

**Sistema de Información para Personas con Discapacidad Motriz en Extremidades
Superiores por Medio de la Implementación de una Placa Arduino en el
Departamento de Montería, Córdoba**



Eliecer José Pérez Bohórquez

**Universidad de Córdoba
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones
Ingeniería de Sistemas**

2022

Montería

**Sistema de Información para Personas con Discapacidad Motriz en Extremidades
Superiores por Medio de la Implementación de una Placa Arduino en el
Departamento de Montería, Córdoba**



Eliecer José Pérez Bohórquez

Trabajo de grado en la modalidad de investigación y/o extensión, presentado como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero de Sistemas

Mario Ramón Macea Anaya

Asesor

Universidad de Córdoba

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones

Ingeniería de Sistemas

2022

Montería

La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del proyecto, serán responsabilidad de los autores.

Artículo 61, acuerdo N° 093 del 26 de noviembre de 2002 del consejo superior.

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a mis padres, quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que ellos siempre han estado presentes para apoyar me moral y psicológicamente.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios, por brindarme la fuerza y tenacidad necesaria para cumplir mis objetivos. De igual forma, a mis padres, que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no desistir.

A **María y Andrés**, por su apoyo y ayuda en la construcción y redacción de este trabajo. A mi director de tesis, gracias por las indicaciones que permitieron la realización de este trabajo, así como también agradezco al gremio de docentes de la facultad por brindarme sus conocimientos y ayudarme a crecer como persona y como profesional.

Resumen

La presente investigación se propuso diseñar y construir un dispositivo electrónico para personas con discapacidad motriz en extremidades superiores por medio de la implementación de una placa Arduino, con el propósito de brindar una ayuda técnica que facilite el proceso de rehabilitación de los músculos superiores atrofiados y poder brindarle a la persona una mejor condición de vida, junto con el diseño de una aplicación Web que permite el almacenamiento de la información recolectada por medio del dispositivo; en cuanto al historial clínico y avance del paciente.

Este estudio responde a un trabajo de carácter tecnológico-descriptivo, en el que se especifican los procesos en relación con el diseño y elaboración del dispositivo junto con sus funcionalidades. El desarrollo de estudio respondió a la aplicación de encuestas que representaron el antes y después tras la implementación del prototipo en la población, y así medir el impacto de este en los usuarios.

De esta forma, la investigación arrojó resultados favorables al conseguir diseñar un dispositivo creativo, cómodo, y que motivó a los pacientes a realizar las terapias en conjunto con un terapeuta y así ayudar a recuperar la movilidad de la extremidad superior, junto con una sensación de seguridad y autonomía.

Palabras Claves: Dispositivo Electrónico, Arduino, Discapacidad Motriz. Ayuda Técnica, Extremidades Superiores.

Abstract

The present research was proposed to design and build an electronic device for people with motor disabilities in upper extremities through the implementation of an Arduino board, with the purpose of providing a technical aid to facilitate the rehabilitation process of the atrophied upper muscles and to provide the person with a better life condition, along with the design of a Web application that allows the storage of information collected through the device; regarding the clinical history and progress of the patient.

This study responds to a technological-descriptive work, in which the processes related to the design and development of the device and its functionalities are specified. The development of the study responded to the application of surveys that represented the before and after the implementation of the prototype in the population, in order to measure its impact on the users.

Thus, the research yielded favorable results by designing a creative and comfortable device, which motivated patients to perform therapies together with a therapist and thus help to recover the mobility of the upper limb, along with a sense of security and autonomy.

Keywords: Electronic Device, Arduino, Motor Disability. Technical Aid, Upper Extremities.

Índice de Contenido

Resumen	5
Introducción	10
Capítulo 1. Planteamiento Y Formulación del Problema	11
1.2 Objetivos.....	14
1.2.1 Objetivo General.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.4 Hipótesis	14
1.5 Alcances de la Investigación	14
1.6 Justificación	15
Capítulo 2. Marco Referencial	16
2.1 Estado del Arte	16
2.2 Marco Conceptual.....	23
2.2.1 Discapacidad Motriz.....	23
2.2.2 PCI (parálisis cerebral infantil)	24
2.2.3 Descripción del Miembro Superior	25
2.2.4 Sistema Óseo del Codo.....	27
2.2.5. Sistema Muscular	27

2.2.8 Electrónica.....	27
2.2.9 Ingeniería de Rehabilitación.....	28
2.2.10 Equipos Robóticos Para la Rehabilitación	29
2.2.11 Dispositivos de Rehabilitación de Miembro Superior.....	30
2.2.12 Clasificación de los Dispositivos de Rehabilitación Física.....	32
2.2.13 Sistemas de Control de Exoesqueletos de Rehabilitación.....	33
2.3 Dispositivo.....	33
2.4. Dispositivo Electrónico.	33
2.5 Discapacidad.....	33
2.6 Discapacidad Muscular.	34
2.7 Software.....	34
2.8 Hardware.	34
2.9 Arduino Uno.....	34
Capítulo 3. Marco Metodológico.....	34
3.1 Tipo de Investigación	34
3.2.1 Población.....	35
3.2.2 Técnicas de Recolección de Información.....	36
3.3 Criterios de Diseño del Hardware	36
3.5.1 Componentes del Hardware.....	37
3.6 Diseño Electrónico del Hardware.....	39
3.7 Tecnología Asociada del Sistema.....	40
3.8 Diseño del Software	41
3.6.1 Requisitos funcionales y No Funcionales.....	42
3.6.2 Requisitos No Funcionales del Sistema	42
3.7 Restricciones del Sistema	44
3.8 Definición de Actores.....	44
3.9 Diagramas de Casos de Uso	45
3.7 Documentación de Casos de Uso	51
3.8 Diagrama de Secuencia	57
3.10 Diagrama De Estado.....	58
3.11 Diagrama De Actividades.....	59
Capítulo 4. Análisis e Interpretación de Resultados	66
Capítulo 5. Conclusiones.....	71
Recomendaciones	72

Trabajos Futuros.....	73
Anexos	73
<i>Manual de Usuario</i>	73
Evidencias Fotográficas.....	¡Error! Marcador no definido.
Referencias	99

Índice de Tablas

Tabla 1. Tecnología Asociada del Sistema.....	40
Tabla 2. Objetivo del Sistema.....	41
Tabla 3. Requisitos funcionales del Sistema.	42
Tabla 4. Requisitos no funcionales del Sistema.	42
Tabla 5. Requisitos de Información del Sistema.	43
Tabla 6. Requisitos de Información del Sistema.	43
Tabla 7. Restricciones del Sistema.	44
Tabla 8. Actores del Sistema.	44
Tabla 9. Acceso al sistema.....	51
Tabla 10. Registro de Usuario	52
Tabla 11. Edición de Perfiles-Pacientes	53
Tabla 12. Activar o Desactivar un Usuario	54
Tabla 13. Búsqueda de Pacientes	55
Tabla 14. Historial Clínico o Diagnóstico	55

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Esquema metodológico del desarrollo del proyecto.	35
Ilustración 2. Esquema de la fase evaluativa del proyecto.	35
Ilustración 3. Diseño de dispositivo electrónico como soporte técnico.	36
Ilustración 4. Diseño final del Dispositivo electrónico.	37
Ilustración 5. Esquemático electrónico del dispositivo.	39
Ilustración 6. Diseño del Software.	41
Ilustración 7. Registro.	46
Ilustración 8. Historial.	46
Ilustración 9. Diagnóstico del Paciente.	47
Ilustración 10. Búsqueda.	47
Ilustración 11. Actualizar.	48
Ilustración 12. Acceso al Sistema.	48
Ilustración 13. Activar o Desactivar un Usuario.	49
Ilustración 14. Citas.	49
Ilustración 15. Estado de la cita.	50
Ilustración 16. Cancelar cita.	50
Ilustración 17. Modificar cita.	51
Ilustración 18. Diagrama de Secuencia.	57
Ilustración 19. Diagrama De Estado De Control De Acceso.	58
Ilustración 20. Diagrama De Estado Administración De Roles Para Usuario.	59
Ilustración 21. Diagrama de Actividad-Paciente.	60
Ilustración 22. Diagrama De Actividad de control de Acceso.	61
Ilustración 23. Diagrama de Registro.	62
Ilustración 24. Diagrama de Modificar Usuario.	63
Ilustración 25. Diagrama de Actividad Actualizar Usuario.	63
Ilustración 26. Diagrama Búsqueda de un Usuario.	64
Ilustración 27. Diagrama Activar o Desactivar un Usuario.	64
Ilustración 28. Diagrama Historia Clínica.	65
Ilustración 29. Diagrama Rutina.	65
Ilustración 30. Diagrama Inicio Rutina.	66
Ilustración 31. Eficacia del dispositivo electrónico.	67
Ilustración 32. Resultados de la implementación del Dispositivo Electrónico.	67
Ilustración 33. Resultados de la implementación del Dispositivo Electrónico.	68
Ilustración 34. Resultados de la incidencia del dispositivo electrónico.	68
Ilustración 35. Resultados de la incidencia del dispositivo electrónico.	69
Ilustración 36. Resultados de la incidencia del dispositivo electrónico.	70

Introducción

Hoy en día, tenemos constantemente mejoras tecnológicas que permiten automatizar procesos cotidianos. Estos procesos ahorran tiempo y energía al hombre, tales como internet, las redes y la potencia computacional de los dispositivos que permiten generar nuevos servicios y aplicaciones que mejoran la calidad de vida de las personas. Vivimos en una era en la que aparecen nuevos dispositivos potentes y de bajo costo, y todos juntos, con los recursos y el conocimiento que tenemos, es posible innovar y crear sistemas automatizados virtualmente para cualquier tipo de aplicación o servicio.

Actualmente, el desarrollo de programas y dispositivos electrónicos se han convertido en una poderosa herramienta de ayuda, que ha sido ampliamente utilizada en todos los ámbitos, especialmente en el área de la salud, hacia la asistencia de discapacidades físicas. Por tanto, en el mercado mundial se pueden encontrar sillas de ruedas de diferentes equipos y modelos, así como prótesis de mano y brazo, las cuales son de difícil acceso debido a su alto costo en nuestro entorno, lo cual es una limitación en viviendas populares.

Este trabajo investigativo está dividido por cinco capítulos, los cuales responden a la construcción total del estudio y todos los elementos requeridos para la sostenibilidad teórica, metodológica y conceptual del mismo.

El primer capítulo abarca el planteamiento y formulación del problema, que si bien como se ha leído en la primera parte de esta introducción la problemática gira en torno a los esfuerzos físicos que deben realizar los pacientes en el momento de realizar los ejercicios de rehabilitación, por lo que con la ayuda de la tecnología se pretende ofrecer un equipo menos robusto y cómodo para el usuario; al tiempo que le permite avanzar en la rehabilitación. Seguidamente, se encuentran los objetivos y la justificación del trabajo, los cuales representan la importancia de haber realizado la construcción de este dispositivo electrónico que aporta beneficios para el programa, y a su vez facilita el proceso de recuperación.

El segundo capítulo, lo comprende el marco referencial, compuesto por el estado del arte, que son las distintas investigaciones enfocadas en éste mismo objeto de estudio, que es la construcción de dispositivos electrónicos para la recuperación y asistencia de discapacidades físicas. En este mismo capítulo se encuentra el marco conceptual que son los referentes en los que se basó esta investigación, en el que se exponen los dispositivos que presentan equipos robóticos, tales como: modelado musculoesquelético, exoesqueleto de rehabilitación, y a el sistema de control de las extremidades superiores. Junto con las distintas nociones que se deben tener en cuenta al momento de interpretar esta investigación.

Consecutivamente, está el capítulo tres que consta del marco metodológico, cuyo tipo de investigación responde a un trabajo de carácter tecnológico-descriptivo. En este capítulo se halla la descripción del diseño y construcción del dispositivo electrónico para miembros superiores atrofiados, donde se describen los distintos elementos que lo componen para su correcto funcionamiento. También se evidencian los Diagramas de clase, Diagramas de secuencia y los Diagramas de actividades.

En el cuarto capítulo, está la sección de análisis e interpretación de los resultados, aquí se detalla el impacto que tuvo la aplicación de un dispositivo electrónico para personas con discapacidad motriz en miembros superiores, y qué tan beneficioso resultó.

Finalmente, está el capítulo quinto, el cual responde a las conclusiones y recomendaciones del trabajo investigativo, donde se determina de forma concisa lo logrado con la investigación, y se aportan recomendaciones en aras del mejoramiento y crecimiento del trabajo realizado. Seguido de ello, están las referencias bibliográficas, que demuestran el corpus de teorías y fuentes que soportan el desarrollo de este estudio investigativo, para terminar con los anexos, que incluyen los presupuestos y cronogramas de la investigación, terminando con los anexos que incluyen un manual del usuario, y evidencias fotográficas

Capítulo 1. Planteamiento Y Formulación del Problema

1.1 Planteamiento del Problema

En las últimas décadas, la robótica ha realizado desarrollos muy importantes que han llevado a que los robots se utilicen en diversas aplicaciones, desde la industria hasta la medicina. Entre sus diferentes ramas, una de las más populares es la rehabilitación robótica, que tiene como objetivo ayudar a las personas lesionadas a recuperar su movilidad mediante el uso de equipos robóticos que pueden brindar un tratamiento consistente y efectivo. El número de dispositivos relacionados con este tema ha aumentado considerablemente y, debido a su potencial para mejorar el tratamiento, se pueden encontrar diferentes ejemplos en miembros superiores e inferiores en todo el mundo (Destarac, (2018).)

Existen diferentes causas que impiden el movimiento muscular en una persona, una de ellas se conoce como distrofia muscular, enfermedad donde los músculos voluntarios del cuerpo se vuelven más y más débiles y, poco a poco, van dejando de funcionar. El poseer una discapacidad muscular, se debe a distintos factores, entre los que se mencionan los infecciosos (poliomielitis), los virales (Síndrome de Guillain Barré), los reumáticos (accidentes cerebrovasculares y artritis reumatoide), los neurológicos (malformación arteriovenosa en médula o cerebro, parálisis cerebral, esclerosis múltiple, mielomeningocele, traumatismo cráneo encefálico y espina bífida), los musculares (distrofias) y los que guardan relación con los traumatismo (amputaciones, lesiones medulares y traumatismo cráneo encefálico), (Instituto Nacional De Trastornos Neurológico Y Accidentes Cerebrovasculares,, (1950)).

Aunque no existe un tratamiento médico que permita detener el progreso de la enfermedad, existen ayudas tecnológicas que permiten a las personas con discapacidad mejorar sus habilidades para ayudarlos a vivir de forma autónoma y participar en sociedad. Actividades tan sencillas como levantar el brazo para comer o cepillarse los dientes, son un reto para las personas con impedimento muscular por la disminución de fuerza y la falta de movilidad; sin embargo, la tecnología asistida ha desarrollado múltiples opciones para mejorar la calidad de vida de estos pacientes.

A pesar de que, en los artículos 20 y 26 de la Convención Sobre Los Derechos De Las Personas Con Discapacidad (2008), y en la resolución WHA58.23 de la Asamblea Mundial de la Salud (1948) y en los 22 artículos de las Normas Uniformes Sobre La igualdad De Oportunidades Para Las personas Con Discapacidad (1982) se subraya la importancia de los dispositivos de apoyo. Es por ello, que los estados tienen la obligación de promover el acceso a los dispositivos y las tecnologías de soporte a un costo asequible para otorgar capacitación a las personas con discapacidad asegurando el acompañamiento de profesionales y de un personal competente que trabaje en los servicios de habilitación y rehabilitación.

En los últimos años han surgido versiones más completas, algunas de las cuales son de código abierto y o gratuitas. Esto permite que la comunidad científica contribuya a mejorarlos, lo que permite que estos paquetes informáticos cuenten con varias herramientas para realizar modelos más detallados de diferentes partes del cuerpo humano. Ya sea en el desarrollo de modelos musculoesquelético o en exoesqueletos de rehabilitación, hay más ejemplos de miembros inferiores en comparación con miembros superiores, por lo que su diseño de modelado y reparación de equipos robóticos tiene una alta complejidad.

Lo anterior se debe a que la rehabilitación física tiene efecto positivo en la movilidad articular y general de individuos físicamente impedidos, lo que conlleva a mejorar la calidad de vida y ayuda en el control del dolor y en la mejora de la función del órgano o sistema afectado, trayendo consigo efectos beneficiosos para el paciente, lo que hace imperativo el diseño de un mecanismo que ayude en la realización de las terapias y a su vez le otorgue un acompañamiento al paciente al realizar con él los distintos ejercicios que por sí solo le resultan dolorosos e intensos.

El valor de elaborar nuevos mecanismos, y que estos sean tecnológicos, se sustenta también en la razón de que si bien, la rehabilitación física consta de máquinas donde el paciente se ejercita, éstas tradicionalmente son máquinas robustas que se encuentran ubicadas en consultorios y centros de rehabilitación, que son vistos para el paciente como espacios fríos y aburridos; y es por eso, que dentro del diseño y desarrollo de los productos de apoyo para estas personas que sufren de discapacidad muscular, se debe efectuar sistemas atractivos para la persona y que a su vez permita desarrollar en mayor escala una autonomía personal, hasta el punto de que pueda desarrollar tareas básicas e indispensables como comer, y al mismo tiempo aportar al entrenamiento de músculos y al desarrollo emocional y cerebral de la persona.

Del mismo modo, el diseño de un dispositivo electrónico para la discapacidad en miembros superiores permitirá que la persona pueda realizar los ejercicios de rehabilitación desde su hogar, al tiempo que son supervisados continuamente por el personal médico en las

consultas de rutina; pero estas máquinas desarrolladas deben ser atractivas para el usuario, así como funcionales; es decir, contar con un manejo intuitivo, y de bajo costo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone crear un dispositivo electrónico como ayuda técnica para personas con discapacidad física en miembros superiores, que junto con estímulos electrónicos le permita a la persona realizar las distintas terapias prescritas por el fisioterapeuta sin ningún impedimento. Ello porque la tecnología ha permitido disminuir el esfuerzo físico por parte del hombre al momento de desarrollar actividades cotidianas, así como también ha facilitado la productividad y control en diversos campos, tales como el industrial, agrícola, educativo, entre otros; y es por ello, que se debe incluir la tecnología en la medicina, en pro de la obtención de soluciones tecnológicas que faciliten las labores a las personas con imposibilidad muscular, y aporten un apoyo sistemático al personal de la salud.

De esta manera, respondiendo a la importancia, impacto social y al alcance a lograr en materia de mecanismos de salud, la pregunta investigativa de la presente investigación y en torno a la cual se sostendrá todo el proyecto es:

¿De qué manera influye la implementación Sistema de Información en la recuperación de los músculos atrofiados en miembros superiores en personas con discapacidad motriz en el municipio de Montería del departamento de Córdoba?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Implementar un sistema de Información que ayude a la recuperación de los músculos atrofiados en extremidades superiores en personas con discapacidad motriz en el municipio de Montería ubicado en el departamento de Córdoba por medio de la aplicación de una placa Arduino.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Establecer los parámetros de diseño del dispositivo electrónico a partir de la población objeto de estudio.
2. Diseñar el dispositivo electrónico con base en los criterios de discapacidad de esta población.
3. Construir un prototipo e implementar el dispositivo en la población objeto de estudio.
4. Evaluar el impacto de este dispositivo en la población en cuanto a la recuperación motriz en los miembros superiores de la población.

1.4 Hipótesis

Las personas con discapacidad motriz en el municipio de Montería en el departamento de Córdoba presentan una recuperación forzada debido a que no cuentan con un soporte tecnológico que ayude en la realización de las terapias de recuperación.

1.5 Alcances de la Investigación

El Sistema de Información que se propone diseñar y elaborar en esta investigación posee características electrónicas, que responderán a una implementación funcional y no representará ningún tipo de peligro para el usuario.

A partir de la creación de este sistema se propone acrecentar el rango de instrumentos tecnológicos utilizados en la rama de la medicina, para ayudar a las personas que sufren esta discapacidad física superar sus limitaciones mediante el empleo de esta tecnología; y a su vez, inducir a investigaciones futuras para que se centren en este mismo objeto de estudio y ampliar el diseño y construcción de mecanismos electrónicos para personas con discapacidad motriz.

El sistema les concederá a las personas con discapacidad motriz en extremidades superiores, una ayuda electrónica para aumentar las posibilidades de realizar actividades de forma autónoma con mayor rapidez y agilidad, debido a que se acelerará la recuperación de los músculos atrofiados.

1.6 Justificación

En la cotidianidad nos encontramos con personas que poseen discapacidades físicas que le impiden desarrollar actividades como el resto de la población, en el que deben acudir a especialistas que les otorguen herramientas de ayuda, para estimular los músculos atrofiados y llegar a realizar las tareas básicas con total autonomía.

La importancia de este proyecto surge ante la debida supervisión que debe tener este tipo de población, en el que el monitoreo físico solo se realiza a partir de sesiones médicas, que se prolongan con terapias en casa, las cuales resultan engorrosas y dolorosas para el paciente, por no contar con una ayuda externa que brinde un apoyo en la realización de éstas. Es por ello, que la implementación de un dispositivo electrónico garantizará un desarrollo óptimo de los distintos ejercicios, siendo beneficioso en el proceso de recuperación de los músculos atrofiados. Además, al participar como un apoyo técnico facilita la intervención médica debido a que la confiabilidad que ofrece la automatización es eficaz, siendo oportuna al permitir un monitoreo de las actividades a ejecutar por parte de la persona, sin necesidad de que el personal médico esté presente.

De la misma manera, este sistema además de ser una propuesta creativa para el campo de la medicina, cubre factores como el esfuerzo, donde la persona podrá tener un control total del sistema, en el que podrá medir la intensidad de las terapias a desarrollar, y ofreciéndole a las personas con discapacidad poder desenvolverse de forma autónoma en la sociedad, gracias al fortalecimientos de los músculos por medio de este dispositivo.

Asimismo, resulta preocupante que, en el departamento de córdoba, lugar donde se desarrollará esta investigación, no se hallen investigaciones enfocadas en este mismo objeto de estudio, lo que enmarca la importancia de este proyecto, resaltando que el diseño de los recursos como el hardware y software que se aplicaran en la investigación están fundamentados en los diferentes conocimientos adquiridos en la formación académica. Sin obviar que contará con un manejo fácil por parte del usuario, y contará con un manual que indicará las instrucciones de uso.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1 Estado del Arte

La composición de procesos mecánicos, electrónicos y procesamientos de la información, ha generado nuevas posibilidades para el diseño de procesos que se rigen bajo un control automático. La electrónica, permite esta integración entre diferentes disciplinas, resultando óptimo en el momento de generar soluciones hardware-software, donde se tienen mecanismos controlados electrónicamente y con sistemas de comunicación; en función de obtener resultados satisfactorios a través de un diseño sistemático.

De acuerdo a lo anterior, el presente trabajo investigativo propone el diseño y construcción de un dispositivo bajo la luz de la teoría electrónica como asistencia técnica para personas con discapacidad física en miembros superiores. Para ello, es imperativo conocer el estado de evolución que ha tenido este objeto de estudio en aras de desarrollo tecnológico, a través de documentos que señalan todos los logros alcanzados a través de la optimización de dispositivos que propicien el desarrollo y mejora de sujetos con incapacidad física.

Bajo la misma línea investigativa se halla el trabajo realizado por (Díaz et al, (2007)) titulado: *El aporte de la Biomecánica y la Ingeniería en Rehabilitación en la Ingeniería Biomédica de la EIA-CES*. La génesis de este proyecto se debe a la decisión que tomó el programa de Ingeniería Biomédica del convenio EIA-CES cuando definió las áreas de énfasis, enmarcadas dentro del contexto social y las múltiples necesidades que se tenían en el campo biomédico, momento en que estableció que la línea de Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación sería su prioridad. Es así como surgió un programa que ha buscado, desde sus comienzos, fortalecerse en esta área al involucrar desde el principio a sus estudiantes, docentes y directivos, no sólo en proyectos de investigación formativa y aplicada, sino también en entes que permitan establecer políticas públicas y privadas para mejorar la calidad de vida de las personas en situación de discapacidad (Díaz et al, (2007))

De acuerdo con lo anterior, en el año 2001 en la preparación de los primeros trabajos de grado y proyectos integradores, como elementos motivadores hacia una cultura investigativa, se empezó a fortalecer el área de Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación. En ese año se planteó como proyecto integrador el diseño y construcción de una órtesis electromecánica de tobillo, y para el año 2002 surgió el trabajo de grado titulado: *Modelo físico del sistema cardiovascular «Dynasim»*, el cual simulaba diferentes aspectos, situaciones fisiológicas y patológicas del sistema cardiovascular desde un enfoque biomecánico, para ser utilizado principalmente en docencia e investigación. Trabajo que recibió mención pública por parte de la Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos (SAI) y posterior a ello se convirtió en el primer proyecto de investigación de Ingeniería Biomédica liderado por ingenieros biomédicos del convenio EIA-CES.

A partir de entonces, y en los años siguientes, en el pregrado se desarrollaron diferentes proyectos de semestre tales como: el Prototipo de Prótesis Mioeléctrica de Codo, una Prótesis de Miembro Inferior Fabricada Con Materiales Compuestos, el Prototipo de Control Remoto Intraoral Para Personas Con Discapacidad Motora en el Miembro Superior; el cual recibió el primer puesto en la categoría *Docencia y Trabajos*

de Grado en Ingeniar Internacional en el año 2005, seguido de ello se encuentra el diseño de un Prototipo de una mano mecatrónica, entre otros.

