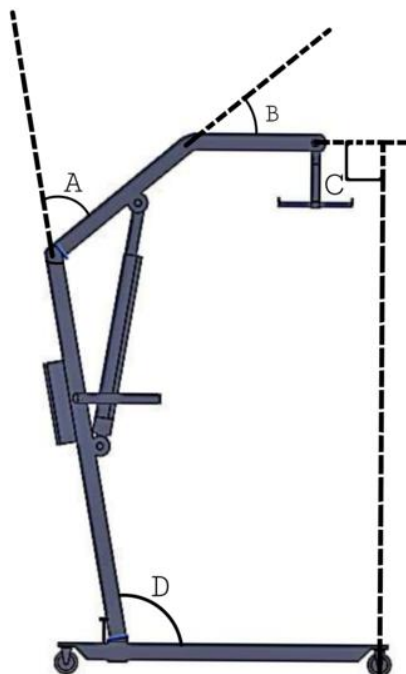


Figura 40. Diagrama de cuerpo libre. (Autor)

En la figura 40. Se observa el diagrama de cuerpo libre aplicado sobre el diseño de la estructura para complementar los diseños de estudios cinemáticos con el objetivo de tener unas bases sólidas de diseño.

Partiendo del diagrama de cuerpo libre se realizó un registro de datos (Tabla 5) de la variación de amplitud y grados de apertura entre el punto de carga y el punto de rotación, identificando unos ángulos fijos B y D.

Tabla 5. Registro de amplitud y grados de apertura.

AMPLITUD (cm)	ÁNGULO (grados)
200	$\sphericalangle A = 170$
	$\sphericalangle B = 60$
	$\sphericalangle C = 50$
	$\sphericalangle D = 100$
150	$\sphericalangle A = 80$
	$\sphericalangle B = 60$
	$\sphericalangle C = 90$
	$\sphericalangle D = 100$
60	$\sphericalangle A = 20$
	$\sphericalangle B = 60$
	$\sphericalangle C = 50$
	$\sphericalangle D = 100$

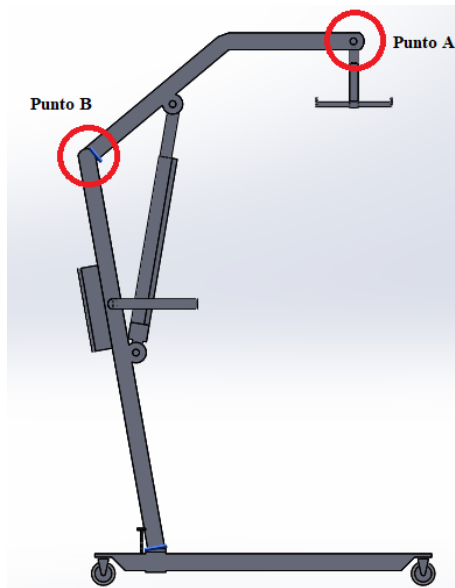


Figura 41. Diagrama de cuerpo libre para el punto de carga (A) y punto de rotación (B). (Autor)

En la figura 41. Se visualiza el modelado de la estructura con el punto de carga (punto A) y el punto de rotación (punto B) a donde se aplicará el estudio cinemático aplicando unas cargas y realizando unas aberturas del actuador lineal para obtener unos resultados de cargas máximas en todo el sistema.

Para la pieza del brazo superior (punto A) se realizó un análisis sobre la estructura con una amplitud máxima, media y mínima del actuador lineal, a donde se suspenderá la carga o peso del paciente a movilizar, logrando conocer la capacidad máxima de peso.

F = fuerza

m = masa

g = gravedad

τ = torque

d = distancia

- Amplitud máxima

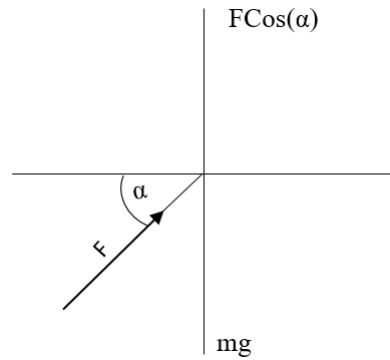


Figura 42. DCL para el punto A con amplitud máxima. (Autor)

En la figura 42. Se visualiza el esquema del diagrama de cuerpo libre para el punto de carga sobre el brazo superior de la grúa con una amplitud máxima del actuador lineal con un ángulo de 50°.