Es así como toda una institución se unió para crear la línea de investigación en Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación inspirados en problemáticas reales de una población vulnerable entre sociedad. Idea que se constituyó en una propuesta de investigación planteada desde la Línea de Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación, llevó al origen del Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica EIA-CES (GIBEC). La exaltación a este grupo de investigación se debe a que a partir de todos los proyectos creados se logró construir dispositivos capaces de otorgar información cualitativa a los especialistas de otras ramas, siendo una herramienta útil en la valoración objetiva de los pacientes. Siendo entonces, una fuente referencial clave al momento de analizar los avances y alcances que haya tenido la tecnología en materia de salud. Y como ejemplo de ello, es el crecimiento de la línea de Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación, que más que ser una posibilidad de formación académica, y una posibilidad de formación investigativa y laboral, permitió que se adecuara un espacio en la sede de pregrado de la EIA para establecer un laboratorio, orientado en Prótesis y Órtesis para impulsar la investigación en materiales y dispositivos en esta área. Lo que motiva a otras instituciones a organizar semilleros investigativos dispuestos a resolver problemáticas que parecen invisibles, y que realmente necesitan una intervención tecnológica.

Del mismo modo, (Tibaduiza et al, 2009), diseñó un exoesqueleto mecatrónico de brazo basado en screws y robots paralelos, en función de resolver una de las mayores limitantes de las personas que cuentan con disminución en la fuerza de los músculos, por lo que automatizar este proceso permitiría a los profesionales en el área de rehabilitación tener una ayuda adicional para dar soporte, actuación y registro de la mejora del paciente. Es así como las órtesis activas o exoesqueletos han brindado un nuevo campo que permite aplicar técnicas de automatización y robótica para generar soluciones en este campo. El diseño del exoesqueleto propuesto en este trabajo se dividió en dos componentes fundamentales; por un lado, el desarrollo mecánico, conformado por un análisis biomecánico de la marcha y de la antropometría humana, y el diseño del mecanismo de actuación; y por otro lado el sistema de control, compuesto por el sistema de adquisición y procesamiento de señales, y por los algoritmos y software de mando y monitoreo. Cuyos resultados demostraron que es posible modelar a una persona con sus parámetros biomecánico. Este sistema permite automatizar y optimizar las terapias del brazo humano haciéndolas más intensivas, desplazando el papel del terapeuta hacia uno donde la principal tarea sea el correcto diagnóstico y análisis de la patología.

Posteriormente, en el año 2010 se presentó en México una propuesta innovadora en función de ayudar a personas con discapacidad parapléjica a partir del diseño de un mouse óptico facial diseñado por (Torres et al, (2010).) En este trabajo se presentó un diseño de un Mouse Óptico Facial con una interfaz electrónica basada en dispositivos optoelectrónicos, para lo cual se utilizó un microcontrolador con módulo USB. El proyecto consintió en implementar el desarrollo de un dispositivo y un software que permita que personas con discapacidades motrices severas en extremidades superiores puedan acceder y utilizar una computadora, en especial las que presentan cuadriplejia. Por este motivo se desarrolló un protocolo de comunicación mediante luz infrarroja (IR) para

tener control inalámbrico del cursor de la computadora. Se ha diseñado un dispositivo mecánico capaz de ajustarse a los diferentes contornos faciales, lo que aprovecha de forma óptima los movimientos faciales de una persona cuadripléjica. Cabe mencionar, que en este diseño fue necesario un software que emulara un teclado físico en la pantalla de la computadora, el cual, permitió la escritura de caracteres en cualquier procesador de textos.

Al finalizar la propuesta tecnológica los autores obtuvieron resultados eficaces, puesto que, el diseño final fue bastante confiable, robusto y barato para su construcción, ya que todos los dispositivos electrónicos utilizados son comercialmente disponibles en cualquier comercio de electrónica en México. Este proyecto, se convierte en base fundamental para desarrollar interfaces optoelectrónicas para personas que cuenten con otras discapacidades que no se encuentren al alcance de este prototipo. La versión utilizada en el USB es la versión 2.0, compatible con el tipo de concentrador que se utilizó, y gracias al protocolo SIRC se pudo diseñar un dispositivo de bajo costo, inalámbrico, fácil de usar en la computadora sin necesidad de instalar ningún driver.

(Torres et al., (2013)), en su proyecto presentan una metodología para el análisis y diseño de un soporte de cadera ajustable para la rehabilitación de extremidades inferiores en niños con mielomeningocele a partir de dos órtesis de dos grados de libertad cada una; definida como un apoyo o dispositivo externo que se aplica al cuerpo para modificar los aspectos funcionales o estructurales del sistema neuromusculoesquelético, para así recrear los patrones neuromusculares de las piernas. Como resultado se obtuvo un rehabilitador mecatrónico para extremidades inferiores capaz de reproducir el ciclo de marcha humana. Se destaca que el diseño del soporte de cadera y espalda ajustable del rehabilitador se basó en la antropometría de infantes mexicanos y con las reacciones que provocan las órtesis en el soporte de cadera, estas se obtuvieron por medio de una simulación dinámica, seguida de otras simulaciones transitorias y de vibraciones al soporte. Los resultados del desarrollo del soporte, permitieron visualizar el funcionamiento del rehabilitador completo y planificar el diseño de la estructura que sujetaría al rehabilitador y al paciente.

Seguidamente, se cita un ensayo desarrollado por (Vélez, 2013), cuyo título es *Sistemas Inteligentes En Exoesqueletos De Rehabilitación*, el escrito señala que la discapacidad por deterioro de las habilidades motoras o por accidentes en personas económicamente activas, es importante, ello reforzado con datos proporcionados por el INEGI sobre Población Económicamente Activa, el Producto Interno Bruto y la Población de Discapacitados, en el que se considera que las investigaciones que pretenden extender el impacto de la robótica cooperativa en la rehabilitación de miembros y/o asistencia permanente a través de los exoesqueletos robóticos son un sistema mecatrónico, que conlleva la unión de varias disciplinas. El traer a colación este ensayo funciona como un apoyo a la hipótesis investigativa del presente trabajo, sustentando así la importancia de implementar la tecnología en la rehabilitación física. Esto porque, en el escrito se lee que los trabajos realizados entre el sector de la salud y la ingeniería han reconocido la importancia de desarrollar dispositivos que logren mejorar la vida del ser humano, sobre todo después de percances difíciles de superar.

El ensayo respalda que las universidades cuentan con alumnos en formación y con académicos que son la guía en el desarrollo científico, en el que juntos se involucran y se percatan que están para la solución de problemas reales, en carácter de calidad de vida, y no solo para funcionar como una maquinaria o empresa movida por el criterio de ganancia; de ahí que se conciba a la población discapacitada como un grupo que desea seguir construyendo su futuro.

Ahora bien, otra investigación de este tipo es la realizada por (Contreras B., 2014), titulada, *Diseño de un dispositivo para la movilidad de personas con discapacidad motriz usando el método función de calidad*. Este artículo describe el diseño de un dispositivo de movilidad para personas con discapacidad motriz entre los ocho y quince años de edad, con patologías T12 y que no tengan patologías concomitantes en miembros superiores. Éste estudio tuvo como fase inicial la obtención de los requerimientos del cliente, seguido de la transformación de estos a partir de la herramienta llamada función de calidad (QFD - Quality Function Deployment), y el uso de diferentes métodos de evaluación del diseño obtenido. Después de caracterizar de una manera cuantitativa lo cualitativo, se procedió a desarrollar un proceso sistémico que generara los elementos particulares para llegar a concretar el diseño que uniría los elementos técnicos y los requisitos del cliente (usuario). Finalmente, se llevaron a cabo varios diseños mediante el software Solid Edge; para después seleccionar el modelo más propicio que respondiera a los requisitos del usuario, datos que fueron arrojados por QFD, Quality Function Deployment, junto con otras metodologías de diseño.

Este trabajo permitió determinar que los usuarios que hacen uso de sillas de ruedas involucrados en la encuesta realizada en el estudio presentaron insatisfacción con el dispositivo. Ello ayudó a definir los requisitos que resultan relevantes al momento de crear un boceto de diseño que esté encaminado en mejorar las condiciones de las personas con discapacidad, y específicamente las condiciones de vida de niños y adolescentes que se encuentran en un periodo de crecimiento.

Igualmente, (Sosa et al, 2017) en su artículo denominado *Diseño de un Prototipo de Exoesqueleto para Rehabilitación del Hombro*; plantea que la discapacidad motora es un problema a nivel mundial y según el censo realizado en el año 2010 del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), en México, las personas con problemas de movilidad representan el 58.3 % de la población con discapacidad. Para afrontar esta problemática, se han desarrollado un dispositivo cuyo objetivo era lograr que este artefacto generara los tres movimientos básicos del hombro, que son: flexión-extensión, abducción-aducción y rotación interna-externa, considerando las medidas antropométricas de la población objeto de estudio. Para el diseño del prototipo se utilizó una adaptación de la metodología de diseño mecatrónico de robots. El diseño propuesto fue validado mediante simulaciones numéricas en Matlab® y en ADAMS™, comprobando el rango de movilidad de cada articulación. Además, se realizó el análisis de los elementos determinados para cuantificar los esfuerzos y las deformaciones en el exoesqueleto, verificando la selección de materiales para su manufactura. Los autores determinaron que, en las últimas décadas, la robótica de rehabilitación ha tenido un gran desarrollo en países de primer mundo, pero en países como México, la robótica resulta ser un área emergente en cuanto a investigación y desarrollo tecnológico. Actualmente el

exoesqueleto se encuentra en fase de manufactura para contar con el prototipo físico que permita validar experimentalmente los resultados mostrados en este trabajo.

Continuando con las investigaciones cuyo objetivo es ayudar en la rehabilitación de discapacidades físicas, (Acevedo et al, 2017) aplicó la tecnología para la rehabilitación de lesión en el miembro superior específicamente en la población infantil, con el objetivo de aportar una alternativa técnica que facilite la calidad de vida de niños que sufren este tipo de discapacidad. Ello porque las lesiones de miembro superior ocasionan un profundo impacto en la calidad de vida del paciente, resaltando que, en el proceso de recuperación del paciente, debe permitírsele jugar un papel activo en su proceso de rehabilitación. Por esta razón, las nuevas tecnologías como la robótica, han decidido abordar este problema. En el artículo los autores plantean que para la realización de éste dispositivo se realizó una revisión pertinente de componentes teóricos sobre dispositivos y sistemas robóticos para rehabilitación del miembro superior en niños, lo que incluyó algunos que aún se encuentran en fase de desarrollo, con el fin de ofrecer un panorama global sobre los diseños y soluciones que faciliten el avance de este dispositivo, para así determinar lo componentes a tener en cuenta al momento de crear el dispositivo bajo esta tecnología, y así obtener resultados favorables. El escrito permite concluir que al momento de diseñar y crear un dispositivo que responda a mecanismos tecnológicos y robóticos se deben conocer los resultados que esta propuesta ha obtenido en demás investigaciones sometidas a una misma problemática. Lo que sustenta la realización de este estado del arte con el fin de identificar las distintas fases por las que se debe pasar al momento de proponer un equipo tecnológico que garantice una ayuda técnica para las personas con discapacidad muscular.

También se trae a colación el estudio denominado; *Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora*, desarrollado por (Altamirano et al, (2017)) . En su estudio sostienen que la discapacidad física se puede definir como un obstáculo causado por restringir o dificultar el rendimiento deportivo de la persona afectada. Esto quiere decir que este efecto existe en los brazos, piernas o en ambos. Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar un sistema electrónico para activar la actividad física, ayudando a las personas con trastornos del movimiento al proporcionarles independencia y mejoras en la calidad de vida, a partir del uso de estándares de comunicación inalámbrica de bajo costo.

En el proceso de desarrollo, se utilizaron elementos de hardware, como el sensor de aceleración ADLX 335, y la placa de desarrollo Arduino UNO. Se desarrolló un software utilizando Arduino IDE, que puede administrar el equipo desarrollado e identificar movimientos voluntarios e involuntarios. A partir de las evaluaciones realizadas, se pudo determinar que el diseño del sistema permite ligeros movimientos de los antebrazos o piernas para controlar eventos físicos, convirtiéndose así en una herramienta para ayudar a las personas con impedimentos de movilidad, permitiéndoles realizar actividades antes imposibles al incrementar sus capacidades independientes.

(Vallejo, (2018).) Elaboró una investigación direccionada hacia el *Control bioeléctrico de un robot para la asistencia de discapacidad de extremidades superiores*. El propósito de esta investigación fue diseñar e implementar la interfaz entre el sistema

de control del manipulador y el sistema de procesamiento de señales de electromiografía de superficie (sEMG), y utilizar la pulsera Myo para recopilar datos de las señales sEMG recopiladas de los músculos bíceps y tríceps. La actividad muscular a través de sensores de superficie puede ser procesada, identificada, verificada y controlada por señales del brazo. El programa se ejecuta en la plataforma Matlabdo Simulink, De esta forma, la extracción de las características de la señal EMG, se analizaron los valores aproximados de tiempo y frecuencia, y se verificó que los parámetros obtenidos al extraer las características fueron: EMG Integral (IEMG), Valor Absoluto Medio (MAV), Valor Medio Cuadrado (valor cuadrático medio (RMS), varianza (VAR) y (SSI), frecuencia de potencia media (MNP), frecuencia de potencia media (MNF), (SM3) están diseñadas para identificar los diferentes movimientos del brazo en las posiciones de extensión y contracción del codo.

Para clasificar el movimiento, se utilizó una red neuronal artificial para activar los grados de libertad del robot. Para la interfaz entre el sistema y el robot, se utilizó un microcontrolador que genera acciones de control para el robot y envía los datos a la herramienta Matlab Simulink. Pruebas HIL y SIL. Además, se instaló una cámara en el robot, que proporciona información sobre las coordenadas de la posición de la boca y la posición de la comida en la mesa.

La investigación titulada: *Algoritmo de metodología para desarrollar dispositivos mecatrónicos como ayuda a personas con distrofia muscular* realizado por (Luengas C, 2018), se enfocó en generar un algoritmo que permitiera desarrollar un dispositivo mecatrónico como una ayuda tecnológica para personas con discapacidad física; esto porque el autor sostiene que el avance tecnológico permite desarrollar equipos tecnológicos y ayudas técnicas que apoyen los tratamientos dirigidos a un paciente. Es por eso, que en esta investigación se tomó como base una clasificación del diseño de estudio; de tipo descriptivo, para así proponer la metodología de diseño e implementación de dispositivos de ayuda técnica en personas con distrofia muscular. La propuesta hizo referencia al conjunto de técnicas, procedimientos y soportes documentales empleados en el diseño de sistemas de ayuda técnica, donde se integraron aspectos diversos de tal forma que el proceso global fuera lógico y comprensible. Al final, esta investigación obtuvo resultados favorables, cuyos resultados respondieron a que el diseño obtenido comprendió el desarrollo de cuatro metodologías, iniciando con el proceso investigativo, luego el dispositivo mecánico, después el sistema electrónico y finalizó con el sistema de comunicación. Éste estudio se realizó bajo pautas meticulosas en cuanto a la construcción del dispositivo de ayuda para así asegurar un dispositivo funcional. El diseño fue probado con resultados favorables; concluyendo que, en el área de rehabilitación física, es conveniente combinar los conocimientos médicos con los ingenieriles para obtener soluciones tecnológicas que les faciliten las actividades a personas con discapacidad física. El diseño desarrollado, al contar con un conjunto ordenado de operaciones sistemáticas y una serie de pautas específicas para la ejecución de actividades, en el que se dirigen una serie de etapas, permitió solucionar el tipo el problema investigativo, corroborado la pertinencia de la tecnología en el campo de la salud.

Otro avance investigativo en esta materia es la desarrollada por (Gudiño et al, 2019) titulada: *Diseño y construcción de un dispositivo mecatrónica para terapia*

ocupacional para niño. En este trabajo se diseñó y construyó un sistema mecatrónico para apoyar a niños con discapacidad motriz en la extremidad superior (brazo) enfocado en las terapias ocupacionales. La razón que ocasionó el diseño de este equipo fue la falta de mecanismos que brinden ayuda al terapeuta en la realización de las sesiones de recuperación y que a su vez motive al paciente, en este caso al niño a realizar la terapia. El diseño fue realizado con el software CAD como es SolidWorks y se construyó con material suave y resistente para no dañar al infante. Además, se añadió al dispositivo un juego de led para que le sea más atractivo e interesante al niño. Este equipo experimental de rehabilitación fue probado en un centro de rehabilitación de niños con problemas motrices y la respuesta de los infantes fue exitosa.

El diseño de este sistema mecánico permitió que el paciente obtuviera una recuperación de la lesión o discapacidad presentada de forma recreativa. Este tipo de dispositivo permite realizar ejercicios mecánicos para que el paciente logre por sí mismo la habilidad de estirar y retraer sus extremidades superiores, ayudando a mejorar la movilidad y fuerza de la mano. El dispositivo de rehabilitación va enfocado a infantes de uno a tres años por lo que el dispositivo fue diseñado con las características y dimensiones adecuadas.

De acuerdo con lo anterior, al identificar los avances de la tecnología en la medicina, especialmente en el desarrollo de equipos mecánicos y tecnológicos que facilitan la realización de actividades en personas con discapacidades físicas, se determina el papel vital que cumple la tecnología dentro de la medicina, en el que no se busca reemplazar al médico sino que se pretende brindar una ayuda que esclarezca los progresos del paciente, así como otorgarle a la persona una herramienta nueva, llamativa y actualizada que disminuya el esfuerzo físico de las terapias y haga de los ejercicios algo enriquecedor y creativo, que bajo la lupa de la automatización facilite, ayude, y conceda una realización óptima con resultados eficaces.

2.2 Marco Conceptual

El número de dispositivos relacionados con este tema ha aumentado considerablemente y, debido a su potencial para mejorar el tratamiento, se pueden encontrar diferentes ejemplos en miembros superiores e inferiores en todo el mundo. Para los fisioterapeutas y traumatólogos, este es un trabajo muy valioso, y pueden encontrar varios ejemplos de su uso en la rehabilitación de diferentes lesiones.

La mayor ventaja que brindan estos sistemas es que pueden ayudar a realizar tratamientos simples, repetitivos e intensivos, incluso sin la ayuda real del terapeuta. Algunos esfuerzos actuales están dirigidos a crear dispositivos portátiles que se puedan usar en el hogar y en las actividades diarias; otros se centran en la rehabilitación clínica u hospitalaria, principalmente para pacientes con nuevas operaciones o lesiones a largo plazo. Para los expertos, una de las características más útiles es la capacidad de estos dispositivos para obtener datos de tratamiento, así como poder evaluar el estado del paciente y tomar decisiones en función de este.

Diversos autores han planteado la relación que existe entre la aplicación de herramientas electrónicas y la medicina; especialmente en lo referente a la rehabilitación y asistencia médica, por lo que la han considerado como un factor fundamental dentro del proceso de recuperación de los músculos atrofiados. A continuación, se presentan algunas teorías que apuntan a este objeto.

2.2.1 Discapacidad Motriz

La discapacidad se define como una condición que limita principalmente la capacidad física de una persona. Las personas con problemas de movilidad son aquellas que tienen cambios temporales o permanentes en su equipo de ejercicio debido a anomalías en el sistema nervioso central, huesos, articulaciones, músculos y / o sistema nervioso, y tienen una capacidad de ejercicio limitada en diversos grados. El sistema de movimiento de las personas afectadas por estos cambios es obviamente desventajoso, dependiendo de las limitaciones de postura, movimiento, coordinación y manipulación.

Los trastornos del movimiento incluyen diagnósticos por muchas razones y puede o no estar acompañado de trastornos sensoriales, cognitivos, del lenguaje o del comportamiento. Incluso las personas con el mismo diagnóstico pueden necesitar diferentes apoyos y diferentes niveles de intensidad (Destarac, (2018).)

2.2.1.1 Alteraciones en el Sistema Osteoarticular. Incluye deformidades que afectan huesos y articulaciones, que pueden ser congénitas (artritis, acondroplasia e hipoplasia) o adquiridas (reumatismo y traumatismos en niños).

2.2.1.2 Alteraciones en el Sistema Muscular. Se denominan "miopatía" y son cambios congénitos del músculo esquelético caracterizados por degeneración y debilidad voluntaria del músculo.

Según el grado de afección:

2.2.1.3 Leves: Personas con poca actividad o falta de coordinación.

2.2.1.4 Moderados: Las discapacidades son tan graves que pueden afectar el caminar, el cuidado personal y la comunicación, pero no pueden quedar completamente discapacitados.

2.2.1.5 Severos: La discapacidad no tratada es casi completamente irreversible.

2.2.2 PCI (parálisis cerebral infantil)

Bajo el término parálisis cerebral, se conoce la patología del cerebro antes de que su desarrollo y crecimiento sean completos, permanentes (irreversibles y duraderos de por vida) y no progresivos (no aumentarán ni disminuirán). No es una enfermedad degenerativa, se caracteriza por cambios de postura, entonación y movimiento. Esta lesión puede ocurrir durante el embarazo, el parto o los primeros años de vida, y puede ser causada por una variedad de razones, como infección intrauterina, malformación cerebral, parto prematuro y asistencia de parto incorrecta.

Produce otros cambios funcionales superiores como la atención, percepción, memoria, lenguaje y razonamiento e interferirá con el tipo, ubicación, magnitud y disfunción del daño nervioso y el nivel de madurez de la estructura anatómica del cerebro cuando se produzca este daño. El desarrollo del sistema nervioso central afectará el proceso de maduración del cerebro, lo que afectará el desarrollo de la persona.

Según el efecto de la función, existen las siguientes diferencias:

Espástica. La lesión se localiza en el sistema de cono que controla el movimiento voluntario. Al realizar ejercicio voluntario, se caracteriza por hipertonía (aumento del tono muscular). Este lenguaje fue interrumpido explosivamente por una larga pausa. Afecta al 75% de los pacientes con PC.

Atetósica. La lesión se localiza en el sistema extrapiramidal. Se caracteriza por impaciencia, movimientos y contracciones incontrolables y fluctuaciones en la tensión muscular entre hipertónica e hipotónica. La lengua, la masticación, las articulaciones y los músculos respiratorios se ven afectados. Suele ocurrir en el 10% de los casos de parálisis.

Atáxica. La lesión se localiza en el cerebelo, afectando la postura y el equilibrio, dando lugar a descoordinación de los movimientos espontáneos, hipotonía o hipotonía, dificultando que mantengan el tronco y la cabeza erguidos, va de leve a grave, afectando al 8% de los casos con PC.

Mixta. Aparecen los síntomas de la categoría anterior, y las lesiones se localizan en diversas áreas del sistema nervioso central. Según la forma del cuerpo humano, se puede distinguir de las siguientes maneras:

Monoplejía. Solo afecta a una extremidad.

Hemiplejía. Afecta a dos miembros del mismo lado del cuerpo.

Paraplejía. Afecta a las extremidades inferiores.

Triplejía. Afecta a tres miembros.

Tetraplejia. Afecta a las cuatro extremidades. Cuando las piernas están más comprometidas que los brazos se denomina paraplejia, la PC puede estar relacionada con otro tipo de trastornos sensoriales y cognitivos, trastornos del lenguaje (disfonía, disartria, afasia...), trastornos del desarrollo emocional y de la interacción social (Universidad de La Rioja.)

2.2.3 Descripción del Miembro Superior

El conocimiento del miembro superior y las repercusiones que tiene una lesión sobre éste, son esenciales para un adecuado y correcto diseño de un dispositivo electrónico de rehabilitación. Por un lado, el estudio de los movimientos relacionados al miembro superior aporta los datos necesarios para la ingeniería de requerimientos de la máquina, como lo son los rangos y velocidades de movimiento, y permite definir el uso que se le daría al dispositivo teniendo en cuenta la patología. Por otro lado, dicho estudio permite que se puedan establecer las condiciones de seguridad que el dispositivo debe tener, no sólo a nivel de software, sino también de hardware. Dichas condiciones están relacionadas a los límites de movimiento del miembro superior y a la lesión del paciente.

Este capítulo estudia y describe la biomecánica de los miembros superiores que permitirá realizar un modelo musculoesquelético apropiado de la región de interés correspondiente al hombro y brazo humanos.

La importancia de contar con este modelo electrónico para el miembro superior, radica en el estudio y análisis que puede hacerse acerca de las sinergias musculares durante la realización de un movimiento, y su comparación con la movilidad que presenta un paciente patológico.

De las extremidades superiores del sistema esquelético debe destacarse el hombro porque es un sistema muy complejo e interconectado que puede producir movimientos infinitamente complejos en el espacio (Palastanga, (1998).) El hombro es la articulación proximal del miembro superior y es el más activo de todos los miembros. El cuerpo humano. Consta de cinco articulaciones, las cuales se llaman *complejos de hombros*. Según (Kapandji, (2007).) el complejo de la articulación del hombro se divide en dos grupos:

1. **Articulación Glenohumeral Y Articulación Subdeltoidea:** Ésta última no se reconoce como una articulación desde el punto de vista anatómico, pero sí desde el punto de vista fisiológico, ya que se compone de dos superficies que deslizan entre sí y está mecánicamente unida a la articulación glenohumeral).
2. **Articulación escapulotorácica, articulación acromioclavicular y articulación esternoclavicular.**

Escápula. Es un hueso plano triangular ubicado en la parte posterior y exterior del pecho, que puede proporcionar estabilidad a la articulación del hombro. El hueso del casquete del hombro está suspendido en el músculo y apoyado en una posición lateral por el soporte de la clavícula, aunque todavía es muy móvil en relación con la cavidad torácica. En la parte inferior y superior de la cavidad glenoarticular se encuentran los orígenes del bíceps y la cabeza larga del tríceps, que pueden hacer que los hombros se muevan normalmente.

Clavícula. Es el hueso subcutáneo que se extiende desde el nivel del esternón hasta el acromion y mantiene el brazo alejado del torso. El hueso del casquete del

hombro y la clavícula juntos forman un cinturón de hombro G. El cinturón de hombro transmite el peso de las extremidades superiores a los huesos axiales y les proporciona un amplio rango de movimiento. Dos tercios de la clavícula sobresalen hacia adelante y muestran una apariencia triangular en sección transversal. La clavícula puede moverse hacia arriba o hacia abajo en acciones llamadas subir y bajar, respectivamente. También se puede mover hacia adelante y hacia atrás moviéndose hacia adelante y hacia atrás (movimiento hacia adelante y hacia atrás) (movimiento hacia adelante y hacia atrás) respectivamente. Estos movimientos ocurren entre el esternón y el menisco en la misma unión supraclavicular. Finalmente, la clavícula puede girar hacia adelante a lo largo de su eje longitudinal (Netter, (2001).)