$$f \cos(\alpha) = mg \quad \alpha = 50$$

$$f = \frac{mg}{\cos(\alpha)}$$

$$f = \frac{m(9.81 \text{ m/s}^2)}{\cos(50)}$$

$$m = \frac{f}{\frac{9.81 \frac{m}{s^2}}{\cos(50)}}$$

$$m = 393.14 \text{ kg} \quad \text{Capacidad máxima de carga}$$

- Amplitud media

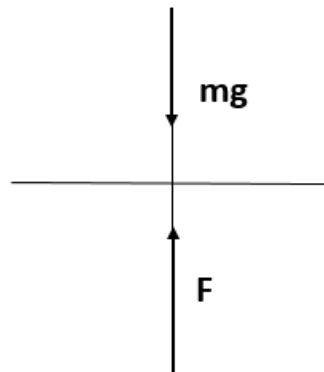


Figura 43. DCL para el punto A con amplitud media. (Autor)

En la figura 43. Se realizó el diagrama de cuerpo libre para el brazo superior donde se suspende la carga donde se aplica una fuerza ejercida por el actuador lineal y una carga a favor de la gravedad, con una amplitud media y un ángulo de inclinación de 0° .

$$f \cos(\alpha) = mg \quad \alpha = 0$$

$$f = \frac{mg}{\cos(\alpha)}$$

$$f = \frac{m(9.81 \text{ m/s}^2)}{\cos(0)}$$

$$m = \frac{f}{\frac{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\cos(0)}}$$

$$m = 611.62 \text{ kg} \quad \text{Capacidad máxima de carga}$$

- Amplitud mínima

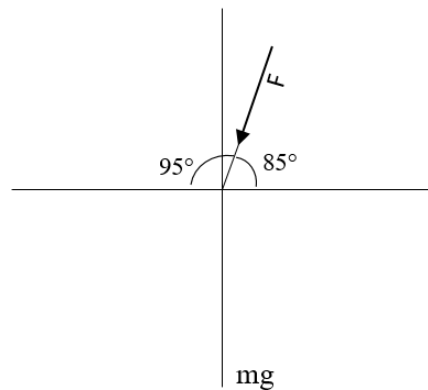


Figura 44. DCL para el punto A con una amplitud mínima. (Autor)

En la figura 44. Se aplica el análisis de diagrama de cuerpo libre para el brazo superior donde se aplica la carga, con una amplitud mínima del actuador lineal y un ángulo de 50°.

$$f \cos(\alpha) = mg \quad \alpha = 50$$

$$f = \frac{mg}{\cos(\alpha)}$$

$$f = \frac{m(9.81 \text{ m/s}^2)}{\cos(50)}$$

$$m = \frac{f}{\frac{9.81 \frac{m}{s^2}}{\cos(50)}}$$

$$m = 393.14 \text{ kg} \quad \text{Capacidad máxima de carga}$$

- Promedio de carga máxima para la estructura:

$$m = \frac{m1 + m2 + m3}{3}$$

$$m = 393.14 \text{ kg} + 611.62 \text{ kg} + 393.14 \text{ kg}$$

$$m = 465.96 \text{ kg}$$

Para el diagrama de cuerpo libre en el punto de rotación (punto B), se halla la fuerza de torque en dicho punto pues al ser un punto de rotación libre, la fuerza aplicada va condicionada por el actuador lineal.

- Amplitud máxima

$$\tau = f * d * \text{sen}(\alpha)$$

$$\tau = 6000 \text{ N} * 0.50 \text{ m} * \text{sen}(50)$$

$$\tau = 2298.13 \text{ Nm}$$

- Amplitud mínima

$$\tau = f * d * \text{sen}(\alpha)$$

$$\tau = 6000 \text{ N} * 0 \text{ m} * \text{sen}(50)$$

$$\tau = 0 \text{ Nm}$$

Partiendo de los resultados obtenidos en el estudio cinemático, logramos determinar la capacidad de carga para las piezas principales y una capacidad promedio máxima para la estructura. Esto nos permite tener unas bases concretas del diseño para proceder a realizar los análisis de comportamiento de los materiales en el software más idóneo.