Cintura Escapular. Está compuesto por la clavícula y el hueso de la caperuza, pero la escápula es la base de los tres tipos de movimiento que puede presentar el cinturón G del hombro: movimiento lateral, vertical y rotacional, llamado forma de campana. El movimiento de la bandolera puede incrementar el rango de movimiento de la articulación del hombro, y todos estos movimientos mantienen los hombros alejados del tronco, asegurando así una mayor libertad de movimiento de las extremidades superiores.

Articulación Esternoclavicular. Proporciona la única conexión esquelética entre la correa del hombro y las extremidades superiores y el torso. El movimiento de las articulaciones de la clavícula y esternoclavicular se produce en dos direcciones, dando a las articulaciones dos grados de libertad.

Articulación Acromioclavicular. El papel de esta articulación en el movimiento del cinturón del hombro se considera más importante que la articulación acromioclavicular, especialmente en la flexión y extensión de la articulación del hombro. Su estabilidad depende de dos ligamentos, el cónico y el trapezoidal. Todos los movimientos de la articulación acromioclavicular (excepto los movimientos axiales) son movimientos deslizantes. La articulación acromioclavicular tiene tres grados de libertad en tres ejes: en el eje vertical, movimiento en el eje sagital y rotación axial (Tecee, et. al., (2008).)

Articulación Escapulotorácica. No es una articulación típica que conecta los huesos, sino que se basa en dos músculos, el músculo serrato anterior y el músculo de la caperuza inferior, los cuales están conectados al hueso del casquete del hombro y se mueven a través del movimiento de cada hueso del hombro. Estos músculos tienen dos acciones básicas: pueden contraerse para estabilizar el área del hombro; y pueden promover el movimiento de las extremidades superiores colocando correctamente la articulación glenohumeral.

Húmero Y Articulación Glenohumeral. El húmero es el hueso más grande del miembro superior. La articulación glenohumeral se encuentra entre la cabeza del húmero y la cavidad glenoidea del casquete del hombro, y es la articulación más activa del cuerpo humano. Gracias a él, el ser humano puede realizar ejercicios de flexión y extensión, ejercicios de abducción y aducción, rotación interna y externa del hombro y rotación externa.

2.2.4 Sistema Óseo del Codo

El codo es la articulación media de la extremidad superior, que conecta mecánicamente la primera parte (brazo) a la segunda parte (antebrazo). Anatómicamente hablando, es una articulación única con una cavidad articular, que tiene dos funciones:

1. **Flexión Y Extensión:** Requiere la función de la articulación humeral-cubital y la prótesis humeral, que se consideran articulaciones en bisagra. Gracias a esto, los seres humanos pueden alimentarse (Frankel., (2004).)
2. **Sinónimo:** Es el movimiento de rotación del antebrazo alrededor de su eje longitudinal. Requiere una articulación radiocubital proximal, que se considera una articulación cicloide. Debido a este movimiento, la mano como efector final se puede colocar en cualquier ángulo para poder agarrar el objeto.

Los huesos que forman el antebrazo son los siguientes:

Cúbito. Son los huesos internos del antebrazo con las extremidades voluminosas hacia arriba. También se le llama "ulna".

Radio. Es el hueso externo del antebrazo, ubicado fuera del cúbito, en la parte externa del antebrazo. Junto con el cúbito, son el soporte óseo del antebrazo.

2.2.5. Sistema Muscular

El sistema muscular es el principal responsable del movimiento de órganos y huesos. Cuando los 650 músculos del cuerpo humano se mueven al unísono y son controlados por el sistema nervioso central, se produce un movimiento estable, armonioso y sincronizado. Este movimiento está íntimamente relacionado con la microestructura muscular que produce la contracción del movimiento tisular (Ramírez, (2011).). A continuación, se describen las características más importantes del tejido muscular, como su estructura y composición.

2.2.6 Lesiones del Miembro Superior (LME)

Las enfermedades que afectan a las extremidades superiores se deben principalmente a tres motivos: Accidente cerebrovascular, lesión musculoesquelética (LME) y esclerosis múltiple. Otras enfermedades que pueden afectar la movilidad de hombros y brazos, serían: distrofia muscular, lesión del plexo nervioso Braquial, tumor cerebral, traumatismo craneoencefálico, lesión de la médula espinal, enfermedad de Parkinson, etc.

Los orígenes de la LME son variados, pero el más común se debe a accidentes (caídas, accidentes laborales o deportivos, automóviles, etc.). Siendo un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, articulaciones y ligamentos. Las ubicaciones más comunes de los nervios son el cuello, la espalda, los hombros, los codos, Las muñecas y las manos, siendo estas las extremidades superiores (Mcbeth, (2007).)

Las lesiones musculoesqueléticas son la segunda causa de discapacidad; la primera razón se debe a accidentes cerebrovasculares. La consecuencia directa es la pérdida total o parcial de la movilidad de determinadas partes del cuerpo. Según los datos publicados por la Organización Mundial de la Salud en 2013, hay 1.700 Millones (una cuarta parte) de las

personas en todo el mundo que sufren lesiones musculares (Murray, (2014).) y entre el 20 y el 25% están directamente relacionados con el hombro (Woolf, (2013).)

2.2.8 Electrónica

La electrónica es una rama de la física aplicada que comprende la física, la ingeniería, la tecnología y las aplicaciones que tratan con la emisión, el flujo y el control de los electrones u otras partículas cargadas eléctricamente en el vacío y la materia. La identificación del electrón en 1897, junto con la invención del tubo de vacío, que podía amplificar y rectificar pequeñas señales eléctricas, inauguró el campo de la electrónica y la edad del electrón. La electrónica trata con circuitos que involucran componentes eléctricos activos como tubos de vacío, transistores, diodos, circuitos integrados, optoelectrónica y sensores, asociados con componentes eléctricos pasivos y tecnologías de interconexión. El comportamiento no lineal de los componentes activos y su capacidad para controlar los flujos de electrones hace posible la amplificación de señales débiles.

La electrónica es ampliamente utilizada en el procesamiento de datos, en las telecomunicaciones y en el procesamiento de señales. Esta distinción comenzó alrededor de 1906 con la invención de Lee De Forest del triodo, que hizo posible la amplificación eléctrica de señales de radio y señales de audio débiles con un dispositivo no mecánico. El estudio de los dispositivos semiconductores y la tecnología relacionada se consideran una rama de la física del estado sólido, mientras que el diseño y la construcción de los circuitos electrónicos para resolver problemas prácticos concierne a la ingeniería electrónica. Este artículo se centra en los aspectos de la ingeniería de la electrónica.

2.2.9 Ingeniería de Rehabilitación

La ingeniería de rehabilitación se puede definir como la aplicación de soluciones técnicas a diversos problemas que las personas con discapacidad encuentran en su vida diaria. En la actualidad, debido al progreso acelerado de la tecnología de rehabilitación en terapia, este concepto es posible plantearlo.

La terapia más utilizada consiste en ejercicios repetitivos, que bajo la guía del terapeuta se aprenden algunas habilidades motoras para resolver una serie de tareas. Por lo tanto, mediante la aplicación de la ingeniería de rehabilitación, los cursos de tratamiento pueden complementarse y, por lo tanto, ser más estimulantes. Por otro lado, la rehabilitación con robots tiene sus ventajas y desventajas frente a la rehabilitación tradicional. Esto porque la rehabilitación tradicional puede aumentar considerablemente la presión sobre los niños para que busquen atención médica y, por lo general, no es adecuada para sus necesidades; además, no es suficiente para la rehabilitación intensiva con ejercicios. Del mismo modo, la rehabilitación de robots también tiene las deficiencias previsible, es decir, el operador del sistema debe tener conocimientos de programación y electrónica. Además, debido a la disponibilidad de hardware, puede haber restricciones en muchos casos, lo que no ocurriría en las reparaciones tradicionales; otra desventaja es un cierto grado de inseguridad ante lesiones mecánicas (Zhou, (2008))

No obstante, las ventajas de la rehabilitación robótica consisten en una mayor efectividad de las terapias aplicadas, creando nuevas alternativas de rehabilitación. Además de aumentar la capacidad de los pacientes y brindar nuevas formas de asistencia, las nuevas tecnologías en rehabilitación también pueden reducir el uso de equipos tradicionales; mejorando el proceso de rehabilitación general. Sin embargo, a medida que la población crece y la tecnología se

vuelve más popular, es necesario aumentar la versatilidad de los equipos utilizados para satisfacer las nuevas demandas (Napper, (1989)).

2.2.10 Equipos Robóticos Para la Rehabilitación

Actualmente, se pueden encontrar diferentes paquetes de cálculo para construir y simular el modelo musculoesquelético humano. Algunos también permiten modelar diferentes animales, como monos o ratas. Entre las opciones existentes, se cuenta con una variedad de herramientas y softwares de alto costo, así como gratuitos, e incluso de código abierto. A continuación, se muestra una descripción de cada producto en el mercado.

Software Para Modelado Musculoesquelético Interactivo (SIMM). Fue desarrollado por la Universidad de Stanford en 1990 y actualmente está en el mercado proporcionado por Motion Analysis Corporation. Este paquete de cálculo es la más conocida y utilizada en varias encuestas que buscan modelar un sistema musculoesquelético. También permite simular la dinámica del movimiento humano al caminar, correr, subir escaleras o montar en bicicleta. Se han desarrollado métodos para comprobar las consecuencias biomecánicas de los procedimientos. También SIMM cuenta con modelos para animales como ranas, cucarachas y Tyrannosaurus, estos modelos son muy útiles y adecuados para biólogos que utilizan este software. Entre sus defectos, se puede mencionar que no brinda mucha ayuda en el proceso de simulación, debido a que estimula los músculos, produce movimientos coordinados, pero tiene limitaciones (López, (2010))

OpenSim. Fue desarrollado por un grupo de investigadores a principios de la década de 1990. Pertenece a Simbios, el Centro de Computación Biomédica de la Universidad de Stanford es parte de los Institutos Nacionales de Salud (NIH). A diferencia de SIMM, OpenSim es un software de código abierto. El creador de OpenSim posee un sitio web (Www.Simtk.org) donde puedes crear uno o más proyectos para compartir con el resto. OpenSim es una aplicación compleja, ha desarrollado una variedad de modelos siendo capaz de analizar gráficamente la biomecánica del cuerpo humano. El software está escrito en Interfaz gráfica en C++ y Java, permite importar y exportar múltiples modelos usando SIMM (Delp, et. al., (2007).)

AnyBody Modeling System. El software fue creado en 1998 por investigadores del Instituto de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Aalborg, Dinamarca. Es uno de los paquetes de modelado y simulación más complejos que existen en el mercado. Puede ejecutar el análisis cinético y ergonómico del cuerpo humano. Tiene varios modelos que se pueden utilizar como base, y su documentación es extensa, Porque además del manual general, el manual también contiene varios tutoriales y videos de todos los aspectos del modelado del músculo-esquelético. También permite realizar simulaciones biomecánicas para aplicar fuerzas externas y estudiar el efecto de la intervención en la dinámica humana. Debido a que tiene todas estas herramientas, el precio es alto (Damsgaard, et. al., (2006).)

Software de Modelado Musculoesquelético (MSMS). La Universidad del sur de California desarrolló el software de modelado Musculoesquelético en 2007

(MSMS), caracterizado por ser una aplicación que permite modelar y simular sistemas musculoesqueléticos de seres humanos y animales (gatos, ratas, monos, etc.). Además, también proporciona la capacidad de modelar la prótesis y el entorno, por lo que provee un espacio virtual donde los pacientes pueden interactuar como parte del plan de rehabilitación. MSMS es gratuito y tiene suficiente documentación, así como herramientas que permiten vincularlo a Matlab / Siulinkr. Para la simulación del sistema controla y crea animaciones de modelos en tiempo real o fuera de línea, e importa modelos de OpenSim, SIMM y SolidWorks (Davoodi, (2012).)

Entre las aplicaciones que tiene este software están:

1. Simulación del control de movimiento en humanos y animales.
2. Simulación de prótesis controladas por electromiografía en pacientes amputados.
3. Simulación de sistemas de control para pacientes con músculos paralizados.
4. Entornos virtuales para rehabilitación de pacientes con movilidad limitada.
5. Estudio de la biomecánica del movimiento.
6. Simulación de experimentos de fisiología muscular.
7. Modelado y simulación de sistemas mecatrónicos, como robots y prótesis.

LifeMOD. Está construido sobre MD ADAMSr y permite el acceso a diferentes parámetros como fuerza, desplazamiento, velocidad, aceleración, par y ángulo. Puede obtenerse de dinámicas positivas y tiene una base de datos antropométrica utilizada para crear Modelo automático. (Guess, et. al., (2012).)

2.2.11 Dispositivos de Rehabilitación de Miembro Superior

Se pueden encontrar ejemplos de equipos de robot para extremidades superiores desde la década de 1990. Muchos de estos primeros prototipos eran tipos de efectores finales, donde la mano del usuario se guía sobre una superficie plana, y fue a principios del siglo XXI, cuando comenzaron a aparecer exoesqueletos en los que el paciente puede realizar movimientos en 3D (Proietti, et. al., (2016).)

Exoesqueletos de miembro Superior. En 1994, la Universidad de Newcastle upon Tyne, Reino Unido, se propuso un proyecto de tres años que dio lugar a la órtesis MULOS (Sistema eléctrico de corrección de miembros superiores). El mecanismo de movimiento del dispositivo es equivalente al del hombro, considera tres modos de funcionamiento:

1. Como se adjunta directamente al brazo y proporciona acciones de control para pacientes severamente discapacitados.
2. Como exoesqueleto de robot para el tratamiento de lesiones.
3. Como equipo de fitness para personas mayores o recuperadas. Lesión o cirugía, que necesitan fortalecer el brazo.

Para controlar MULOS, se utiliza un controlador de tipo PID para el motor y el joystick, el paciente usa su brazo sano para manipular 4 grados de libertad. Esto también se puede manipular por medio del terapeuta que implementa los movimientos requeridos.

En 2003, el Instituto Federal de Tecnología de Suiza desarrolló el exoesqueleto ARMin (Arm Robot de rehabilitación, terapia de brazos orientada al rendimiento de tareas diarias (Mihelj, et. al., (2007).) ARMin III es la tercera edición del prototipo y tiene 6 grados de libertad activos, de los cuales: tres en el hombro (flexión y extensión, rotación interna / externa y Abducción / aducción), dos codos (prono-supinación y flexión y extensión), y uno en la muñeca (flexo- extensión). Tiene sensores de posición y velocidad, además de una interfaz de usuario, construido sobre Windows. Tiene cuatro modos de funcionamiento diferentes:

1. **Modo de Trayectoria Pregrabada.** El terapeuta guía al paciente en la trayectoria Guárdalo y repite.

2. **Modo de Terapia de Ejercicio Predefinido.** Incluye el programe en el sistema bajo la guía del terapeuta.

3. **Modo de Operación Punto a Punto.** Incluye al usuario que llega a un punto de instrucciones sobre la interfaz.

4. **Modo Guiado con Soporte de Fuerza.** El sistema pasa por el modelo mecánico capaz de predecir la fuerza necesaria causada por el paciente Realice la trayectoria requerida

Los dos primeros modos de funcionamiento están controlados por el regulador PID, los dos últimos se basan en sistemas de control de impedancia y admitancia. El dispositivo también tiene un sistema de seguridad para evitar cualquier daño a los usuarios, como consecuencias del fracaso. La principal desventaja de ARMin es que limita la acción que debe realizar el usuario porque debe fijarse en una base fija o pasar al menos en una silla de ruedas. Actualmente, ARMin III se ha instalado en hospitales y centros de rehabilitación de Estados Unidos, así como en varios países y regiones, vendido bajo el nombre ArmeorPower. Puede ser utilizado por pacientes con parálisis del brazo, por aquellos que sufrieron un derrame cerebral. El dispositivo cuenta con la capacidad de aumentar fuerza muscular y rango de movimiento.

En 2005, el diseño del exoesqueleto (ASU) RUPERT (tratamiento repetitivo de miembros superiores por robot) fue propuesto por la Universidad Estatal de Arizona, caracterizado por ser una ayuda con tratamientos repetitivos para los brazos. RUPERT tiene cinco grados de libertad (dos en el hombro, dos en el codo y uno en la muñeca). Los brazos y los antebrazos se pueden ajustar según el tamaño del paciente. Diseñado para ayudar a los pacientes a realizar ciertas tareas básicas, como alcanzar cosas o alimentarse (Koeneman, et. al., (2005).)

La Escuela Superior Santa Ana, Pisa, Italia, es un importante centro de desarrollo de exoesqueletos que se ha dedicado a trabajos de rehabilitación durante varios años. Uno de sus proyectos es el PERCRO L-Exos lanzado en 2005, que inicialmente tenía cinco grados de libertad, creado para utilizar entornos del mundo real para ayudar a la rehabilitación de las extremidades superiores de forma virtual. En la actualidad, el dispositivo tiene ocho grados de libertad, es de tipo serie con cable y utiliza un motor DC, con sensores de posición y velocidad, adecuado para pacientes con accidente cerebrovascular (Frisoli, et. al., (2005).)

La Universidad de Saga en Japón lanzó un equipo llamado SUEFUL-6 con seis grados de libertad. Realiza ejercicios de flexión, estiramiento horizontal, Flexión extensión vertical de hombro, codo y muñeca, rotación y supinación interna El antebrazo y el hueso radial / cúbito de la muñeca están desviados. Consiste en un motor eléctrico DC, con sensor de fuerza,

torque, potenciómetro y encoder. Pesa aproximadamente 5 Kg, por lo que debe instalarse en la base o silla de ruedas (Gopura, et. al., (2008).)

Otro dispositivo de rehabilitación es el MARSE-4. Este exoesqueleto tiene cuatro grados de libertad: dos en el codo y ambas muñecas, y el tipo de rehabilitación que se brinda es muy activo. La característica sobresaliente es que realiza el movimiento a la velocidad natural del brazo, aunque puede modificarse según sea necesario. El dispositivo consta de un motor de CC sin escobillas y cada articulación de rotación coloca restricciones mecánicas para limitar el movimiento del brazo y brindar seguridad a los operadores. El usuario y el método de control que utiliza es PID; gracias al diseño del brazo principal, también se puede operar de forma remota. Las trayectorias pueden incluir los siguientes movimientos: Flexión-extensión del codo, rotación-supinación interna del antebrazo, flexión-extensión de la muñeca y la desviación radial-cubital de la muñeca (Ranhman, et. al., (2011).)

2.2.12 Clasificación de los Dispositivos de Rehabilitación Física

El exoesqueleto de rehabilitación es una herramienta relativamente nueva que es utilizado por fisioterapeutas y ortopedistas porque pueden ayudar a los pacientes a realizar tratamientos sencillos, repetitivos e intensivos. Estos tratamientos se pueden realizar en la clínica, Centros de rehabilitación, incluso en el domicilio de los pacientes. El exoesqueleto de rehabilitación de miembros superiores se puede dividir en diferentes métodos, según el número y tipo de actuadores que utilice, la estructura mecánica, principio de desempeño y otros aspectos. Desde la perspectiva de la interacción se divide en tres categorías (Loureiro, et. al., (2011).)

1. **Pasivo:** Restringen el movimiento del brazo del paciente a un cierto rango, generalmente consta de juntas mecánicas, y es fácil de mover al empujar y contiene una posición definida.
2. **Activo:** El dispositivo moverá el brazo del paciente total o parcialmente según las siguientes condiciones programadas. Mueva el brazo del paciente de una posición predeterminada a una nueva posición.
3. **Interactivo:** Responde a las acciones y la fuerza del paciente y brinda estrategias de atención al paciente, prediciendo y adaptándose a las necesidades de éste. Suelen proporcionar un grado de resistencia ante el movimiento del paciente. Espera lograr una rehabilitación dinámica.

Además, considerando la estructura mecánica del equipo, se pueden dividir en (Lo, et. al., (2012).):

Efecto Final: Se refiere a un sistema que interactúa con los pacientes a través de un solo punto, fijado en una determinada posición del brazo, antebrazo o mano.

Exoesqueleto: El sistema encapsula el brazo en un mecanismo y puede permitir controlar la dirección y posición de los grados de libertad (DOF) que actúan sobre él.

Hay algunos requisitos técnicos en la mayoría de los diseños. El exoesqueleto de rehabilitación tiene en cuenta la ergonomía y las capacidades del sistema. Asimismo, debe poder adaptarse a diferentes tipos de pacientes, otro requisito importante es que puedan repetir el ejercicio realizado por el terapeuta, debido a que es él quien diseña y ajusta según

la condición del paciente. En muchos casos, también se requiere equipo para recopilar y almacenar datos, y de esta manera monitorear el rendimiento y progreso del paciente durante el proceso de rehabilitación (Badesa et. al., (2012).)

2.2.13 Sistemas de Control de Exoesqueletos de Rehabilitación

Además del diseño mecánico y la selección de componentes y materiales de los equipos, otro gran desafío relacionado con el desarrollo de exoesqueletos de rehabilitación es el sistema de control. Este debe considerar aspectos relacionados con la seguridad de pacientes y expertos, pero su función principal es orientar el normal funcionamiento del sistema durante la rehabilitación, lo que incluye la toma de decisiones en función del comportamiento actual del paciente.

Por tanto, las recomendaciones actuales para los sistemas de control del exoesqueleto son diversas, y se pueden encontrar algunos ejemplos, incluidas las señales del paciente, para realizar un control más completo. Para los equipos de rehabilitación, se pueden utilizar paquetes de software creados para el modelado musculoesquelético. De esta forma, se pueden modelar pacientes con diferentes lesiones y se pueden analizar varios parámetros relacionados, construyendo así el dispositivo según las necesidades de los pacientes.

Es importante comprender el sistema de control del exoesqueleto. Estos pueden clasificarse en tres categorías (Basteris ete. al., (2014).)

1. **Modo de Asistencia:** El dispositivo soporta el peso de las extremidades superiores y completa la acción. Si el paciente no puede producir suficiente fuerza, el dispositivo le proporciona el nivel de ayuda seleccionado.
2. **Modo de Corrección:** El robot solo se mueve cuando el paciente no se mueve, Obliga al correcto movimiento de las extremidades superiores.
3. **Modo de Resistencia:** El robot se opone al movimiento para aumentar la complejidad de este. Entrena al paciente y corrige sus movimientos.

2.3 Dispositivo.

Un dispositivo es un aparato que desarrolla determinadas acciones. Su nombre está vinculado a que dicho artefacto está dispuesto para cumplir con su objetivo.

2.4. Dispositivo Electrónico.

Se entiende básicamente por dispositivo electrónico aquellos que utilizan la electricidad para el almacenamiento, transporte, o transformación de información. Como ejemplo de estos dispositivos existen altavoces, teléfonos móviles, tablets, ordenadores, etc. Su producción y consumo ha crecido de forma exponencial debido a los avances tecnológicos y los cambios en los hábitos de consumo de la sociedad.

2.5 Discapacidad.

Se entiende como un término genérico que incluye déficit, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación, indica los aspectos negativos de la interacción

entre un individuo (con una condición de salud) y sus factores contextuales (factores ambientales y personales).

2.6 Discapacidad Muscular.

Consiste en falta, deterioro o alteración funcional de una o más partes del cuerpo, por lo que provoca inmovilidad o disminución de movilidad. Se trata de una alteración de origen genético en el desarrollo o funcionamiento de la masa muscular. Esta va perdiendo progresivamente efectividad en su fuerza contráctil. Los síntomas no suelen ser apreciables en el nacimiento sino en los primeros años de vida. Puede afectar más a unos músculos que a otros. Presenta grados muy variables en la limitación a nivel postural y de desplazamiento, así como en la coordinación de movimientos.

2.7 Software.

El software es el conjunto de instrucciones que una computadora debe seguir; es decir, todas aquellas indicaciones sobre lo que tiene que hacer y cómo debe hacerlas. De esta manera, el software está compuesto por un conjunto de programas que son diseñados para cumplir una determinada función dentro de un sistema, ya sean estos realizados por parte de los usuarios o por las mismas corporaciones dedicadas a la informática.

2.8 Hardware.

Es la parte física de un ordenador o sistema informático. Está formado por los componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos, tales como circuitos de cables y luz, placas, memorias, discos duros, dispositivos periféricos y cualquier otro material en estado físico que sea necesario para hacer que el equipo funcione.

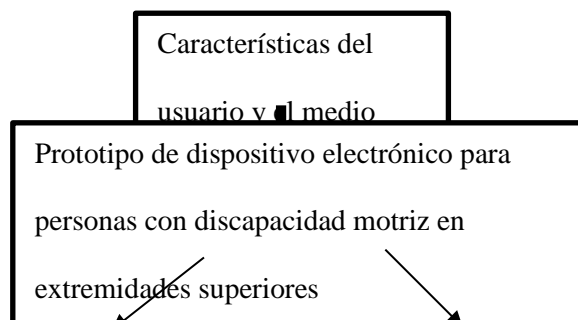
2.9 Arduino Uno.

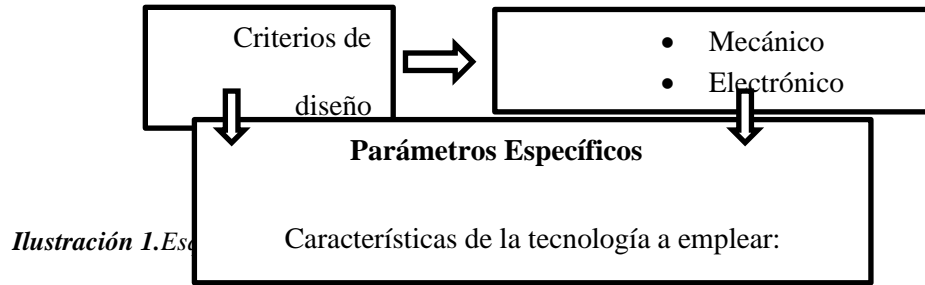
Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa que contiene un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

Capítulo 3. Marco Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo tecnológico-descriptivo, debido a que no sólo incluye un análisis de resultados, sino que requiere de una experimentación para lograr caracterizar el problema de estudio. A continuación, se presentan dos esquemas que explican la metodología a emplear en el desarrollo de este proyecto.





3.2.1 Población

La población de estudio son las personas que presentan discapacidad muscular en extremidades superiores (brazo) en el departamento de Córdoba, Montería, siendo un total de 856 personas a nivel departamental. La muestra se llevará a partir de una selección

aleatoria, donde se escogieron algunas de estas personas con discapacidad motriz para llevar a cabo la implementación del dispositivo; en lo que respecta a este estudio, la muestra fue un total de 20 personas, a las cuales se les aplicó el dispositivo en cuestión.

3.2.2 Técnicas de Recolección de Información

Las técnicas son recursos o procedimientos que le permiten al investigador acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento, y los instrumentos son aquellos que permiten guardar la información obtenida. En esta investigación se recurrió a la técnica de lectura y documentación, caracterizada por recopilar la información necesaria a partir de Páginas web, y recopilación de investigaciones basadas en la misma línea de investigación encontradas en libros o revistas.

Tras una búsqueda bibliográfica sobre diseños de dispositivo electrónico para personas con discapacidad muscular se presenta de forma detallada los requerimientos y funciones a los que debe responder este dispositivo, en cuanto a construcción y funcionamiento del mismo, con base en la documentación realizada. En este sentido, los registros encontrados respondieron a conocer el diseño de un dispositivo electrónico que sirva como soporte técnico en personas con discapacidad motriz. Por tal razón se realizó una búsqueda detallada de diseños que servirán como bocetos para el diseño del dispositivo a realizar en la presente investigación. Del mismo modo, se dan a conocer los diseños que se hallan en el mercado.

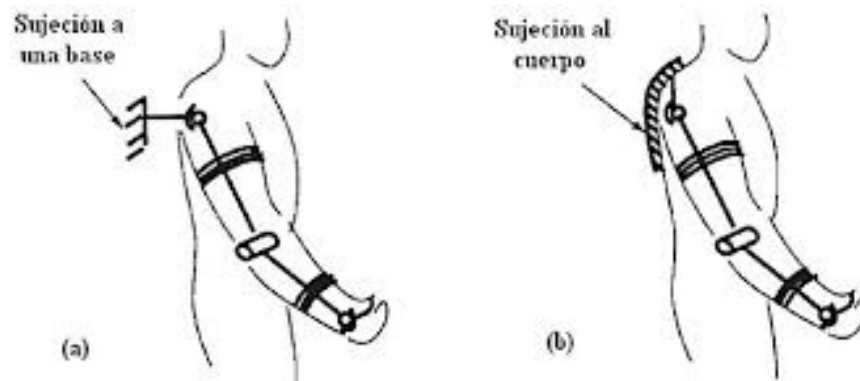


Ilustración 3. Diseño de dispositivo electrónico como soporte técnico.

Fuente: Tomado de: <https://images.app.goo.gl/vAXMQ94sggmUWt7L6>.

3.3 Criterios de Diseño del Hardware

La investigación consiste en el diseño y construcción de un dispositivo electrónico que soporte el proceso de recuperación de músculos atrofiados. Por ello, para lograr un diseño óptimo se tuvo en cuenta criterios como el tipo de discapacidad, edad promedio e influencia socio-económica. Estos aspectos permitieron definir las especificaciones y características del dispositivo.

De acuerdo con lo anterior, se diseñó un dispositivo que interactúa con el usuario, transmitiendo una fuerza externa que estimula los músculos y facilite la realización de movimientos que por sí solo resultan forzosos y dolorosos. Cabe resaltar una de las

características generales de este dispositivo es que es portátil, inalámbrico y comprende una interfaz entre humano y máquina.

De esta manera el diseño de este dispositivo responde a ciertos componentes que son:

1. **Mecánico:** Esto porque la parte física del dispositivo se compone de diversos materiales derivados de la mecánica.
2. **Electrónico:** Debido a que el funcionamiento del dispositivo depende directamente de circuitos eléctricos, junto con placas que controlen el funcionamiento del dispositivo.
3. **Bajos costos de operación y mantenimiento:** Uso de materiales y componentes de fácil acceso en el mercado actual.

3.3 Análisis y Diseño del Hardware

Se realizó la creación del dispositivo de este trabajo, el cual responde a una serie de especificaciones, cuyo fin es ayudar a la estimulación y recuperación de los músculos atrofiados en personas que presentan discapacidad motriz en las extremidades superiores, mejorando su calidad de vida al ofrecerle una autonomía en cuanto a la realización de tareas básicas y desenvolvimiento en el contexto social. En este sentido, el diseño del dispositivo responde a las siguientes figuras.

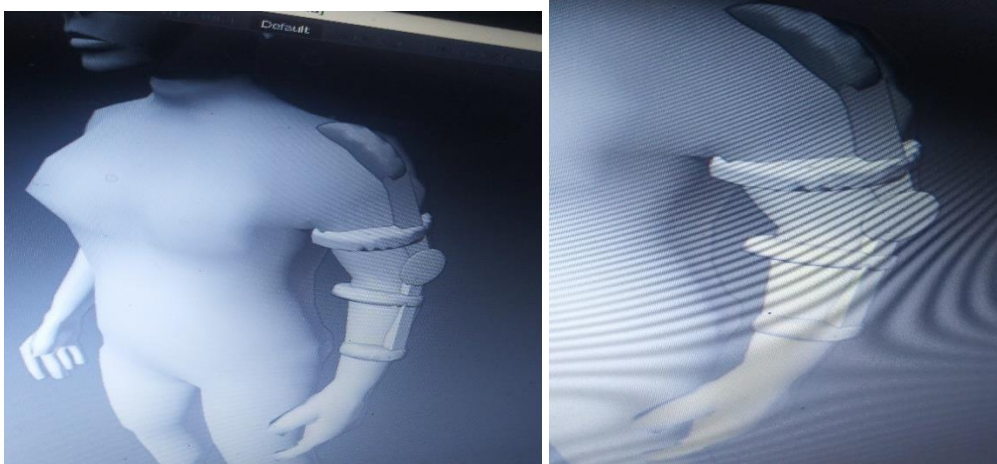


Ilustración 4. Diseño final del Dispositivo electrónico.

3.5.1 Componentes del Hardware

En este apartado se definen los distintos componentes seleccionados para el diseño del hardware del dispositivo en cuestión. Esto con el objetivo de señalar individualmente cada uno de los elementos que lo conforman y así asegurar una mayor comprensión de su funcionalidad dentro del proyecto. Los componentes son:

3.5.1.1 Arduino Uno. Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa que contiene un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Arduino proporciona un software consistente en un entorno de desarrollo (IDE) que

implementa el lenguaje de programación de Arduino y el bootloader ejecutado en la placa, caracterizándose por su simplicidad y facilidad de uso. Permitiéndole ser utilizado para el desarrollo de elementos autónomos, que sean conectados a dispositivos y que garantice una interacción tanto con el hardware como con el software. Resulta beneficioso, puesto que, mediante esta herramienta electrónica en conjunto con los demás elementos tecnológicos, se podrá controlar todos los procesos manuales que el operario debe ejecutar para llevar a cabo el proceso de rehabilitación.

3.5.1.2 Regulador de Voltaje. Un regulador de voltaje es un circuito que, sin importar lo que conectes a su salida, mantendrá un voltaje constante en sus terminales. Es un dispositivo que tiene varios enchufes, y se encarga de mantener el voltaje estabilizado y libre de variaciones (el voltaje es la fuerza con que son impulsados los electrones a través de los cables de la red eléctrica), ello porque comúnmente la electricidad llega con variaciones que provocan desgaste de los elementos electrónicos a largo plazo en las fuentes de alimentación de las computadoras y elementos electrónicos. Es requerido para este proyecto debido a que es necesario estabilizar la electricidad a un nivel promedio constante para que no provoque daños en el equipo.

3.5.1.3 Transformador de voltaje. Los Transformadores de Voltaje ofrecen la función de elevar o bajar la tensión (o voltaje) de acuerdo a las necesidades específicas de la instalación eléctrica. Se conocen también como transformadores eléctricos o de corriente. El transformador de tensión es un equipo que se utiliza para convertir, cambiar o ajustar los voltajes con los que se alimenta en su embobinado o devanado primario -normalmente alta tensión (13,000 volts, 25,000 volts o 32,000 volts)- a otros valores más bajos de voltaje de salida en su devanado secundario -normalmente tensiones comunes de uso residencial, comercial o industrial (208/120V - 220/127V - 380/220V - 400/230V o 440/254 volts). Inclusive primeramente pueden ofrecer la función de "bajar el voltaje" para luego mediante la instalación de otro, elevar la corriente recibida (sobre todo en el área comercial e industrial).

3.5.1.4 Amplificador de voltaje. Circuito electrónico capaz de incrementar la intensidad de corriente, la tensión o la potencia de la señal que se le aplica a su entrada; obteniéndose la señal aumentada a la salida. Para amplificar la potencia es necesario obtener la energía de una fuente de alimentación externa. En este sentido, se puede considerar al amplificador como un modulador de la salida de la fuente de alimentación. Se utilizará para ampliar la señal eléctrica débil.

3.5.1.6 Pulsadores. Es un dispositivo simple con dos posiciones, EN y AP (ENCendido y APagado). Se trata de un mecanismo simple constituido por un par de contactos eléctricos que se unen o se separan por medios mecánicos.

3.5.1.7 Módulo Wifi. Es un chip altamente integrado diseñado para las necesidades de un nuevo mundo conectado. Ofrece una solución completa y autónoma de redes Wi-Fi, lo que le permite alojar la aplicación o servir como puente entre Internet y un microcontrolador.

3.5.1.8 RaspBerry PI 3 Model B. La RaspBerry Pi 3 modelo B está diseñada para brindar las mismas características de la Pi anterior pero ahora con una capacidad

RAM duplicada y un procesador de mucha más velocidad. Este computador del tamaño de una tarjeta de crédito es ahora capaz de hacer muchas cosas que hace un computador de escritorio, como spreadsheets, procesar texto y reproducir vídeo y juegos en alta definición. Puede correr sobre distintos tipos de Linux (incluso en Windows 10 gratis).

3.5.1.9 Rollo PLA 1,75mm para impresoras 3D 1Kg. Los filamentos PLA son un tipo de termoplástico utilizado para la impresión 3D. Se comercializan en bobinas de filamento. Se crean a partir de materias primas ricas en almidón, como la patata, la yuca o el maíz, y puesto que se crean con materiales orgánicos, son biodegradables por compostaje. Actualmente el PLA tiene dos ventajas principales sobre el ABS: no emite gases nocivos (se pueden tener varias impresoras funcionando en un espacio cerrado y no hay problema) y hay un rango más amplio de colores (fluorescente, transparente, semitransparente...). Se puede imprimir con todo tipo de impresoras (no necesita base de impresión caliente) y se puede imprimir sin base.

3.5.1.10 Servomotor: Se empleó un servomotor, en cuanto a que este proyecto responde a un dispositivo cuyos elementos requieren un posicionamiento mecánico preciso y controlado, lo que beneficia el movimiento y rendimiento del dispositivo. En este sentido, este componente se entiende como un motor que permite tomar control de la posición, velocidad y aceleración de un mecanismo electrónico en específico.

3.6 Diseño Electrónico del Hardware

En este sentido, se muestra a continuación el esquema referente a la fase inicial de los componentes electrónico del dispositivo.

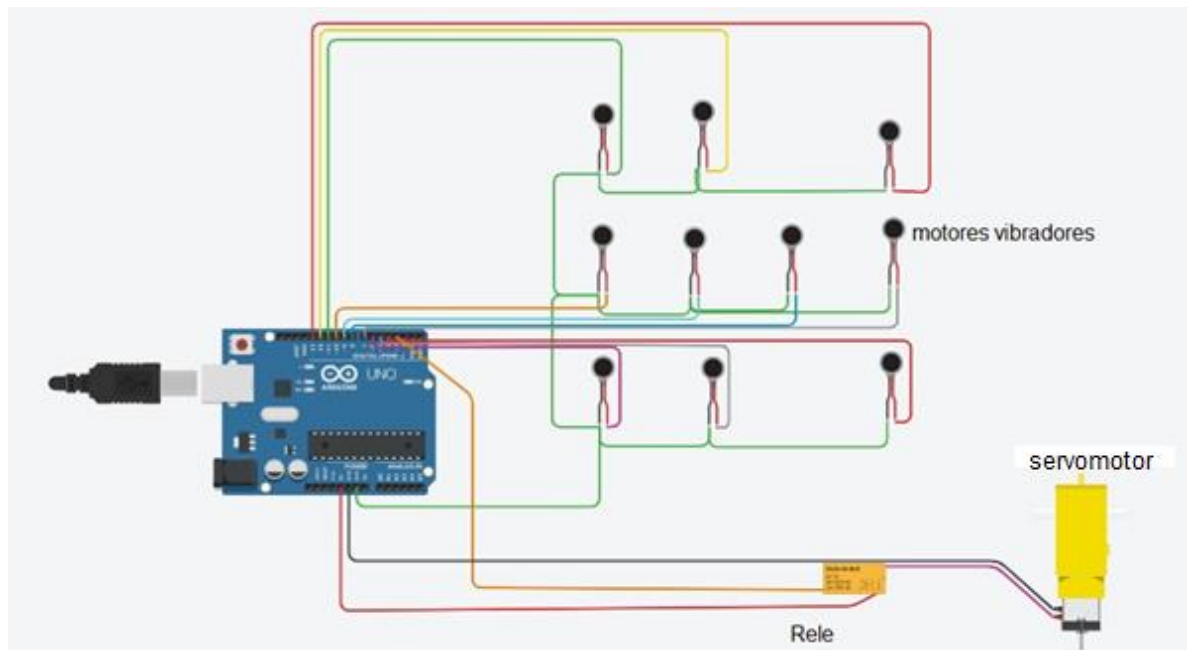





Ilustración 5. Esquemático electrónico del dispositivo.

3.7 Tecnología Asociada del Sistema

La tabla mostrada a continuación, describe las herramientas de desarrollo que son usadas para crear el software de **HELPBOT**.

Tabla 1. Tecnología Asociada del Sistema.

Herramienta	Característica
	<ul style="list-style-type: none">• PHP es un lenguaje de programación que sirve para crear preformas de desarrollo web.• Es un lenguaje de uso libre y multiplataforma• Es el encargado de la comunicación con las bases de datos por ejemplo MYSQL, PostgreSQL entre otras.• Permite la Programación Orientada Objetos• PHP suministra una dirección de registro al establecer la sinopsis de las vías recientes para el usuario.
	<ul style="list-style-type: none">• Es un sistema de gestión de base de datos relacional• Es multiplataforma• Proporciona sistemas de almacenamiento transaccionales y no transaccionales.• Cuenta con un sistema de privilegios y contraseñas muy flexible y seguro, además permite verificación basada en el host.• Relativamente sencillo de añadir a otro sistema de almacenamiento. Esto es útil si desea añadir una interfaz SQL para una base de datos propia.
	<ul style="list-style-type: none">• Es un lenguaje de programación orientado a la web, hace parte de la interfaz o vista de una página web.• JavaScript es un lenguaje de programación multiparadigma.• Permite a los desarrolladores crear acciones en sus páginas web.• Es multivariable, además es soportado por muchos navegadores

3.8 Diseño del Software

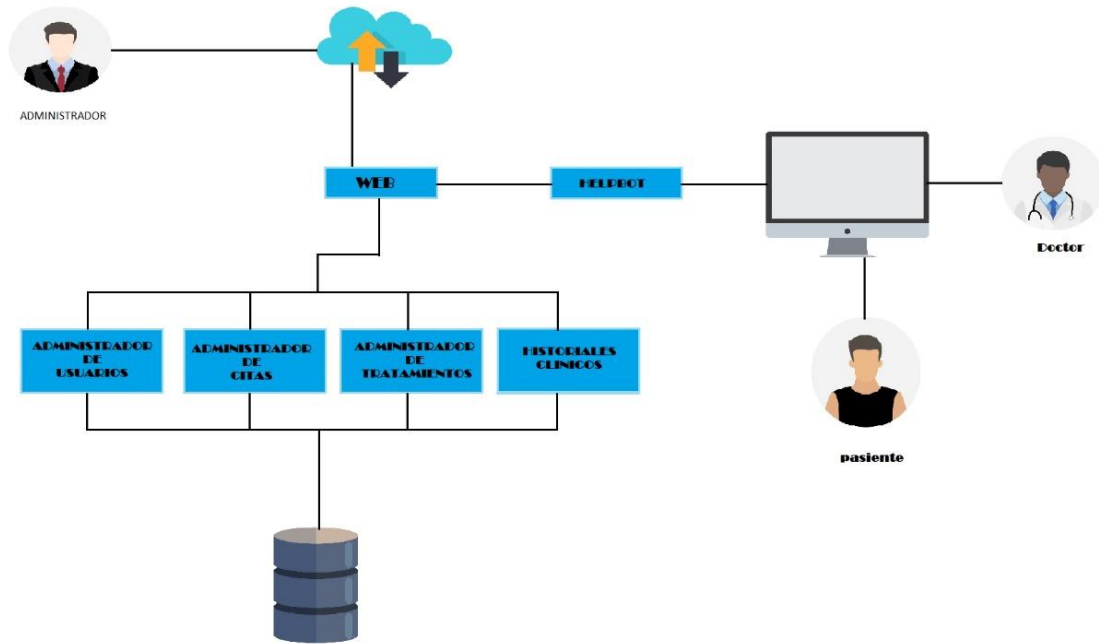


Ilustración 6. Diseño del Software

3.6 Especificación de Requisitos

En este apartado se describe el comportamiento en general del Sistema, en cuanto a los requerimientos funcionales y no funcionales del mismo. Está dirigido tanto al cliente como al equipo de desarrollo.

Tabla 2. Objetivo del Sistema.

ID OBJETIVOS	Nombre	Descripción	Importancia
ID-OBJ-01	Manejo y control de roles de usuario	Para un sistema los usuarios se consideran las prioridades, ya que con este software podremos facilitar el uso de la información respectivas para cada usuario. Dicho lo anterior se manejarán dos tipos de usuarios o roles, uno es el rol del paciente y el rol de fisio terapeuta, ambos roles contendrán sus respectivas limitantes y restricciones de usabilidad.	Media.
ID-OBJ-02	Aplicar los Crud necesarios para el usuario	CRUD es el acrónimo de "Crear, Leer, Actualizar y Borrar" (del original en inglés: Create, Read, Update and Delete) lo que quiere decir que los usuarios registrados en la plataforma tienen ciertas	Media.

ID OBJETIVOS	Nombre	Descripción	Importancia
		funcionalidades básicas, que le permite el control de su información personal, el cuándo puede ser modificado en cualquier instante.	
ID-OBJ-03	Manejo de diagnóstico e historial clínico de pacientes	Entre la importancia de una cita, también encontramos que se puede llevar el diagnóstico individual de cada paciente, como se tratará una cantidad n de paciente se tendrá un conjunto de diagnósticos por cada paciente y los cuales llamaremos historial clínico de paciente.	Alta.

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.1 Requisitos funcionales y No Funcionales

Los requisitos funcionales representan las funcionalidades que debe tener un software o sistema, sin importar el sistema o software debe cumplir con ciertas restricciones o funciones en específico.

Tabla 3. Requisitos funcionales del Sistema.

Referencia.	Descripción
R1	Control y acceso de los usuarios que se registren en la plataforma
R2	Registrar datos personales de usuarios
R3	Editar datos personales de usuarios
R4	Activar y desactivar los pacientes (Pacientes que soliciten retiro)
R5	Búsqueda de pacientes en el sistema
R6	Cargar lista de pacientes
R7	Generar diagnóstico de paciente
R8	Buscamos historial clínico del paciente

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.2 Requisitos No Funcionales del Sistema

Los requisitos no funcionales son aquellos que no infieren la funcionalidad del sistema, es decir, estos requisitos no afectan directamente la interacción, los requisitos no funcionales incluyen usabilidad, eficiencia, portabilidad, legalización e implementación.

Tabla 4. Requisitos no funcionales del Sistema.

Usabilidad	
R9	Interfaz de aplicación fácil y sencilla de navegación.
R10	Las acciones son manipulables por el software.
R11	Los módulos físicos (dispositivo), son complemento del proyecto.
R12	Dispositivo cómodo y amigable para el usuario.

Eficiencia	
R13	Dispositivo creado con hardware libre (Arduino)
R14	Unificación del hardware y software
Portabilidad	
R10	El software se puede acceder desde cualquier dispositivo con conectividad a internet.
R11	El dispositivo es totalmente portable y de fácil instalación.
Implementación	
R12	
R13	El lenguaje de programación seleccionado para los scripts es c#.
Legales	
R14	Software de desarrollo de código abierto.

Fuente: Elaboración Propia.

3.7 Requisitos de Información

Los requisitos de información hacen referencia a la captura de datos que requiere el sistema. Los requisitos descritos a continuación, son el conjunto de datos mínimos con el que se debe registrar un usuario en el software.

Tabla 5. Requisitos de Información del Sistema.

RI-01	Requisito de información relacionado al registro de usuario
Objetivos Asociados	ID-OBJ-01
Requisitos Asociados	R2
Descripción	HELBOT permite llevar el registro de los distintos tipos de roles (tipo paciente, tipo doctor).
Datos Especifico	Nombre, Apellidos, Identificación, celular, Email, rol
Tiempo De Vida	
Ocurrencia	
Comentario	Ninguno

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6. Requisitos de Información del Sistema.

RI-02	Requisito de información relacionado a la generación de diagnóstico y búsqueda de historial clínico
Objetivos Asociados	ID-OBJ-03
Requisitos Asociados	R7, R8
Descripción	HELBOT ayuda a llevar el control del historial clínico de un paciente en específico.
Datos Especifico	Nombre, Apellido, Identificación, Historia clínica
Tiempo De Vida	
Ocurrencia	
Comentario	Ninguno

Fuente: Elaboración Propia.

3.7 Restricciones del Sistema

Se establecen las siguientes restricciones:

Tabla 7. Restricciones del Sistema.

RR-01	Restricción del sistema respecto al control de acceso de los usuarios (tipo rol).
Objetivos Asociados	ID-OBJ-01 ID-OBJ-02 ID-OBJ-03
Requisitos Asociados	R1, R2, R3, R5, R7
Descripción	<p>Solo podrán acceder usuarios previamente registrados e ingresarán a vistas dependiendo de su rol.</p> <p>El usuario doctor podrá dar un diagnóstico del estado del paciente y poder ingresarlo a la historia clínica de este, además es el responsable de ingresar y asignar una rutina para un paciente en específico.</p> <p>El usuario doctor es el que asigna una rutina al paciente de acuerdo a su diagnóstico, dando tiempo de estiramiento, masaje y electroestimulación. Es necesario que, para poder cambiar de rutina, esta debe ser aprobada y asignada por el doctor. Los doctores podrán filtrar sus pacientes por número de identificación o nombre en específico de un usuario paciente</p>
Estabilidad	
Comentario	Ninguno





Fuente: Elaboración Propia.

3.8 Definición de Actores

Entre la especificación del sistema se definen los tipos de usuarios o actores del sistema, estos actores interactúan, intercambian datos, resuelven acciones y funcionalidades relacionadas con el sistema.

Tabla 8. Actores del Sistema.

ACTORES	DESCRIPCION	COMENTARIOS
----------------	--------------------	--------------------

<p>ACT-01 Paciente</p> 	<p>El actor paciente es todos aquellos usuarios principales y al cual se le debe tener más en cuenta debido a la cantidad de datos y funciones que interactúan con otros actores</p>	<p>Ninguno</p>
<p>ACT-02 Doctor</p> 	<p>El actor doctor es aquel que puede manejar y observar los datos de los demás actores, con las posibilidades de modificar y actualizar estos datos</p>	<p>Ninguno</p>
<p>ACT-03 Sistema</p> 	<p>El actor del sistema, son los encargados de asignar, reconocer y ejecutar las diferentes funciones que realiza el sistema, dichas funcionalidades representan la parte sincrónica del software.</p>	<p>Ninguno</p>
<p>ACT-03 Base de datos</p> 	<p>Este actor corresponde a la gestión de información almacenada, se usa para identificar en el maquetado cuándo se está usando o transfiriendo información.</p>	<p>Ninguno</p>

Fuente: Elaboración Propia.

3.9 Diagramas de Casos de Uso

En este apartado se identificarán los diagramas de caso de usos que son representaciones abstractas del sistema representado por secciones o componentes.