- **ESTUDIO DE TENSIONES**

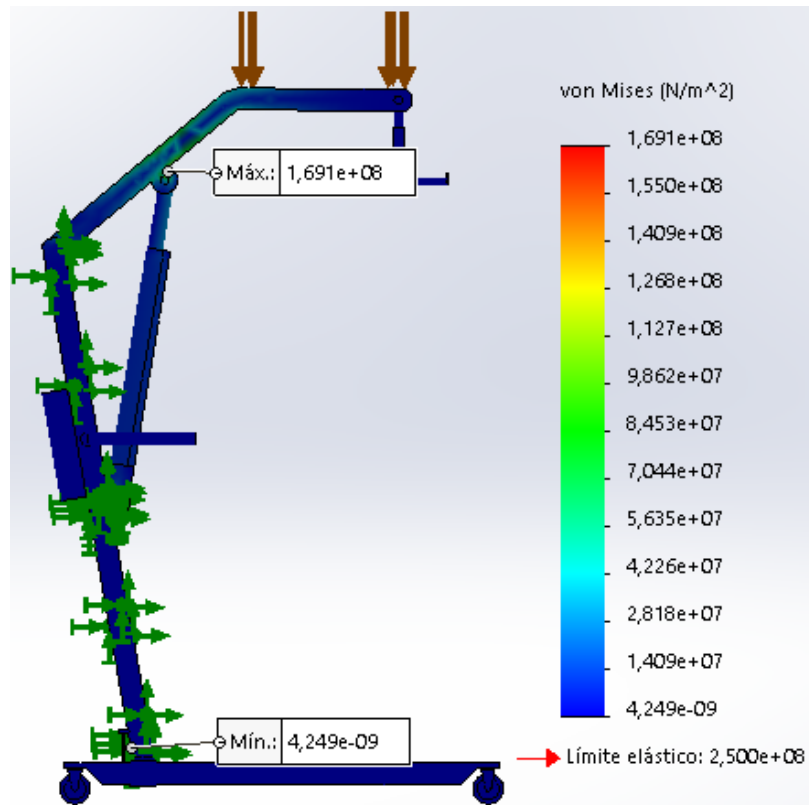


Figura 45. Análisis de elementos finitos estructura. (Autor)

En la figura 45. Se observa la simulación en el software CAD de la estructura de la grúa, donde se aplicó un estudio de tensiones para hallar los puntos máximos y mínimos de la tensión aplicada al material de acero.

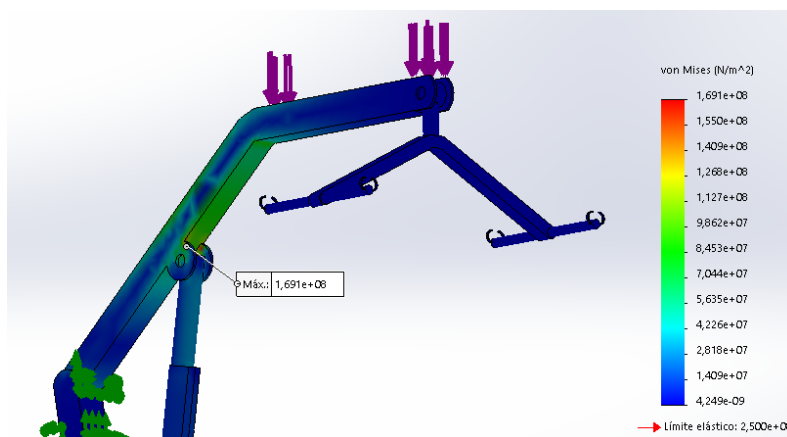


Figura 46. Análisis de elementos finitos brazo superior. (Autor)

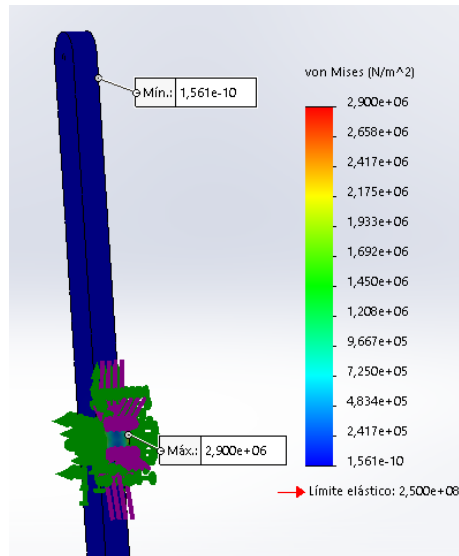


Figura 47. Análisis de elementos finitos en columna principal. (Autor)

- ESTUDIO DE DESPLAZAMIENTO

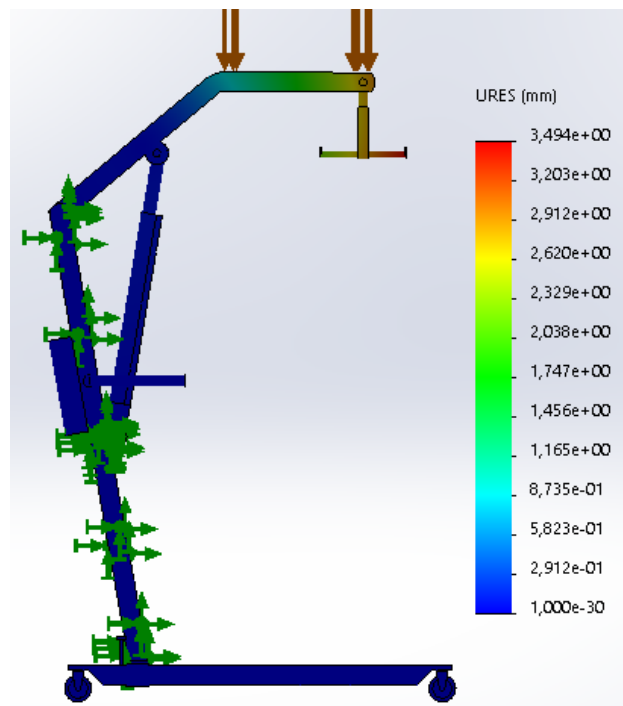


Figura 48. Análisis de desplazamiento en estructura. (Autor)

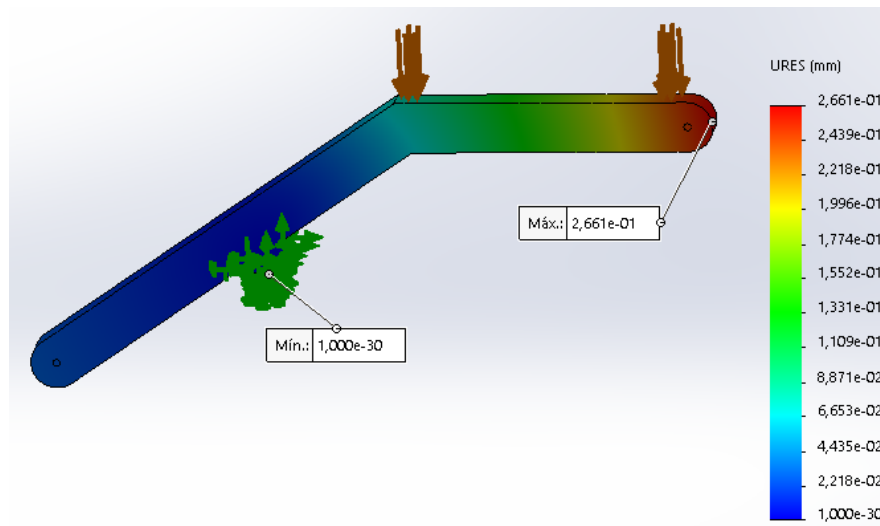


Figura 49. Análisis de desplazamiento en brazo superior. (Autor)

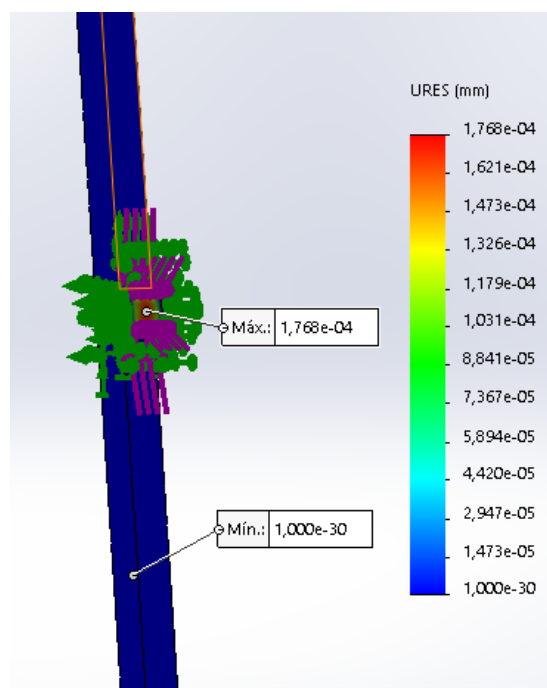


Figura 50. Análisis de desplazamiento en columna principal. (Autor)