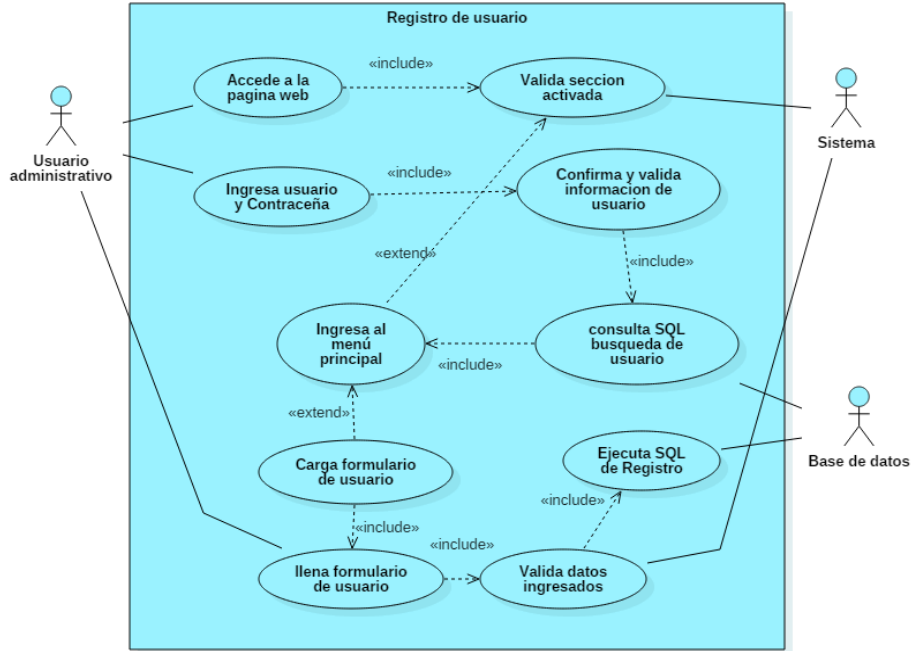


Ilustración 7. Registro

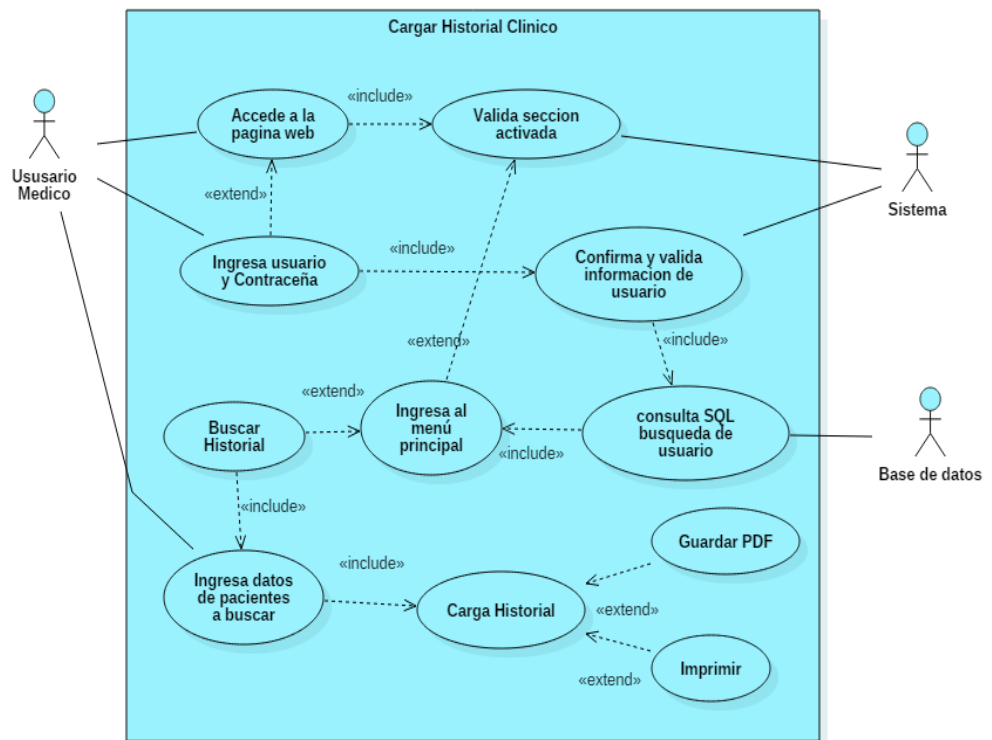


Ilustración 8. Historial

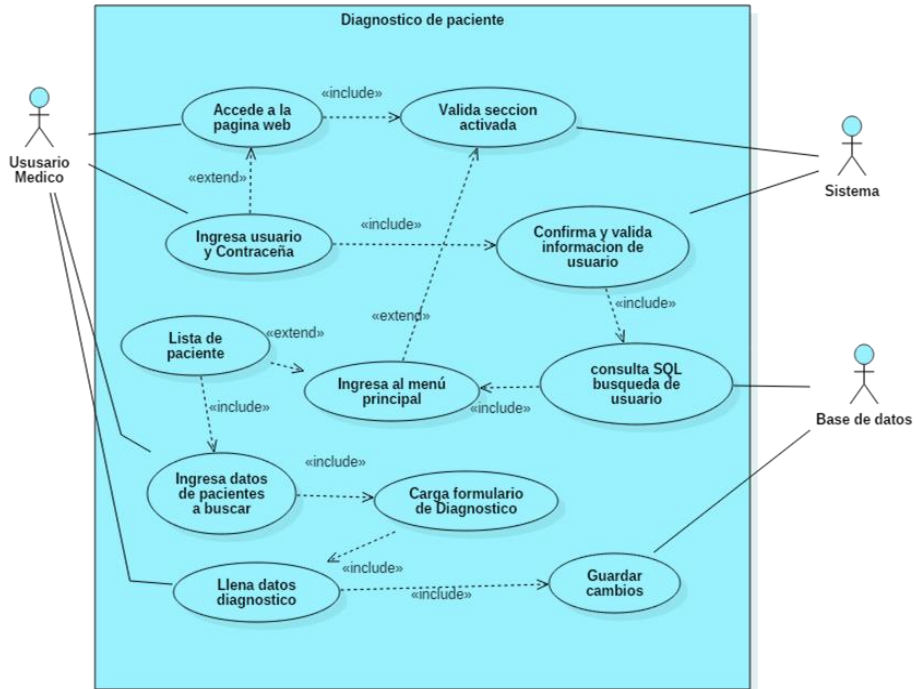


Ilustración 9. Diagnóstico del Paciente

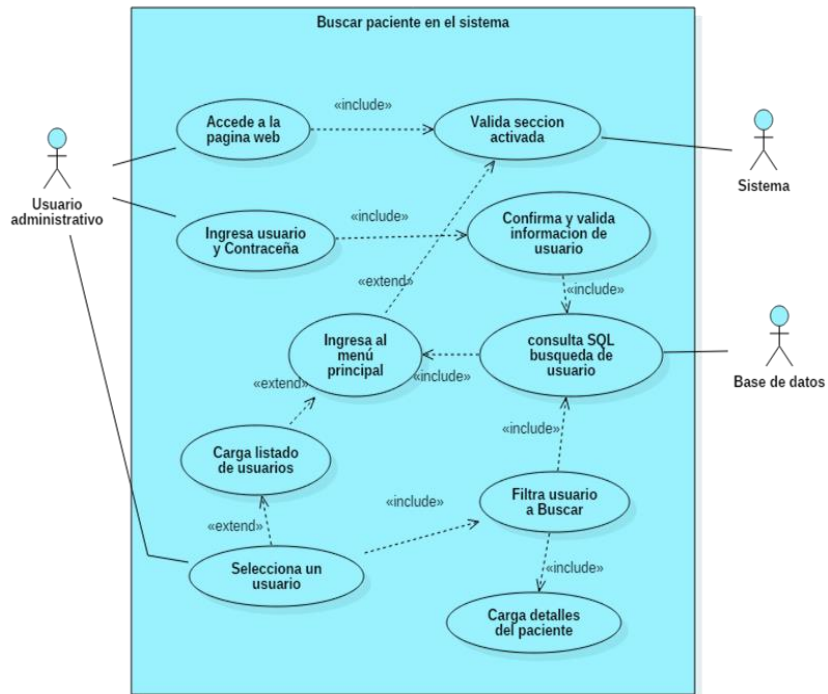


Ilustración 10. Búsqueda

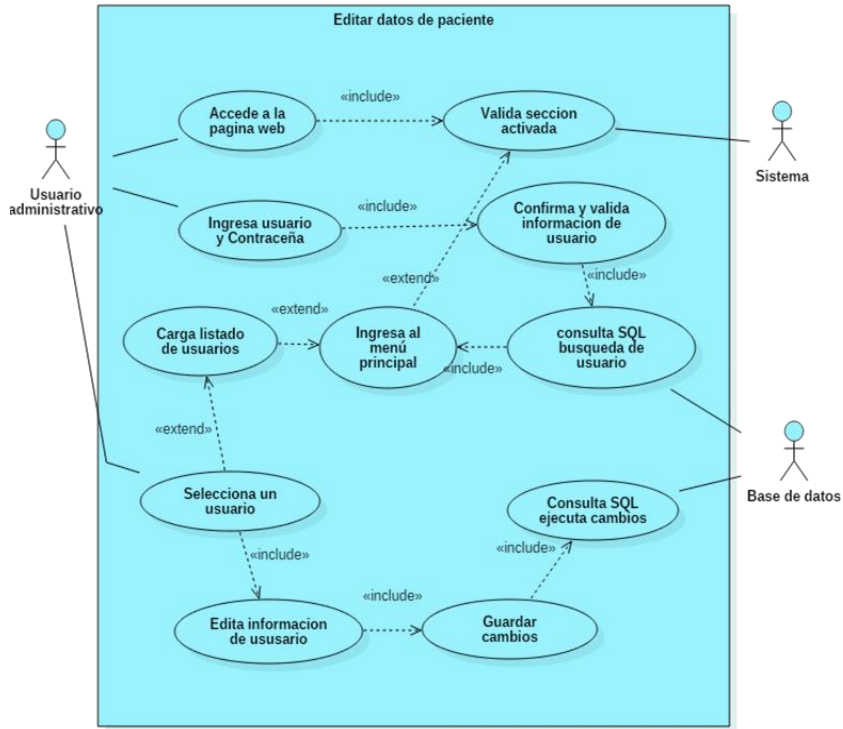


Ilustración 11. Actualizar

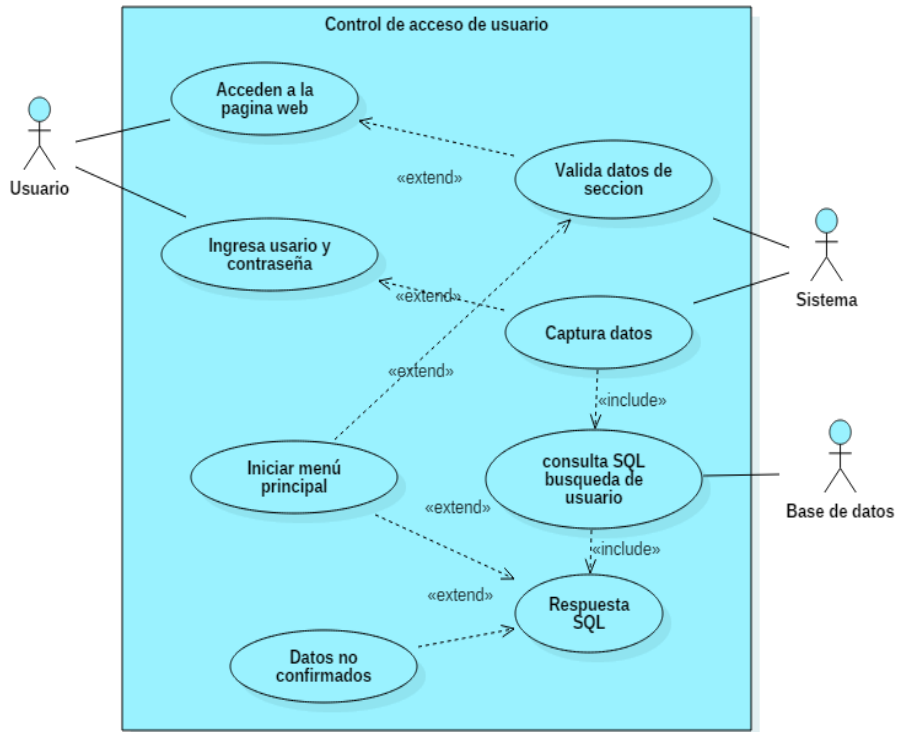


Ilustración 12. Acceso al Sistema

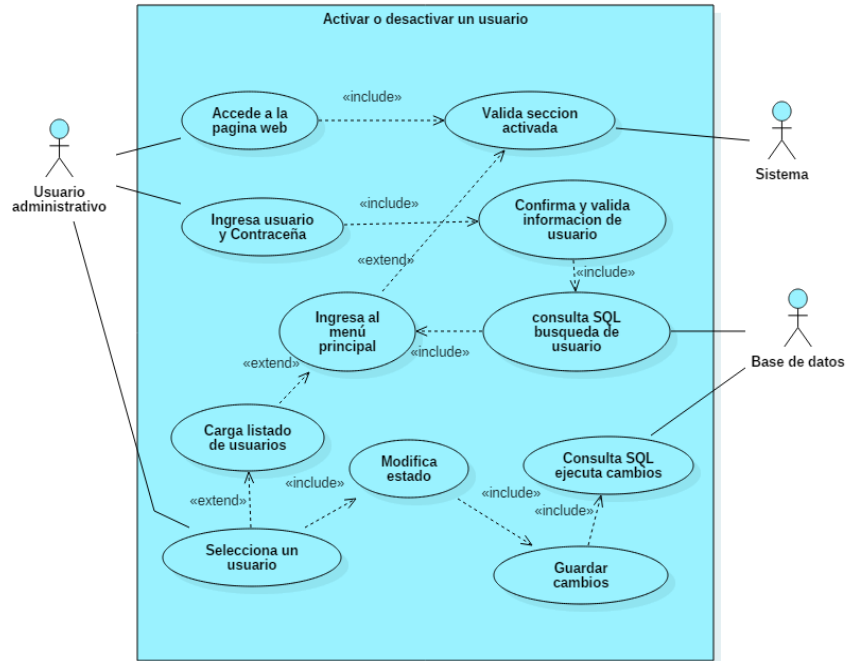


Ilustración 13. Activar o Desactivar un Usuario

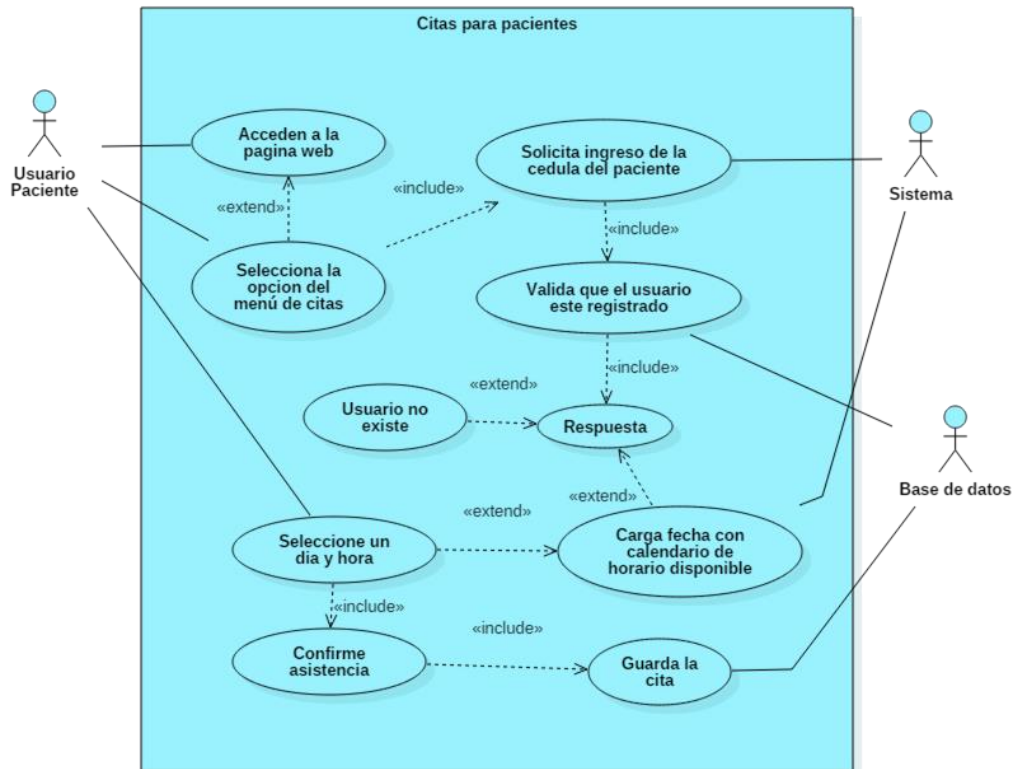


Ilustración 14. Citas

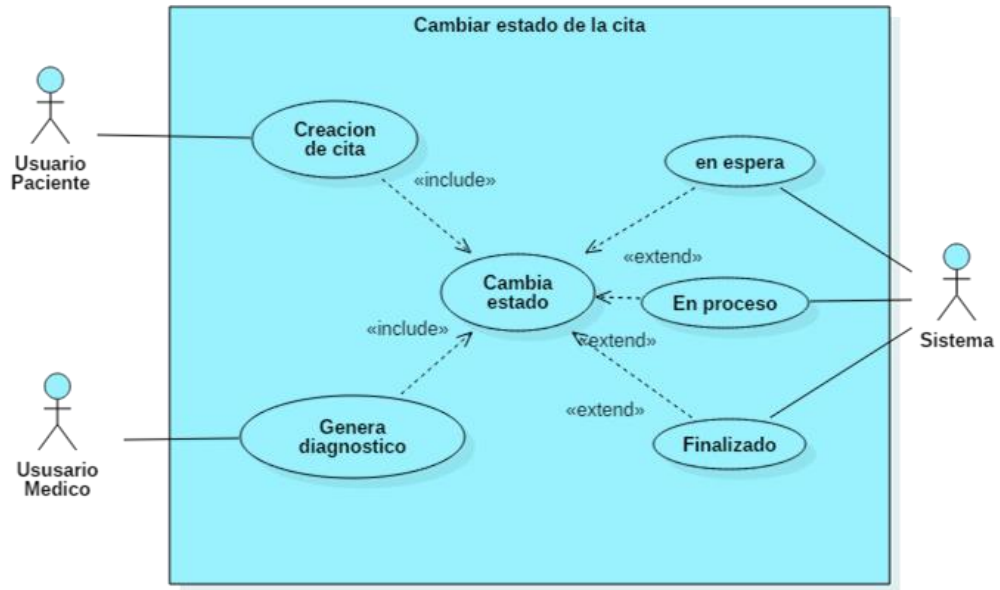


Ilustración 15. Estado de la cita

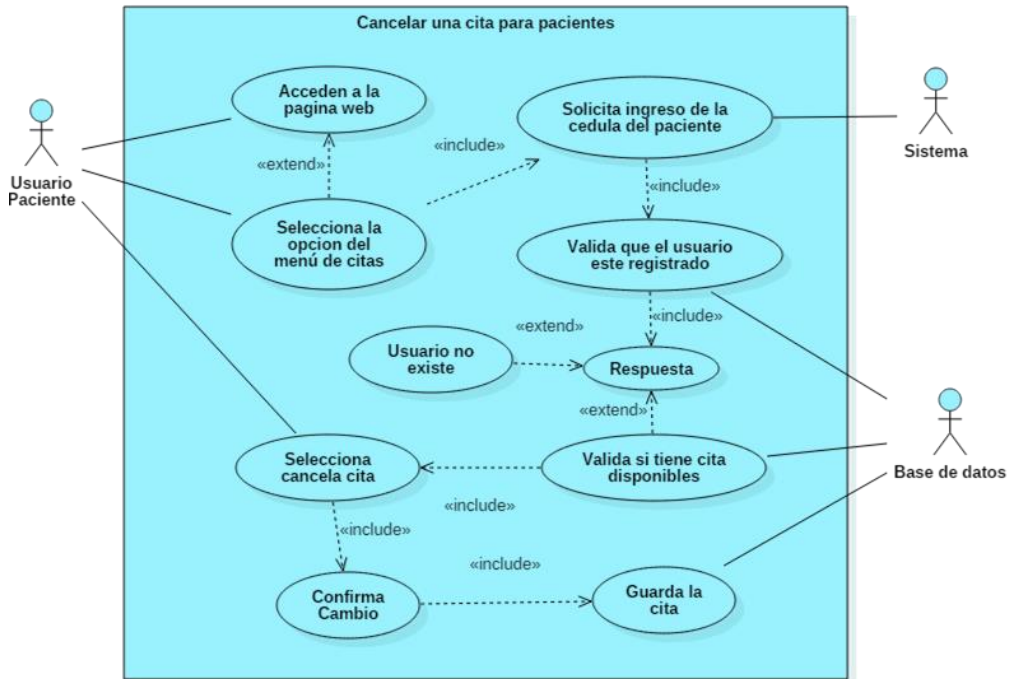


Ilustración 16. Cancelar cita

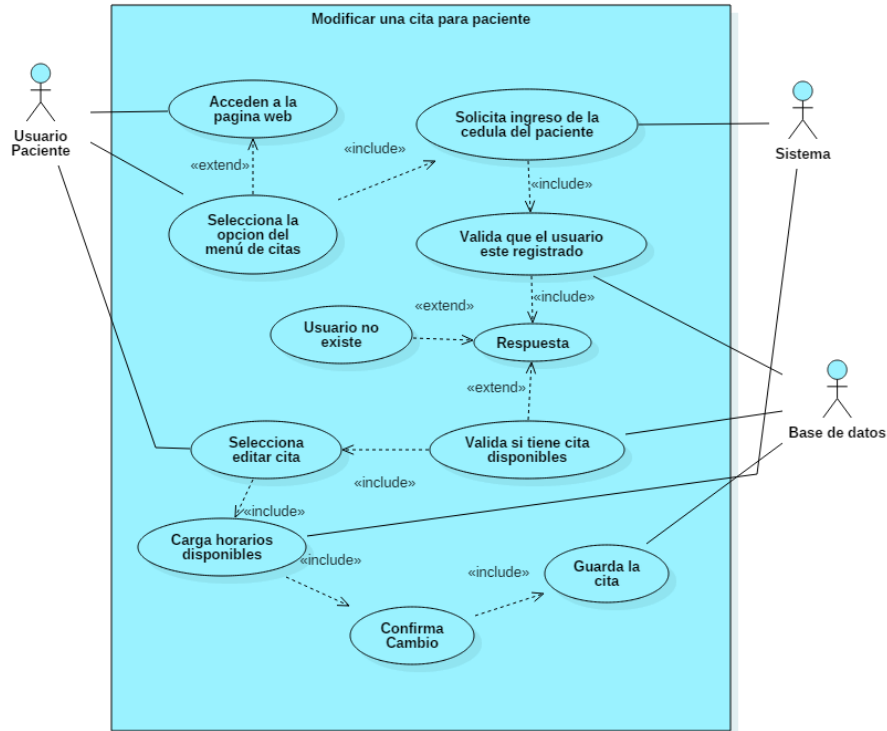


Ilustración 17. Modificar cita

3.7 Documentación de Casos de Uso

Tabla 9. Acceso al sistema

CU-01	Acceso al sistema	
Objetivos Asociados	ID-OBJ-01	
Requisitos Asociado	R1	
Descripción	Las acciones correspondientes al acceso al sistema son descritas a continuación	
Precondición	Para poder acceder al sistema los usuarios deben estar previamente registrados	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	Ingresa al sitio web
	2	El usuario ingresa su identificación y contraseña
	3	El sistema verifica en la base de datos si los datos son correctos
	4	El usuario accede al sistema
Postcondición		
Excepciones	Paso	Acción

	3	El usuario no fue encontrado en la base de datos, volver al paso 2.
Rendimiento		
Frecuencia		
Comentario		Ninguna

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 10. Registro de Usuario

CU-02	Registro de Usuario	
Objetivos Asociados	ID-OBJ-02	
Requisitos Asociado	R2	
Descripción	Las acciones correspondientes al registro de los usuarios en el sistema que se describen a continuación:	
Precondición		
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	Ingresa al sitio web.
	2	El doctor ingresa al inicio de sección e ingresa su número identificación y su contraseña.
	3	El sistema verifica en la base de datos si los datos son correctos.
	4	El usuario accede al sistema.
	5	El doctor ingresa a la ventana de registro.
	6	El doctor diligencia el formulario, ingresando: nombres, apellidos, identificación.
	7	El sistema valida si los campos llenados correctamente.
	8	El usuario es registrado correctamente.
Postcondición		
Excepciones	Paso	Acción
	3	El usuario no fue encontrado en la base de datos, volver al paso 2.
	7	Los campos no estas llenos correctamente volver al paso 6.

Rendimiento	
Frecuencia	
Comentario	Ninguna

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11. Edición de Perfiles-Pacientes

CU-03	Edición de Perfiles de Usuarios de Pacientes	
Objetivos Asociados	ID-OBJ-02	
Requisitos Asociado	R3	
Descripción	Las acciones que corresponden a la edición de los datos que tenga un paciente o actualización de estos.	
Precondición		
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	Ingresa al sitio web
	2	El doctor ingresa al inicio de sección e ingresa su número identificación y su contraseña.
	3	El sistema verifica en la base de datos si los datos son correctos
	4	El usuario accede al sistema
	5	El doctor abre la ventana de listado de pacientes
	6	Busca un paciente en la lista de estos
	7	El sistema verifica en la base de datos si los datos son correctos
	8	Selecciona un paciente
	9	Selecciona la opción editar
	10	Edita el usuario
11	Guarda los cambios	
Postcondición		
Excepciones	Paso	Acción
	3	El usuario no fue encontrado en la base de datos, volver al paso 2.
7	El paciente no existe o los datos son incorrectos, volver al paso 6.	