- ESTUDIO DE DEFORMACIONES UNITARIAS

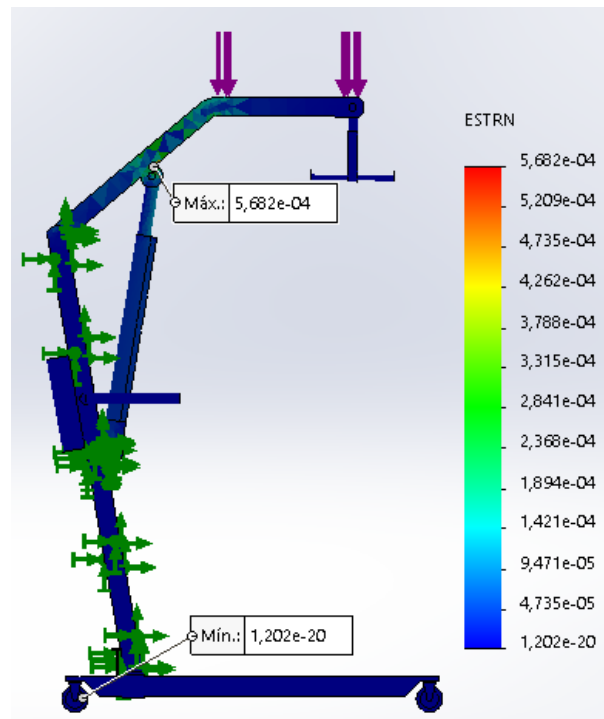


Figura 51. Análisis de deformaciones unitarias en estructura. (Autor)

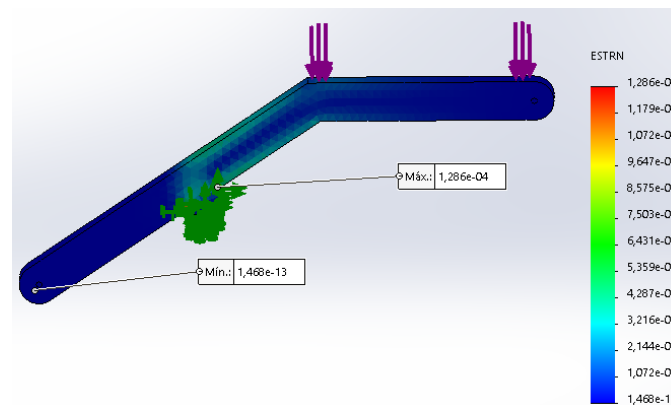


Figura 52. Análisis de deformaciones unitarias en brazo superior.
(Autor)

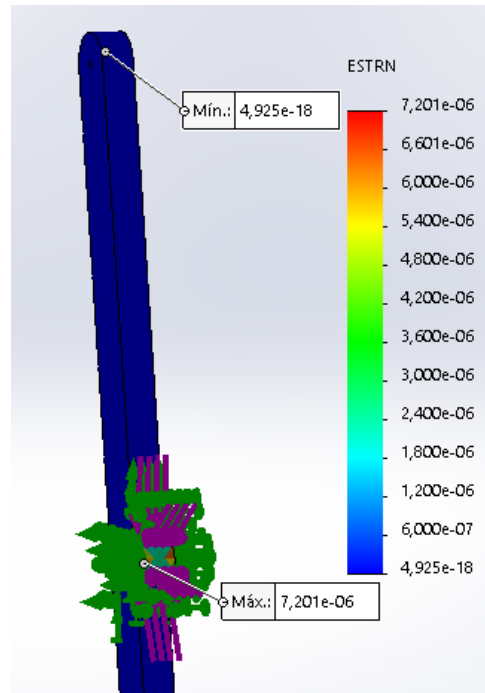


Figura 53. Análisis de deformación en columna principal. (Autor)

- **FACTOR DE SEGURIDAD**

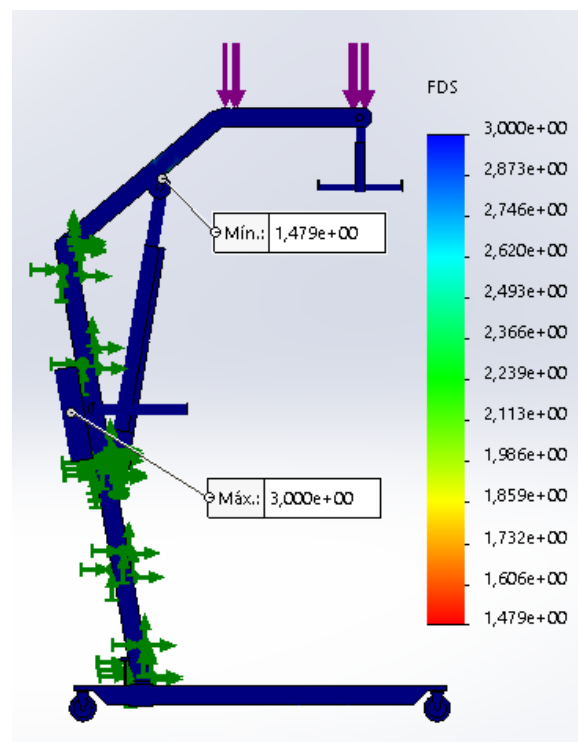


Figura 54. Análisis del factor de seguridad en estructura. (Autor)

- **ANÁLISIS DE RESULTADOS BASE**

Por medio del estudio de simulación en el software Solidworks se aplican los análisis de tensiones, desplazamientos resultantes reales, deformaciones unitarias y el factor de seguridad sobre la estructura y sus partes principales, con el objetivo de conocer el comportamiento de los materiales involucrados en la construcción. Para ello se define el material y las cargas externas que serán aplicadas a partir de los resultados obtenidos en los análisis cinemáticos.

Se realizan los ajustes pertinentes como la selección del material ASTM A36 de acero, y se asigna una fuerza externa de 4.561 N (resultado del producto del promedio de carga máxima y la fuerza de gravedad), esto para evidenciar el comportamiento de las tensiones, desplazamientos y deformaciones sobre las piezas. En la figura 46 se pueden observar los puntos máximos y mínimos de deformación en la estructura según la escala de von Mises, como también que no se supera el límite de elasticidad del material en deformación real.

En el estudio de tensiones (Figura 47) se logra observar el punto crítico de máxima tensión que vendría siendo en las platinas de sujeción y acople del actuador lineal, por otra parte, los resultados del factor de seguridad (Figura 52) nos indican que son superiores a 1, por lo tanto, no existe un riesgo negativo que afecte el correcto funcionamiento de dicha

sección y de la estructura en general, sin embargo, se plantea reforzar dicha sección para disminuir el impacto de tensión.

Por lo anterior se recomienda trabajar la estructura con un peso no máximo a 200 kg, esto para lograr un buen funcionamiento y extender la durabilidad de los materiales y componentes electrónicos que conforman la grúa ortopédica.

CONCLUSIONES

- Realizado el estudio de campo en las instalaciones del hogar geriátrico rayito de luz, se logró visibilizar la necesidad de crear un prototipo que facilitara las labores diarias del personal a cargo, tales como: el levantamiento y traslado de los pacientes para realizarles su higiene personal, y así evitar afectaciones físicas debido al esfuerzo excesivo al aplicar el levamiento manual, pues el peso corporal de los pacientes geriátricos variaba de los 35 kg a los 70 kg, y en muchos casos presentaban alto grado de dependencia.
- Fue importante contar con la asesoría de personal calificado en áreas ajenas a la nuestra; esto permitió crear una hoja de ruta para lograr un buen desarrollo en los diseños del prototipo y asegurar que la estructura cumpliría con las especificaciones correctas.
- Por medio del estudio cinemático y los análisis estructurales realizados, se obtuvo el valor de carga máxima permitida para el buen funcionamiento del actuador lineal, y reforzar los puntos críticos en la etapa de construcción, para evitar daños estructurales y asegurar el buen funcionamiento en la movilidad de la misma.
- Realizada la implementación del prototipo en las instalaciones del hogar geriátrico, se logró evidenciar que la grúa cumple con los requerimientos y las normas de seguridad para efectuar las actividades de levantamiento y traslado de los pacientes de forma correcta y segura, facilitando las labores y evitando las afectaciones que sufría el personal encargado mejorando su salud física.
- Se logró realizar un proyecto en óptimas condiciones, reduciendo significativamente el costo de adquisición de la grúa ortopédica en comparación de estructuras existentes en el mercado, logrando ser más asequible para las personas que la necesiten.