	11	Hay campos incorrectos volver al paso 10.
Rendimiento		
Frecuencia		
Comentario	Ninguna	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12. Activar o Desactivar un Usuario

CU-03	Activar o Desactivar un Usuario	
Objetivos Asociados	ID-OBJ-02	
Requisitos Asociado	R4	
Descripción	Las acciones que corresponden a la activación o desactivación de un usuario.	
Precondición		
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	Ingresa al sitio web
	2	El doctor ingresa al inicio de sección e ingresa su número identificación y su contraseña.
	3	El sistema verifica en la base de datos si los datos son correctos
	4	El usuario accede al sistema
	5	El doctor abre la ventana de listado de pacientes
	6	Busca un paciente en la lista de estos
	7	El sistema verifica en la base de datos si los datos son correctos
	8	Selecciona un paciente
	9	Selecciona la opción activar o desactivar
Postcondición		
Excepciones	Paso	Acción
	3	El usuario no fue encontrado en la base de datos, volver al paso 2.
	7	El paciente no existe o los datos son incorrectos, volver al paso 6.
Rendimiento		

Frecuencia	
Comentario	Ninguna

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 13. Búsqueda de Pacientes

CU-05	Búsqueda de Pacientes	
Objetivos Asociados	ID-OBJ-02	
Requisitos Asociado	R5	
Descripción	Las acciones que corresponden a la búsqueda de un usuario, en la lista de usuarios.	
Precondición		
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	Ingresa al sitio web.
	2	El doctor ingresa al inicio de sección e ingresa su número identificación y su contraseña.
	3	El sistema verifica en la base de datos si los datos son correctos.
	4	El usuario accede al sistema.
	5	El doctor abre la ventana de listado de pacientes.
	6	Busca un paciente en la lista de estos.
	7	El sistema verifica en la base de datos si los datos son correctos.
	8	Mostrar usuario.
Postcondición		
Excepciones	Paso	Acción
	3	El usuario no fue encontrado en la base de datos, volver al paso 2.
	7	El paciente no existe o los datos son incorrectos, volver al paso 6.
Rendimiento		
Frecuencia		
Comentario	Ninguna	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 14. Historial Clínico o Diagnóstico

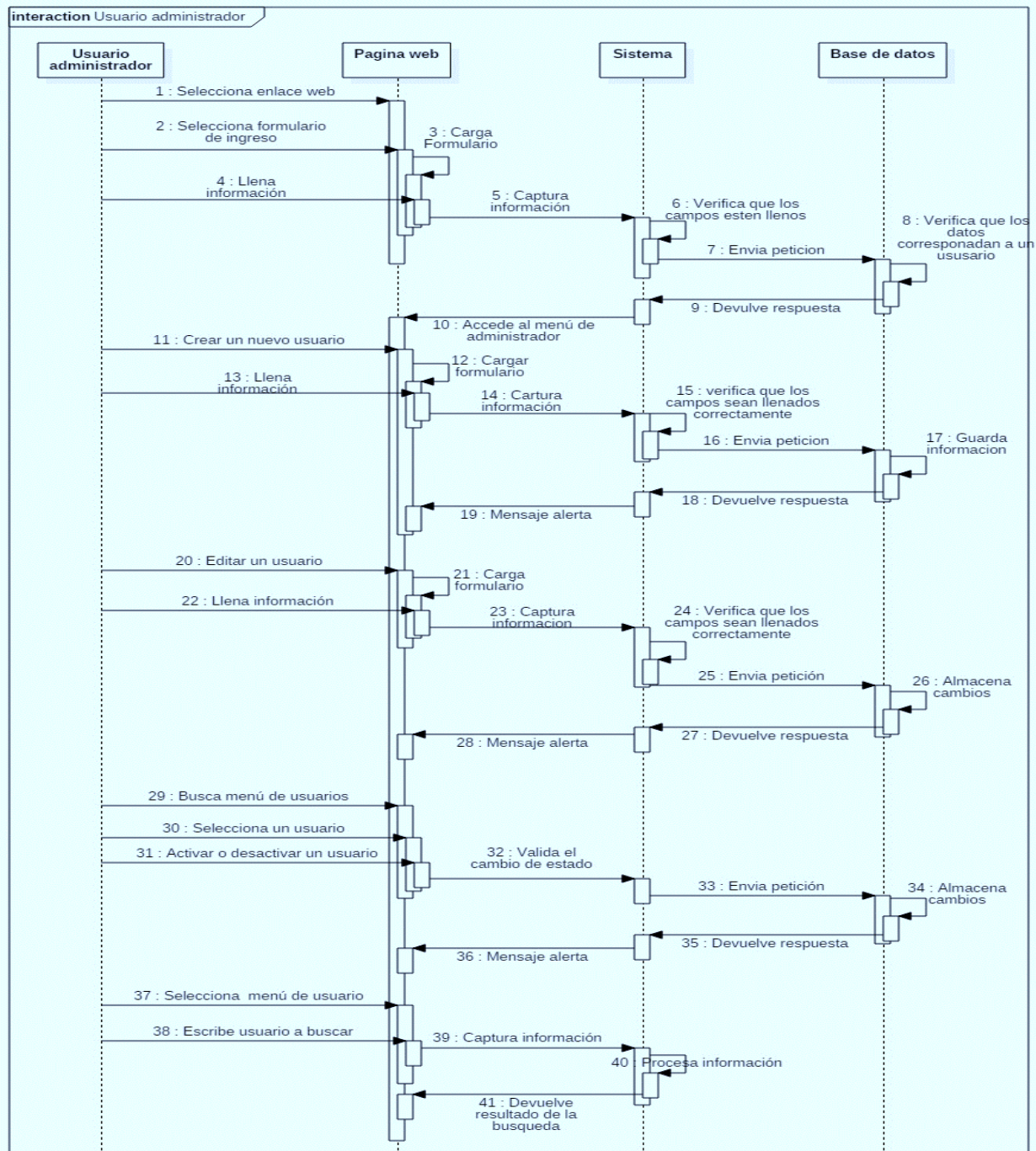
CU-06	Historial Clínico	
Objetivos Asociados	ID-OBJ-03	
Requisitos Asociado	R1, R2, R5, R6, R7	
Descripción	Las acciones corresponden a la gestión del historial clínico o diagnóstico de un paciente.	
Precondición		
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	Ingresa al sitio web.
	2	El doctor ingresa al inicio de sección e ingresa su número identificación y su contraseña.
	3	El sistema verifica en la base de datos si los datos son correctos.
	4	El usuario accede al sistema.
	5	El doctor abre la ventana de listado de pacientes.
	6	Busca un paciente en la lista de estos
	7	El sistema verifica en la base de datos si los datos son correctos.
	8	Mostrar usuario.
	9	Selecciona la opción editar usuario.
	10	Toma la opción de historia clínica y la edita.
	11	Guarda los cambios.
Postcondición		
Excepciones	Paso	Acción
	3	El usuario no fue encontrado en la base de datos, volver al paso 2.
	7	El paciente no existe o los datos son incorrectos, volver al paso 6.
Rendimiento		
Frecuencia		
Comentario	Ninguna	

Fuente: Elaboración Propia.

3.8 Diagrama de Secuencia

Los diagramas de secuencia muestran la interacción que tienen los actores en el software, así como el tiempo de la acción de cada uno de ellos al realizar un proceso.

Ilustración 18. Diagrama de Secuencia



3.10 Diagrama De Estado

Estos son los responsables de describir el comportamiento del sistema.

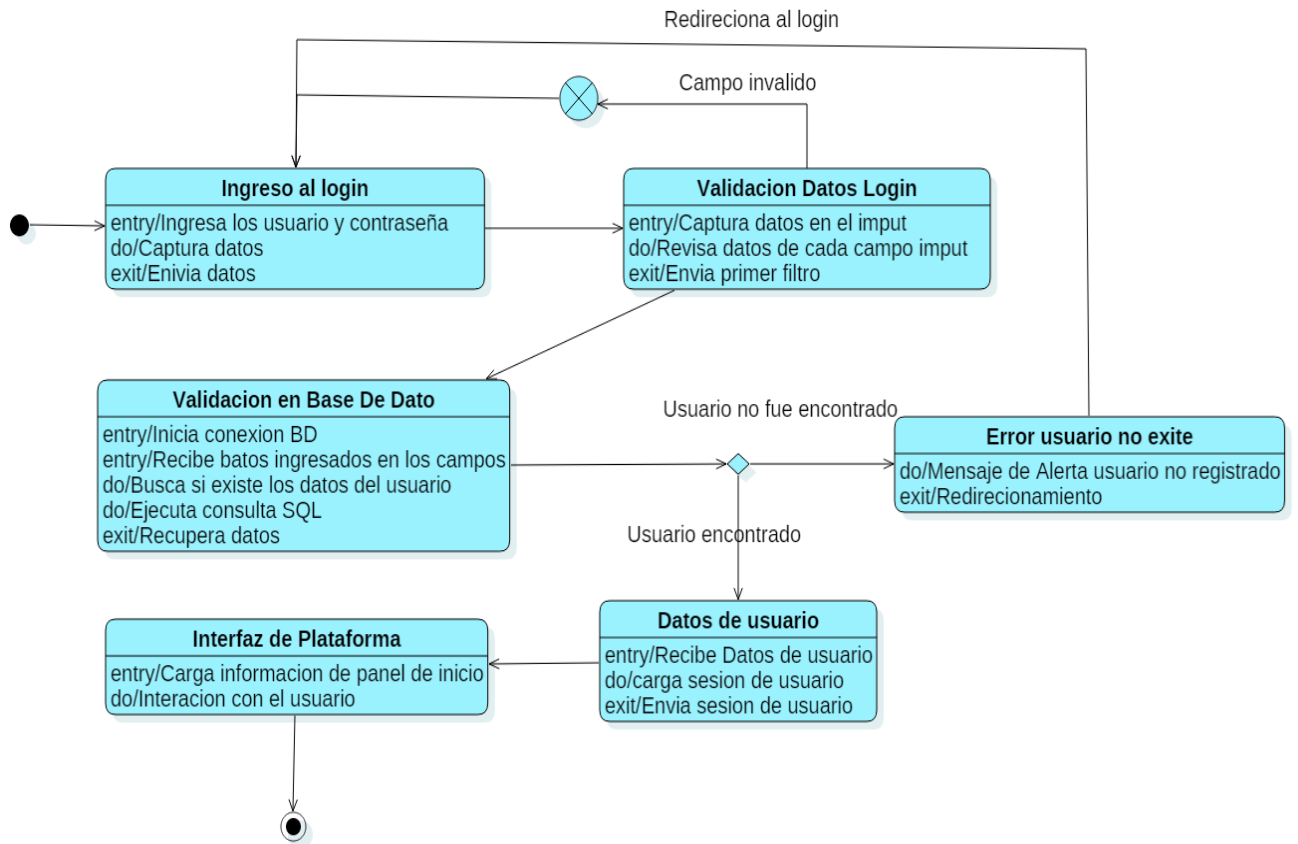


Ilustración 19. Diagrama De Estado De Control De Acceso

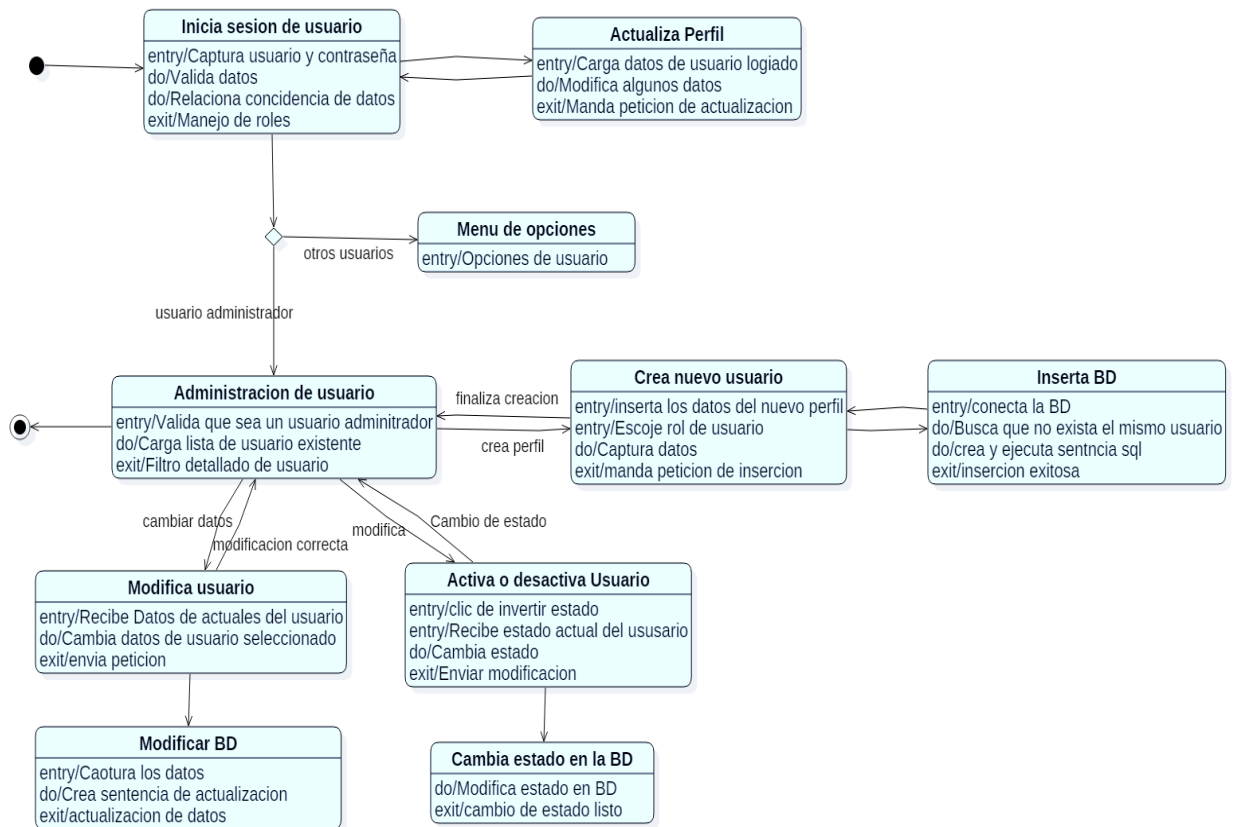


Ilustración 20. Diagrama De Estado Administración De Roles Para Usuario

3.11 Diagrama De Actividades

Los diagramas de actividad describen con más detalle y facilidad el comportamiento del diagrama de estado.