TRABAJOS FUTUROS

El proyecto de grado de la grúa ortopédica automatizada al ser un prototipo queda sujeto a la realización de algunas modificaciones a futuro, como puede ser reemplazar algunos componentes existentes en el proyecto por dispositivos de alta precisión y de mucha mayor calidad; por otra parte la estructura de la grúa se puede modificar dependiendo las instalaciones a donde se vaya a utilizar pues su tamaño original es diseñado solo en base a las medidas de las instalaciones del hogar geriátrico rayito de luz.

REFERENCIAS

- Almeida. (2009). *Vigilancia de la Salud en Trabajadores Expuestos a Manipulación Manual de Cargas en una Empresa Transportadora de Valores*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Alvares Casado, E. H. (2010). El riesgo asociado a la movilización de pacientes. *WOLTERS KLUWER ESPAÑA S.A*, 26-29.
- Arduino.cl. (2021). *¿Qué es arduino?* Obtenido de <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Astudillo, M. (2019). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA GRÚA MÓVIL PARA EL TRANSPORTE DE PACIENTES CON DISCAPACIDAD EN ACTIVIDADES DE REHABILITACIÓN*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16952/1/UPS-CT008156.pdf>
- Avilez Arévalo, P. J. (2019). *Diseño, construcción e implementación de una grúa móvil para el transporte de personas con discapacidad*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana.
- Bars, S. (2020). *hill-room.com*. Obtenido de <https://www.hill-room.com/international/Products/Products-by-Category/patient-handling/sling-bars/>
- Chiles, M. d. (2007). *Guía de apoyo técnico-pedagógico: Necesidades educativas especiales en el nivel de educación parvulario*. Santiago de Chile: Unidad de Educación Especial de la División de Educación General del Ministerio de Educación.
- Ciceri, M. (2019). *Introducción a Laravel: Aplicaciones robustas y a gran escala*. Creativa Andina Corp.
- Code, V. S. (2021). *Documentation for Visual Studio Code*. Obtenido de <https://code.visualstudio.com/docs>
- CONADIS, C. N. (2018). *Personas con discapacidad resgistradas*.
- David, N. A. (2020). *Desarrollo de un sistema grúa de techo para facilitar el traslado en el hogar de pacientes con distrofia muscular de Duchenne*. Bucaramanga: Universidad Autonoma de Bucaramanga.
- Developers, A. (2021). *Introducción a Android Studio*. Obtenido de <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>
- Electrónica, 5. (2021). *Celdas de carga*. Obtenido de https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial_id=3
- Energy, T. P. (2021). *Baterías*. Obtenido de <https://tbplusenergy.com/baterias-pagina/>
- Espinoza Delgado, L. F. (23-jul-2019). *Diseño de un sistema de grúa eléctrica para el manejo y traslado de pacientes con movilidad limitada*. Quevedo-UTEQ.

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE GRÚA ORTOPÉDICA MÓVIL AUTOMATIZADA PARA EL LEVANTAMIENTO Y TRASLADO DE PACIENTES GERIÁTRICOS

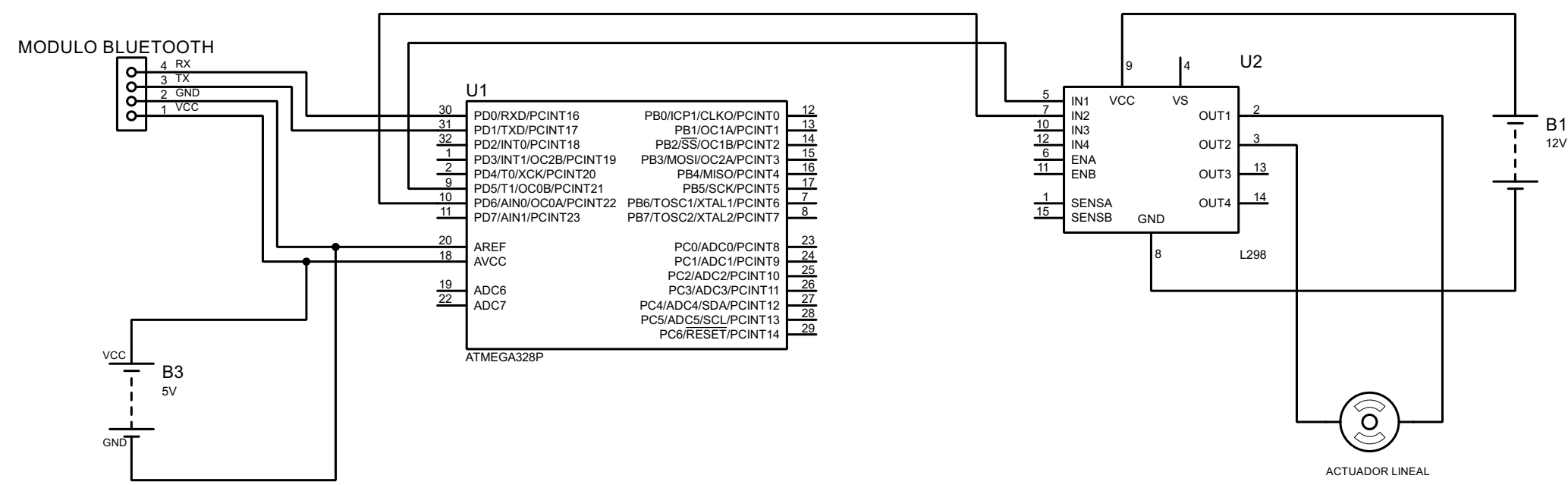
- farmaconsejos. (2015). *Arnés para grúas de transferencia*. Obtenido de <https://www.farmaconsejos.com/consejos/gruas-electricas-y-arneses-para-pacientes-discapacitados/>
- Gasca Mantilla, M. C. (2014). *Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257030546003>
- Iso.org. (2003). *Ergonomics -Manual handling- Part 1 - lifting and carrying*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui>
- Jose Maria Angulo Usategui, I. A. (2005). *Microcontroladores PIC: Diseño practico de aplicaciones*. Obtenido de <https://latecnicalf.com.ar/descargas/material/electronicadigital/Microcontroladores%20PIC%20-%20Dise%C3%B1o%20pr%C3%A1ctico%20de%20aplicaciones,%20Angulo%20y%20Angulo.pdf>
- Linak-latinoamerica. (2021). *Actuadores lineales eléctricos para un ajuste suave, inteligente y potente*. Obtenido de <https://www.linak-latinoamerica.com/productos/actuadores-lineales/>
- Manuel Romero Garcia, P. M. (2002). *Resistencia de Materiales*. Castello, España.
- Mechatronics, N. (2021). *Comunicación Bluetooth*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/blog>
- Mexico, A. H. (2013). *MANUAL DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN CON ACERO*. Obtenido de https://grupoazero.mx/docs/MANUAL_AHMSA_2013-2.pdf
- MIMAS, O. (2010). Obtenido de <https://www.ortopediamimas.com/fabricantes/winnicare-group-virmedic/>
- Muñoz, V. E. (2013). *El nuevo PHP. Conceptos avanzados*. España: Bubok Publishing S.L.
- Ochoa, C. (Octubre de 2015). *repositorio universidad distrital (Proyecto Melissa)*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7550>
- Ortopedia OrtoEspaña. (2021). Obtenido de https://ortopediaortoespana.es/17-gruas-para-enfermos?gclid=Cj0KCQjwntCVBhDdARIsAMeWACKDxWsxHGSW3f-Kk3Q88uETNiRHx0rKYNF2gzOLKPubn7UZUU9KmuoaAl2REALw_wcB
- Ortopedia, C. (2021). *Arnes para grúa ortopédica*. Obtenido de <https://www.chupisortopedica.com/products/209/arnes-para-grua>
- stsmedical. (2021). *stsmedical.com*. Obtenido de <https://www.stsmedical.com/211-grua-de-techo-hospitalaria-para-pacientes>
- Villarroya. (2012). *Movilización de pacientes: Evaluación del riesgo. Método MAPO*. Instituto Galeano de Seguridad e Saúde Laboral - ISSGA.
- world health organization. (10 de marzo de 2021). Obtenido de <https://www.who.int/topics/disabilities/es/>

ANEXOS

DIAGRAMA ELECTRÓNICO

PLANO ESTRUCTURA EN SOLIDWORKS

ETAPA DE CONTROL



ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO