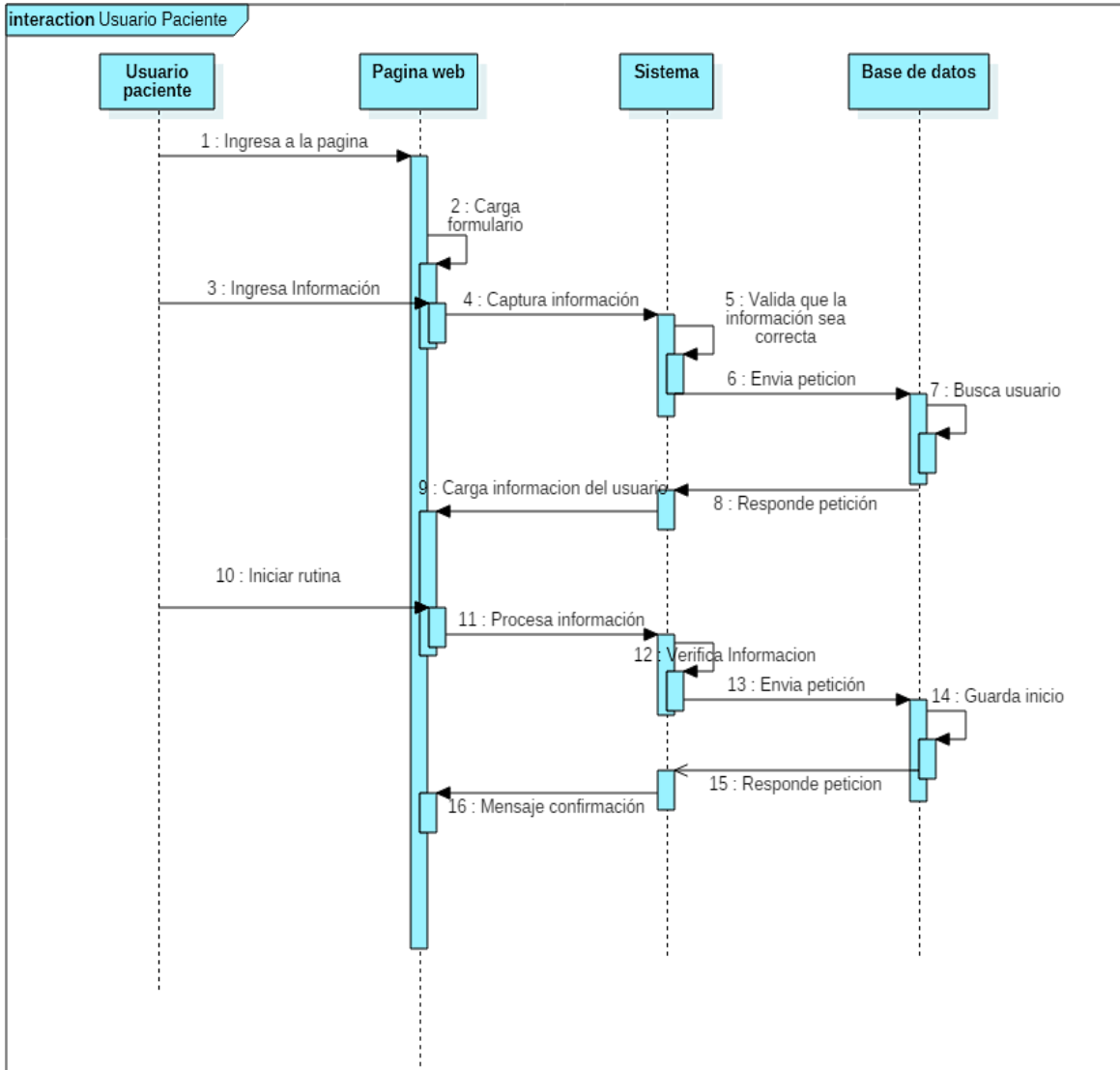


Ilustración 21. Diagrama de Actividad-Paciente

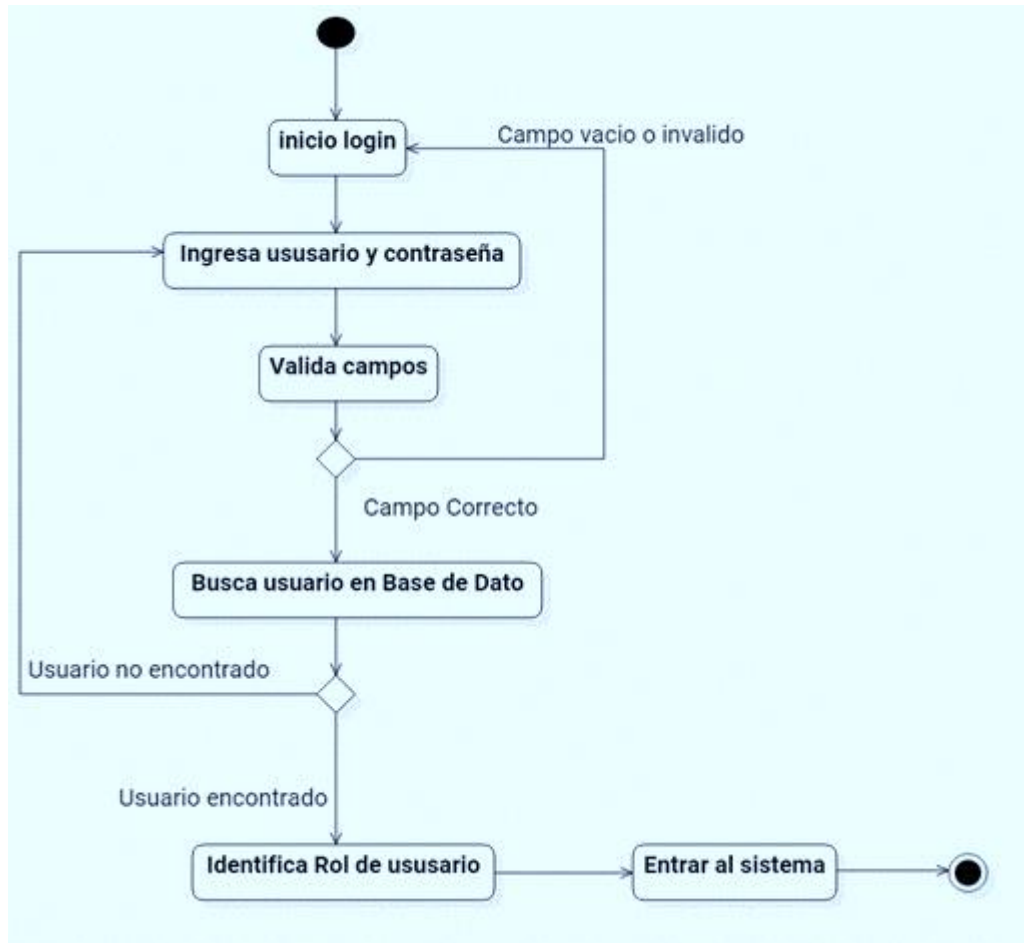


Ilustración 22. Diagrama De Actividad de control de Acceso

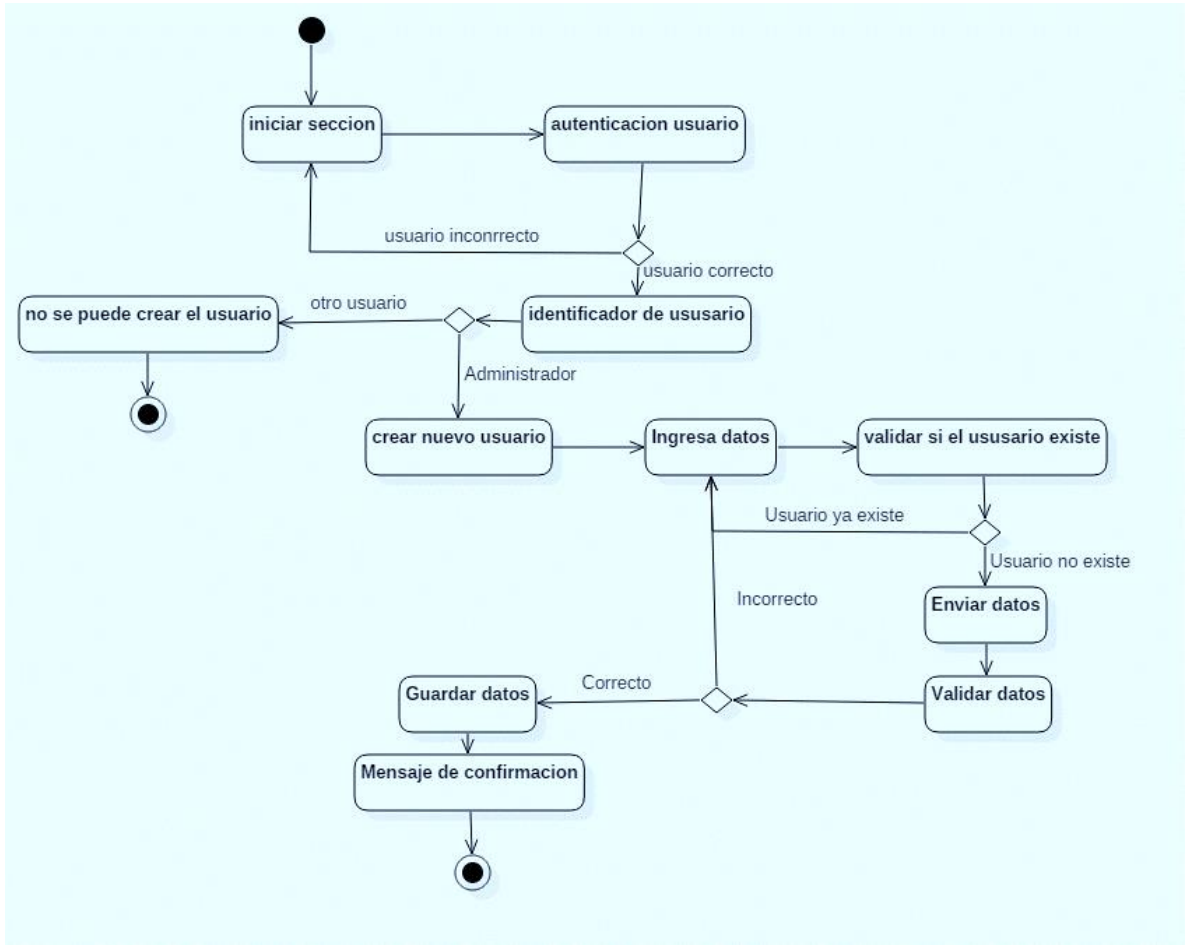


Ilustración 23. Diagrama de Registro

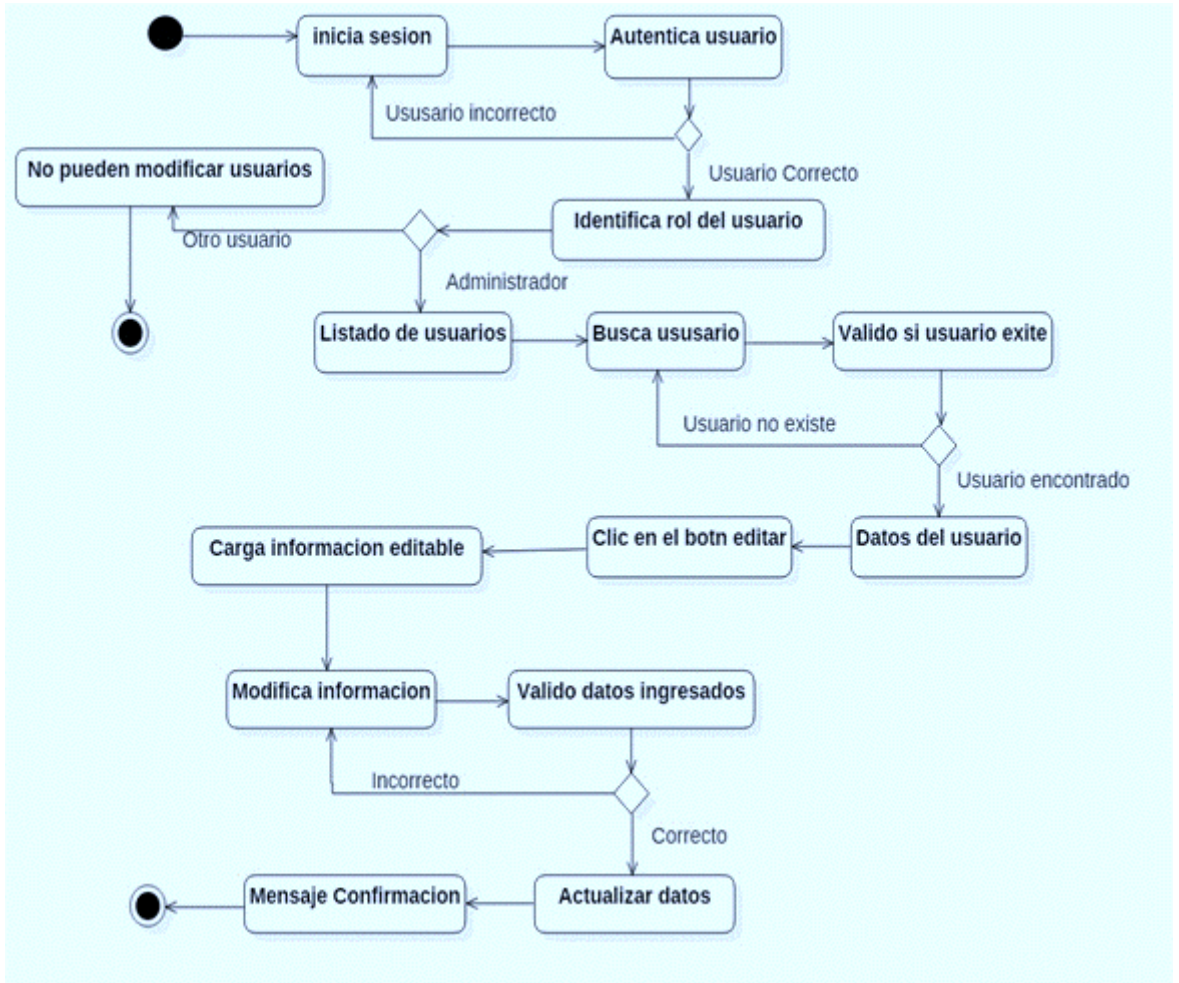


Ilustración 24. Diagrama de Modificar Usuario

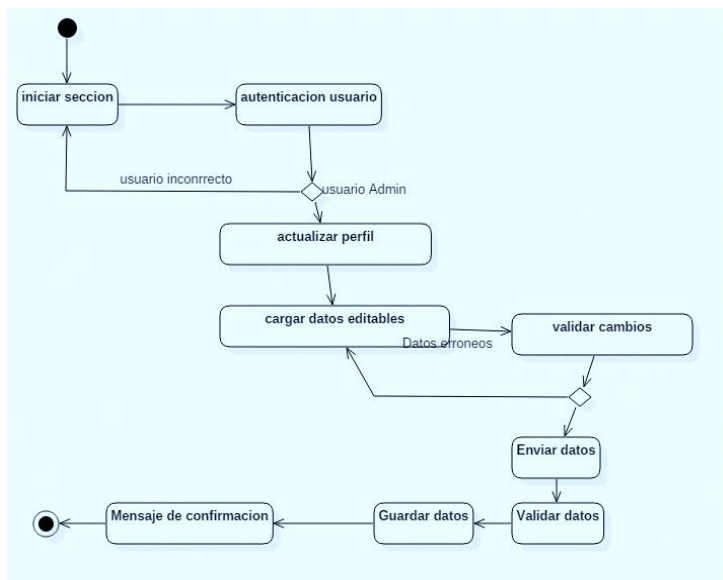


Ilustración 25. Diagrama de Actividad Actualizar Usuario

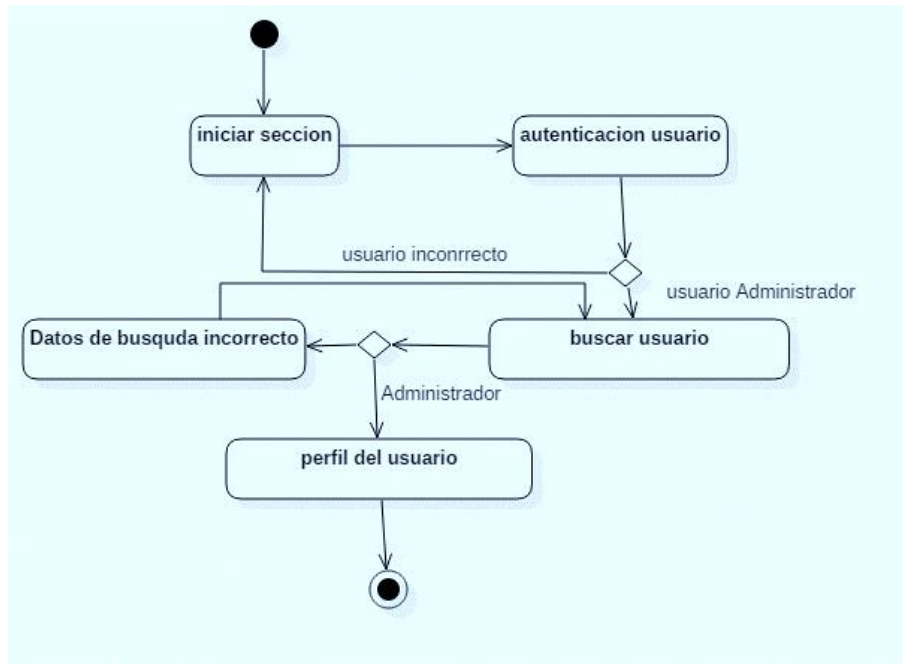


Ilustración 26. Diagrama Búsqueda de un Usuario

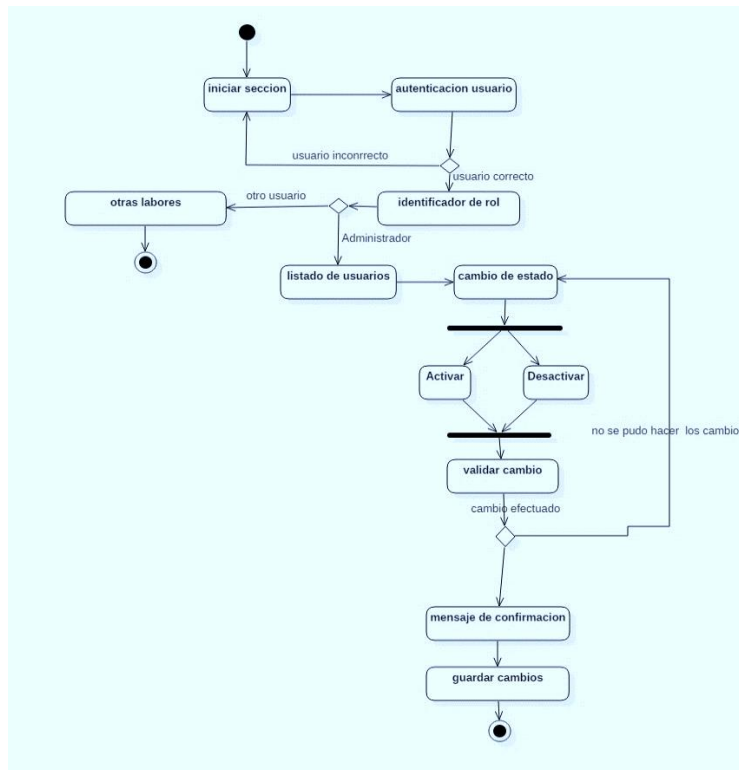


Ilustración 27. Diagrama Activar o Desactivar un Usuario

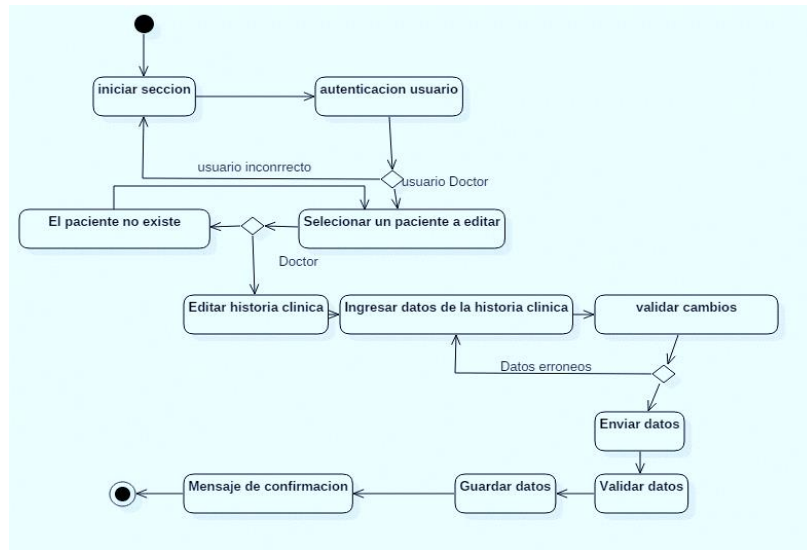


Ilustración 28. Diagrama Historia Clínica

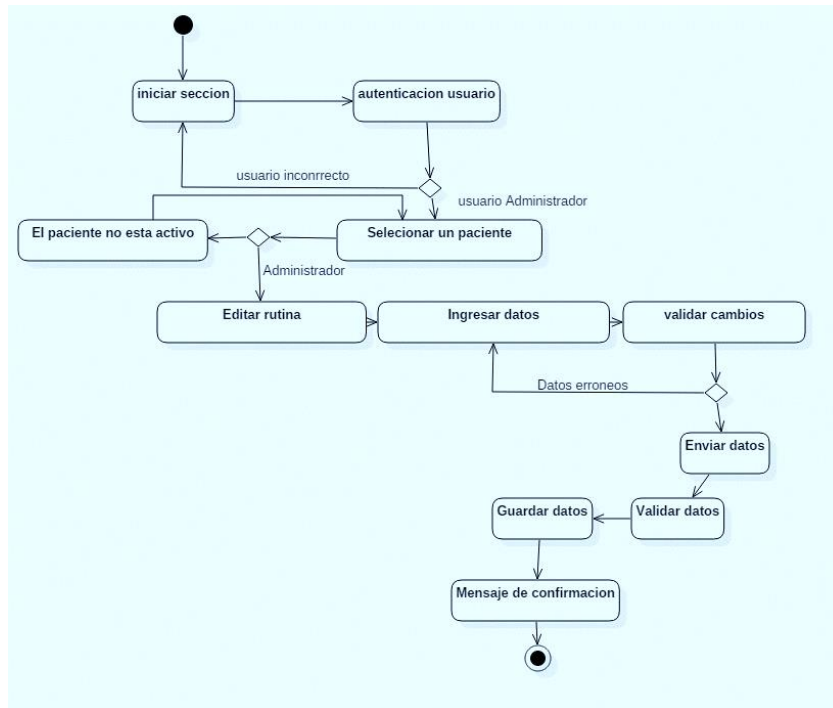


Ilustración 29. Diagrama Rutina

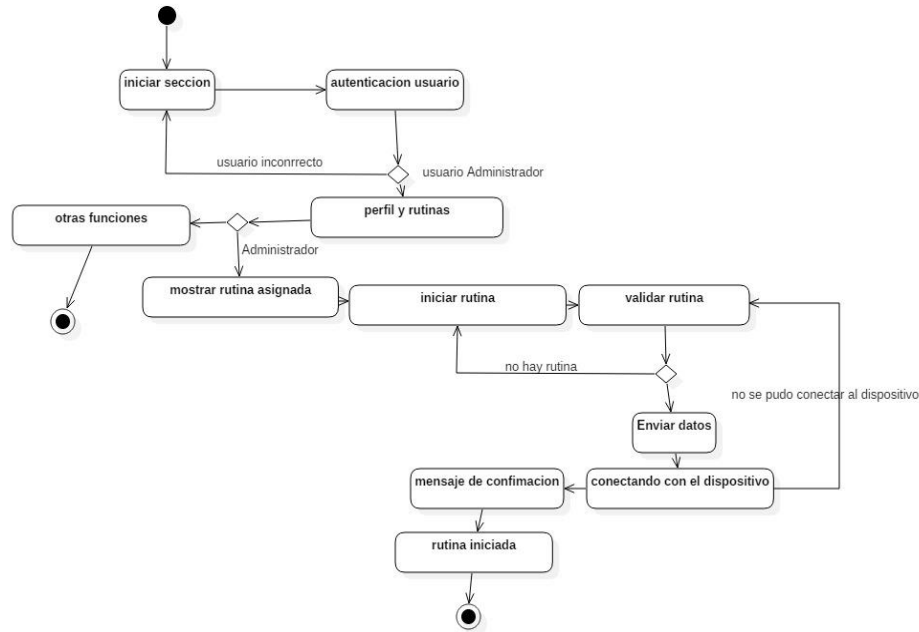


Ilustración 30. Diagrama Inicio Rutina

Capítulo 4. Análisis e Interpretación de Resultados

Los objetivos propuestos a alcanzar en este trabajo fueron diseñados principalmente con el fin de desarrollar e implementar un Sistema de Información como ayuda técnica para personas con discapacidad motriz en extremidades superiores. En este orden de ideas, el estudio ha demostrado que es posible insertar la electrónica en el campo de la salud, específicamente en el ámbito de rehabilitación muscular, puesto que ofrece un desarrollo óptimo de los ejercicios que deben realizar los pacientes.

Asimismo, la viabilidad del prototipado del dispositivo se corrobora en los resultados alcanzados tras las pruebas ejecutadas a la población, objeto de estudio; en el que todos los objetivos fueron alcanzados, legitimando el impacto que ha tenido el dispositivo.

Es preciso aclarar que los resultados presentados a continuación van de acuerdo con las respuestas obtenidas antes y después de utilizar el dispositivo electrónico en relación con la incidencia del dispositivo en la realización eficaz de los ejercicios de rehabilitación, así como la comodidad, seguridad y confianza que genera en el usuario. Es preciso aclarar que en las gráficas siguientes los datos de color amarillo, representan los datos obtenidos antes de implementar el dispositivo electrónico (Helpbot), y los resultados de color verde, señalan los obtenidos tras implementar el Helpbot en la población.

Con base en lo anterior, los resultados obtenidos son los siguientes:

Pregunta N° 1:

Califique la eficacia de los ejercicios de rehabilitación con el dispositivo electrónico.

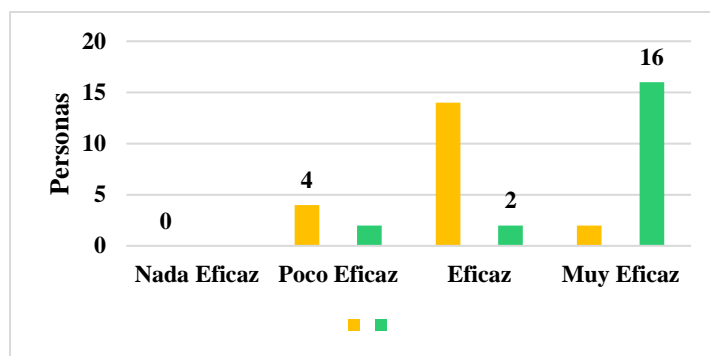


Ilustración 31. Eficacia del dispositivo electrónico.

Partiendo de los datos señalados en la gráfica anterior se puede observar que antes de la implementación del dispositivo electrónico, siete de los 14 usuarios señalan que los ejercicios de rehabilitación realizados por el personal médico son eficaces. Sin embargo, después de implementar el dispositivo electrónico; 16 usuarios indican una mayor eficiencia por parte del Helpbot. Lo que señala, una respuesta satisfactoria, ya que implica que los usuarios se sintieron cómodos al desarrollar los ejercicios con el dispositivo electrónico.

Pregunta N° 2:

¿Cómo se siente usted a la hora de realizar los ejercicios de rehabilitación con el dispositivo electrónico?

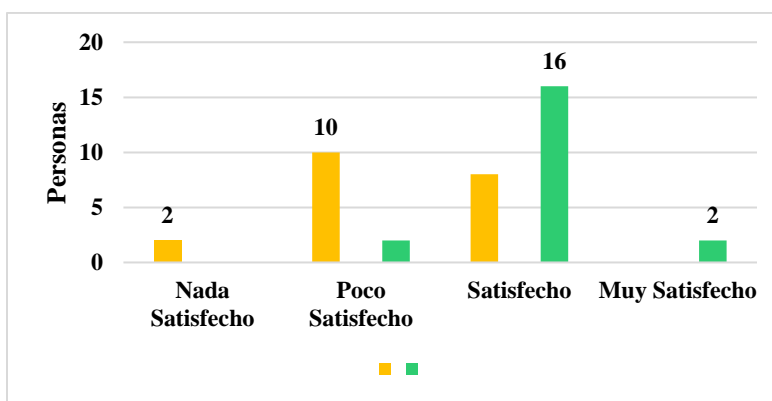


Ilustración 32. Resultados de la implementación del Dispositivo Electrónico

El 60% de la población señala que antes de la implementación del dispositivo electrónico, en aras de comodidad no se sentían muy satisfechos con la realización de los ejercicios, debido a que el proceso resultaba doloroso, pero después de utilizar el dispositivo electrónico, aunque las sesiones siguieron siendo dolorosas, puesto que consiste en mover músculos atrofiados del cuerpo, 80% de los pacientes demostraron un mejor respuesta ante el dispositivo, lo que señala que el Helpbot genera una sensación de confianza en los usuarios, representado en el número de usuarios que respondieron que se sintieron satisfechos al realizar los ejercicios con el dispositivo electrónico.

Pregunta N° 3:

¿Cómo se siente usted con el seguimiento del tratamiento por medio del software?

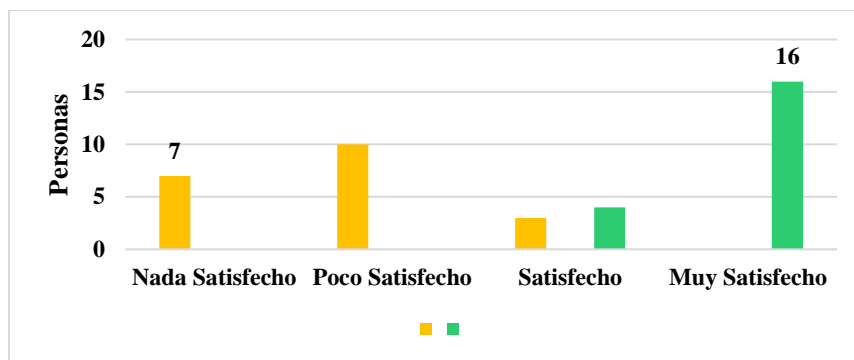


Ilustración 33. Resultados de la implementación del Dispositivo Electrónico

El 80% de los encuestados afirmaron que se sienten muy satisfechos con el seguimiento que se le hace a su tratamiento por medio del Software que acompaña al dispositivo electrónico, lo que señala que además de ayudarlos a realizar los ejercicios, pueden registrar los avances que obtienen en cada sesión. En el pretest desarrollado, la pregunta que responde a las barras de color amarillo fue: *¿Cómo se siente usted con el control y seguimiento de su tratamiento?*, de los cuales solo 3 de las 20 personas respondieron en la escala de *satisfecho*, respuesta que motivo la construcción del Helpbot, puesto que la población presentaba una necesidad que debía ser abordada.

Preguntas N° 4:

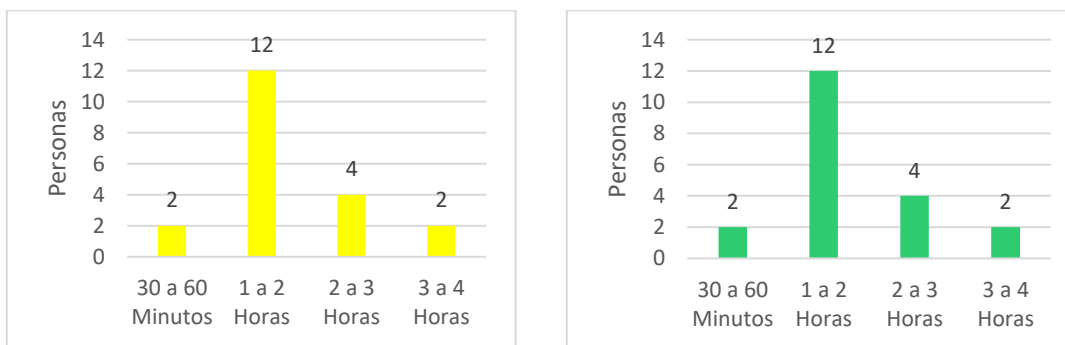


Ilustración 34. Resultados de la incidencia del dispositivo electrónico

Las gráficas anteriores hacen referencia a la respuesta obtenida de la pregunta realizada en el pretest, identificada con el gráfico amarillo cuya pregunta fue: *¿Cuánto tiempo emplea usted para movilizarse al centro de rehabilitación?*, en cuanto a la gráfica de color verde, esta señala la respuesta de la población a la pregunta: *¿Cuánto tiempo ahorra usted por implementar el dispositivo electrónico en su hogar?* Si bien, ambas preguntas están dirigidas a medir el tiempo que emplean los pacientes al movilizarse al centro de rehabilitación para realizar los ejercicios, ello porque el dispositivo Helpbot, se caracteriza por poder ser usado en la comodidad del hogar, sin necesidad de desplazar se

a otro sitio para que la persona desarrolle sus ejercicios, gracias a su asistencia particular e individual.

En este sentido, se observa que antes 12 de los usuarios demoraban de una a dos horas para llegar al centro de rehabilitación, en el que otros se demoraban aun más. Pero, tras la implementación del dispositivo electrónico se muestra que los usuarios redujeron en su totalidad el tiempo invertido en el desplazamiento al centro médico, puesto que al tener el asistente en casa no es necesario trasladarse a otro sitio, lo que implicó también un ahorro monetario en los usuarios evidenciando el impacto positivo del dispositivo en la población.

Preguntas N° 5:

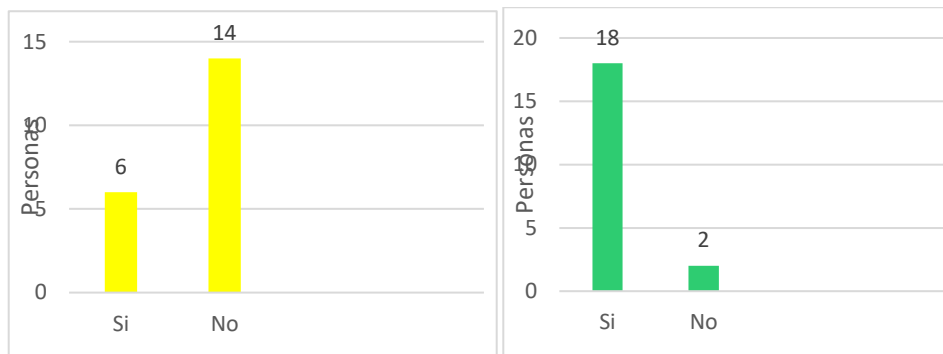


Ilustración 35. Resultados de la incidencia del dispositivo electrónico

Las barras amarillas representan la siguiente pregunta: *¿Se siente usted cómodo en las instalaciones del centro de rehabilitación?*, y las gráficas de color verde la pregunta es: *¿Se siente usted cómodo al realizar las terapias en su hogar?* Partiendo de las preguntas realizadas antes y después de implementar el dispositivo electrónico Helpbot, como ayuda técnica en la rehabilitación de la discapacidad motriz en extremidades superiores, se observa que los pacientes no se sentían placenteros en las instalaciones médicas, ello porque el espacio estéril de estos espacios genera en la persona una sensación de malestar y enfermedad mayor al grado que presenta la persona, así como también puede causar depresión o tristeza en el paciente al sentirse incapaz de moverse con facilidad y requerir de la ayuda de otras personas, expuestos también a ser observados por todo el personal que ingrese al centro.

No obstante, la sensación dejó de existir tras ofrecerle a los pacientes la oportunidad de realizar sus ejercicios en casa, y así fortalece su seguridad y su parte emotiva al brindarle una herramienta particular que personalizará sus ejercicios y lo ayudará a avanzar en cada una de las indicaciones dadas por el cuerpo médico. La mayoría de los usuarios estuvieron de acuerdo con la comodidad que le ofrece el Helpbot al poder utilizarlo en el hogar.

Preguntas N° 6:

¿Recomendaría usted la implementación del dispositivo electrónico?

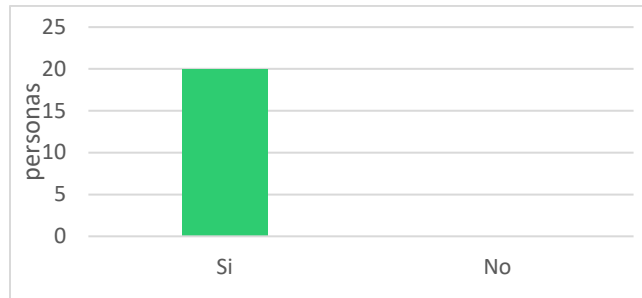


Ilustración 36. Resultados de la incidencia del dispositivo electrónico

Después de utilizar el dispositivo electrónico, Helpbot; los usuarios manifestaron sentirse muy cómodos con el artefacto, así como les facilitó el desarrollo de los ejercicios terapéuticos y así avanzar exitosamente en cada uno de ellos. De igual forma, el impacto positivo del dispositivo se refleja en la medida en que el 100% de la población recomendaría el dispositivo electrónico, tal como se muestra en la gráfica anterior, por lo que la intervención electrónica fue exitosa.

Con base en lo anterior, las pruebas del dispositivo dieron resultados favorables a la investigación sustentando la idea de que la implementación Sistema de Información como soporte técnico en la rehabilitación de la discapacidad motriz en miembros superiores resulta beneficioso tanto para la población en calidad de pacientes, así como también ofrece una herramienta de apoyo para el cuerpo médico.

Asimismo, se ha logrado con éxito el diseño y desarrollo de un software que recolecta los datos recolectados por el dispositivo lo que corrobora la viabilidad del proyecto ya que permite una mejor visualización sobre lo logrado con la digitalización de la información obtenida. Por medio de este equipo electrónico se le ofrece a la comunidad médica y a los pacientes una mejor gestión y almacenamiento de las terapias, resultados, avances, historial y diagnóstico.

El Helpbot brindó un apoyo eficiente respondiendo satisfactoriamente a las necesidades de la población discapacitada, además; causa un sentimiento de seguridad, confianza y autonomía en el paciente al ofrecerle la oportunidad de manejar y controlar sus terapias desde su hogar, así como también puede implementarlo personalmente sin requerir de un personal médico al lado.

Del mismo modo, los resultados representados en los gráficos anteriores, demuestran el grado de aceptación que tuvo el dispositivo por parte de los pacientes, consiguiendo datos positivos reflejados en los gráficos de color verde.

Tras este estudio se comprobó cómo la introducción de la electrónica en el sector de la salud mejora el rendimiento de los procesos de las prácticas de rehabilitación, ya que a través de ella se realizan los procesos de optimización de las tareas a realizar. Además de brindar una movilidad más segura, minimizando la posibilidad de accidentes en el momento en que el paciente se traslada al centro de rehabilitación, puesto que el dispositivo ofrece la oportunidad de desarrollar los ejercicios de rehabilitación en el hogar.

La electrónica logró lo planteado al inicio de esta investigación, manifestándose en una mejor gestión de los ejercicios, y del historial clínico del paciente, así como el control progresivo del usuario y sobre todo generar confianza y estabilidad en los usuarios a medida que se logra un buen desempeño de las funciones del dispositivo.

Definitivamente, un proyecto de investigación basado en el desarrollo e implementación de un dispositivo electrónico para personas con discapacidad motriz en extremidades superiores representa una valiosa contribución y colaboración con la medicina, la tecnología, la electrónica y la innovación.

Capítulo 5. Conclusiones

Los objetivos especificados al inicio de esta investigación se han logrado satisfactoriamente brindando una forma de demostrar la factibilidad y utilidad de la electrónica en el área de la salud en cuestión, demostrando el alcance de la tecnología en la optimización de herramientas que faciliten el desarrollo de tareas y brinden una mejor comunidad a la población afectada.

El presente estudio cumplió a cabalidad los objetivos estipulados al inicio, de tal forma que, el diseño del dispositivo se elaboró bajo los parámetros de la población, objeto de estudio, cumpliendo con las necesidades de esta, en cuanto a diseñar e implementar una ayuda electrónica para la rehabilitación de las extremidades superiores afectadas por discapacidad motriz.

En lo que respecta al impacto del dispositivo se obtuvieron resultados significativos en cuanto a la recuperación motriz de los miembros superiores de la población, al tiempo que se ofreció un dispositivo interactivo e innovador para la población, además de haber diseñado un dispositivo accesible y asequible para la población.

El desarrollo del dispositivo ofreció una solución electrónica que apunta hacia la mejora de la calidad de vida de los pacientes, en la medida en que desarrolló en los usuarios sentimientos de confianza, seguridad y autoestima consigo mismos, junto con la oportunidad de involucrarse en su proceso de rehabilitación por medio de un instrumento dinámico, cómodo, portátil y seguro, que mejora y fortalece los procesos terapéuticos, lo que aseguró el éxito de la investigación.

Recomendaciones

En cuanto a las mejoras que se deben realizar al dispositivo diseñado, se puede resaltar el diseño y construcción de un dispositivo con un peso más liviano, para favorecer su portabilidad.

También, se recomienda modificar el tamaño de los componentes del Hardware a una escala menor, lo que se vería influenciado positivamente en la estética del prototipo, así como también, añadiendo otras funcionalidades que complementen sus especificaciones iniciales.

Del mismo modo, en relación con el Software se recomienda la lectura de este por parte de los usuarios para utilizar el dispositivo correctamente.

Trabajos Futuros

Con el fin de lograr un producto más completo y funcional, es necesario aumentar la calidad del dispositivo, mediante la adquisición de componentes con mayor precisión y menor rango de error.

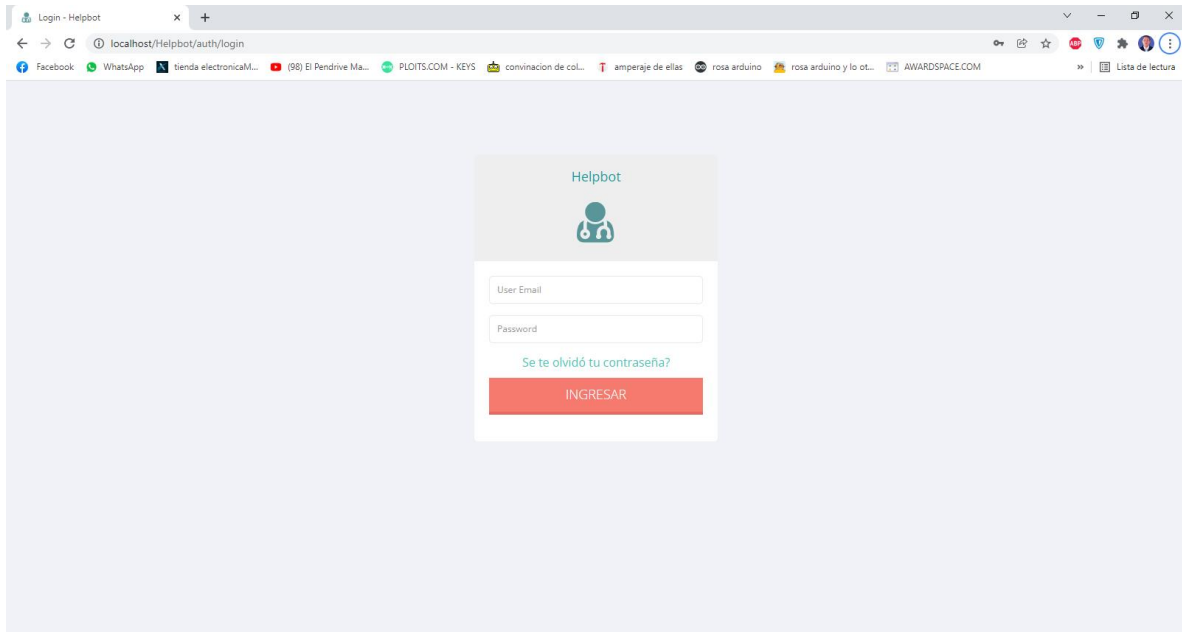
En este orden de ideas, es necesario ampliar el alcance de esta investigación y profundizar aún más en la literatura teórica y práctica que confirma la importancia de la electrónica en el campo de la salud, así como el carácter interdisciplinar de esta en otras disciplinas que requieran la intervención tecnológica para una mejor gestión de las actividades.

Anexos

Manual de Usuario

Ingreso al Sistema

Ingresamos a <http://localhost/Helpbot/> desde nuestro navegador para poder loguearse, y poder ingresar a el panel principal y poder interactuar con las distintas opciones que varían de acuerdo al rol que ocupe.



Panel principal (vista administrador)

Aquí podemos ver las distintas opciones que nos brinda el sistema.

Helpbot

admin

1 Medico

1 Paciente

0 Cita

0 Prescripción

0 Historia del caso

0 Documentos

enero 2022

lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.
27	28	29	30	31	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16

Sat 22 January, 2022

Cita : 0

January, 2022

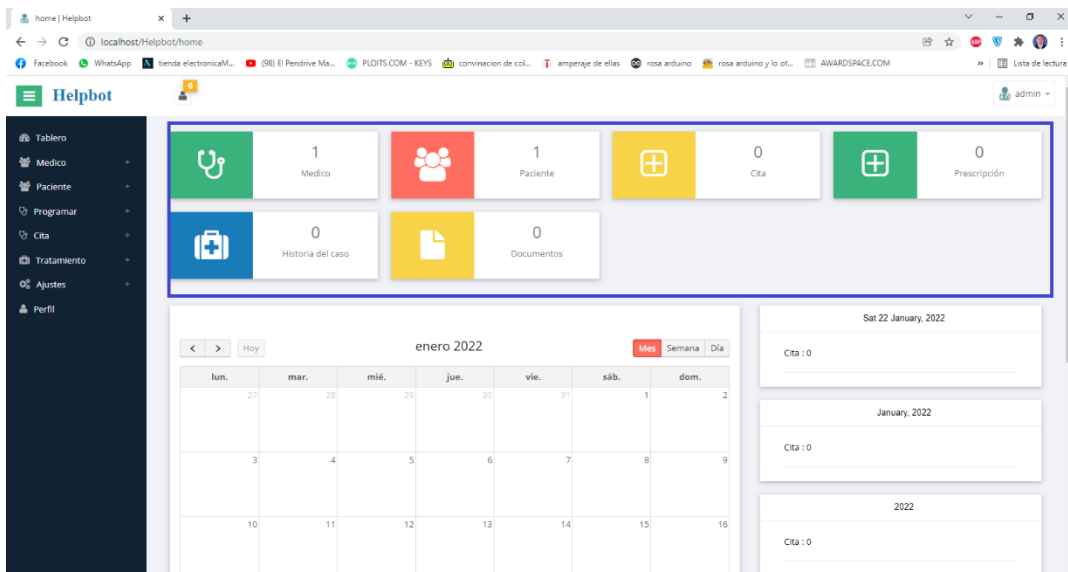
Cita : 0

2022

Cita : 0

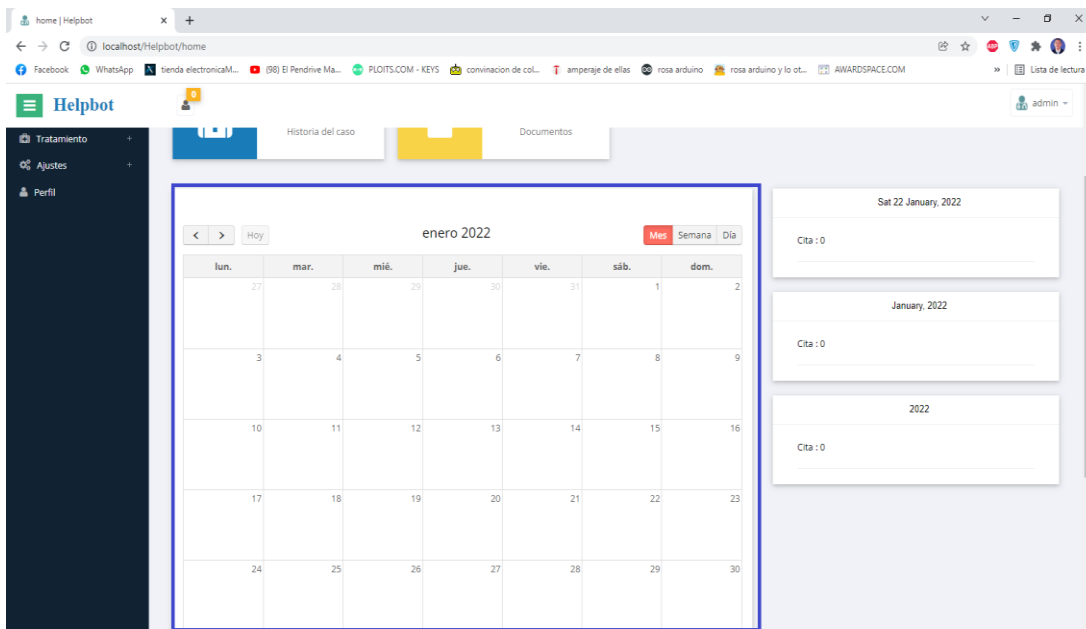
Panel principal (vista admón.)

Tenemos un listado amigable a la vista y de fácil acceso, donde nos muestra las diferentes partes que componen nuestro sistema y el número de variables que la componen.



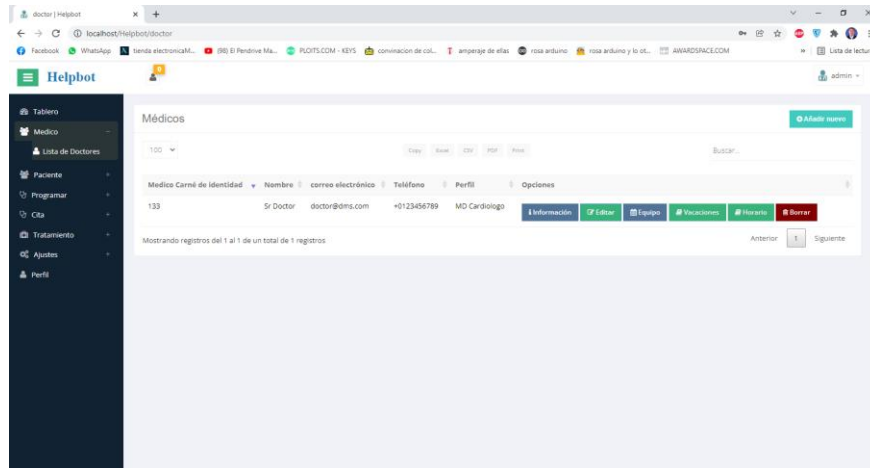
Agenda de citas (vista admón.)

Vista de agenda, en esta se muestra cada una de las citas que están pendientes en el sistema. También podemos ver un contador que nos muestra el número de citas registras por: Dia, por mes y todas las citas que llevan en el transcurso del año.

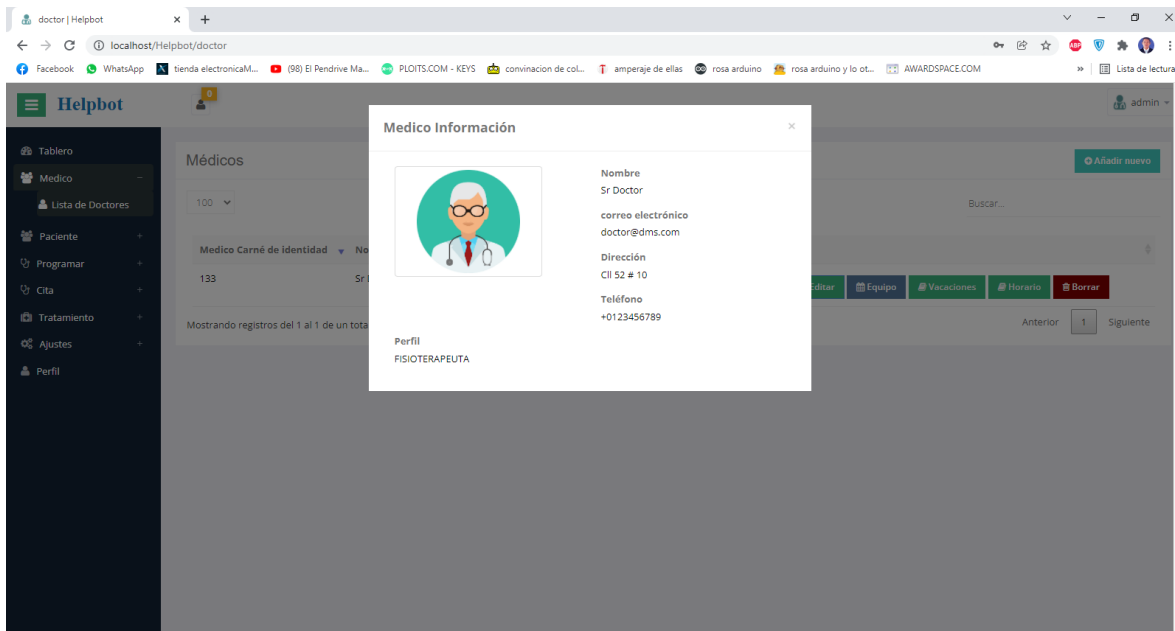


Doctores o Médicos (vista admón.)

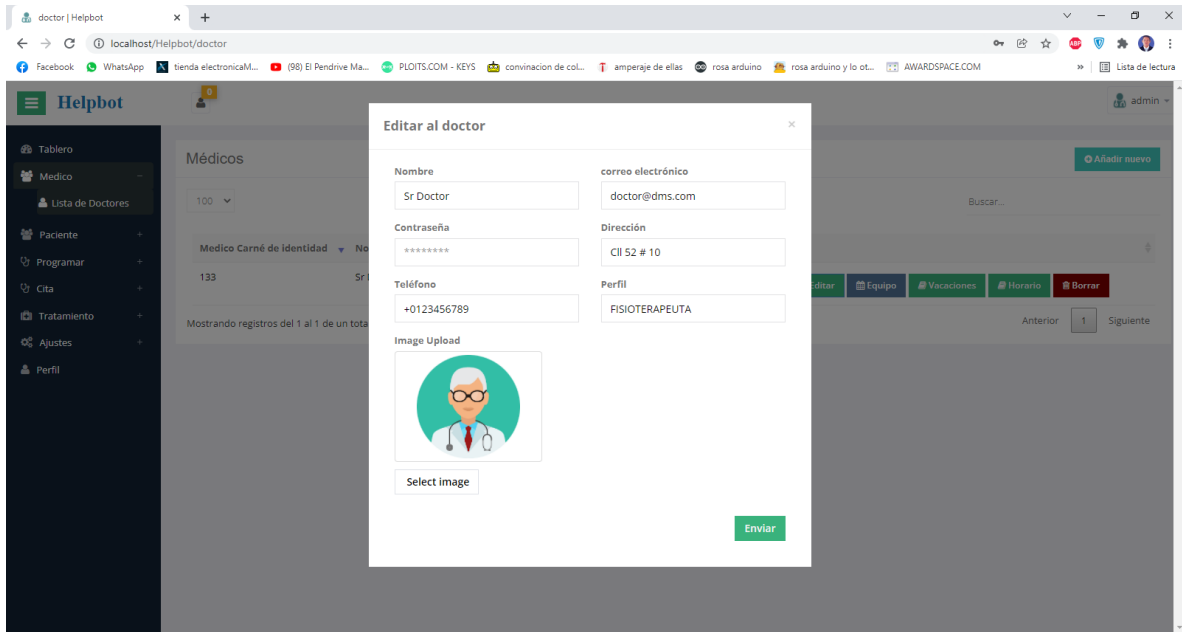
Tenemos listado de los doctores que están ingresados en sistema, y las diferentes opciones que podemos usar.



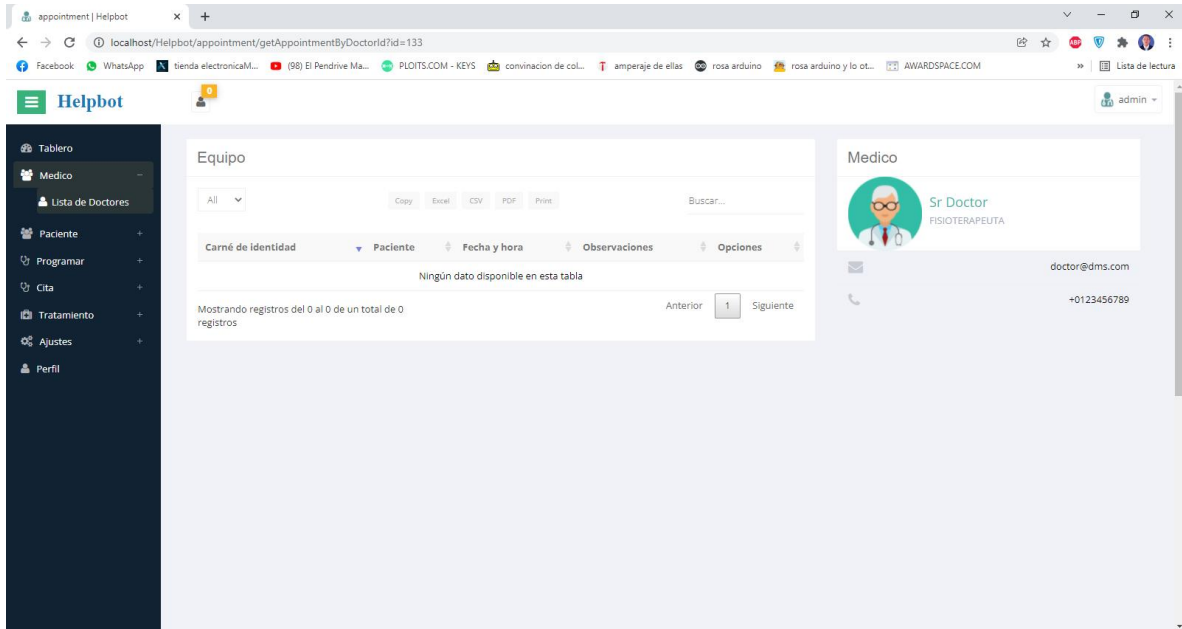
Información del Médico



Editar al Médico



Equipos o dispositivos que tiene a cargo el Médico



Asignación de vacaciones.

schedule | Helpbot

localhost/Helpbot/schedule/holidays?doctor=133

Facebook WhatsApp tienda electronicaM... (98) El Pendrive Ma... PLOITS.COM - KEYS combinacion de col... amperaje de ellas rosa arduino rosa arduino y lo ot... AWARDSPACE.COM

admin

Vacaciones (Sr Doctor)

Añadir nuevo

All

Copy Excel CSV PDF Print

Buscar...

#	Fecha	Opciones
---	-------	----------

Ningún dato disponible en esta tabla

Mostrando registros del 0 al 0 de un total de 0 registros

Anterior 1 Siguiente

Horario del Médico

schedule | Helpbot

localhost/Helpbot/schedule/timeSchedule

Facebook WhatsApp tienda electronicaM... (98) El Pendrive Ma... PLOITS.COM - KEYS combinacion de col... amperaje de ellas rosa arduino rosa arduino y lo ot... AWARDSPACE.COM

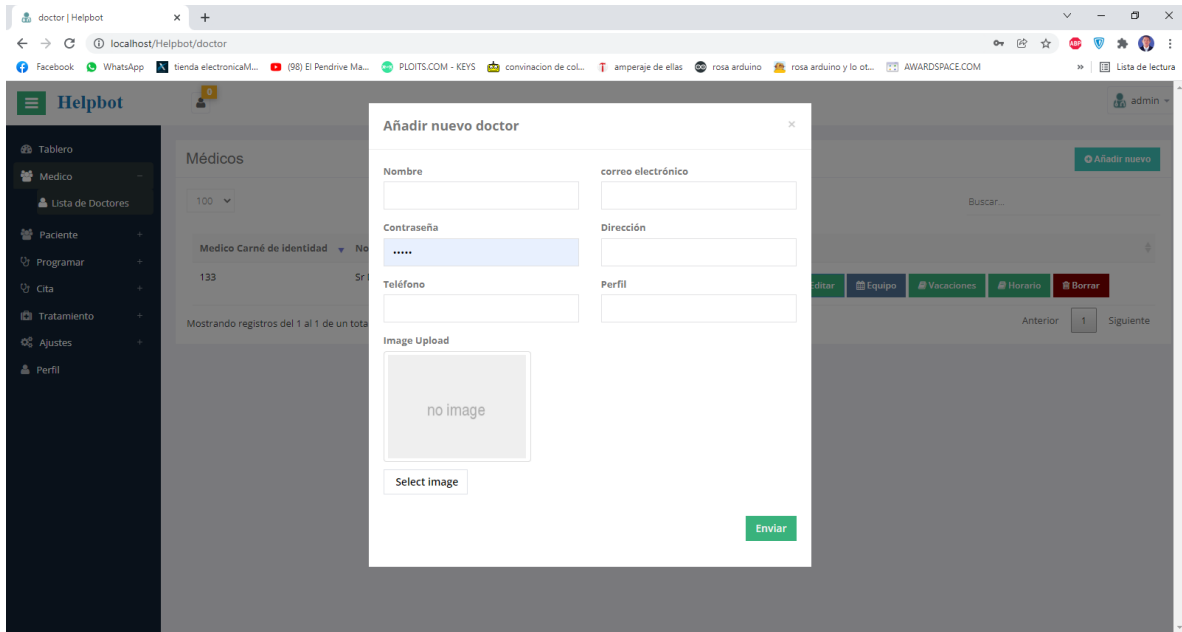
admin

Horario ()

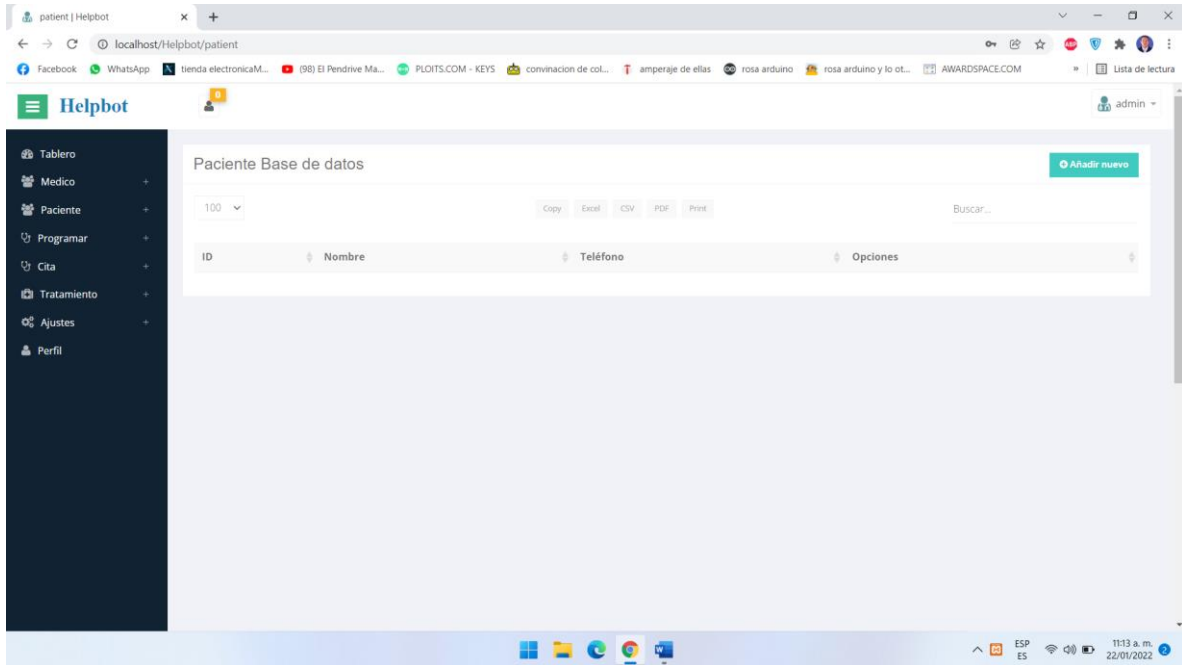
Añadir nuevo

#	Día laborable	Hora de inicio	Hora de finalización	Duración	Opciones
1	Monday	07:00 AM	10:30 AM	30 Minutos	Borrar

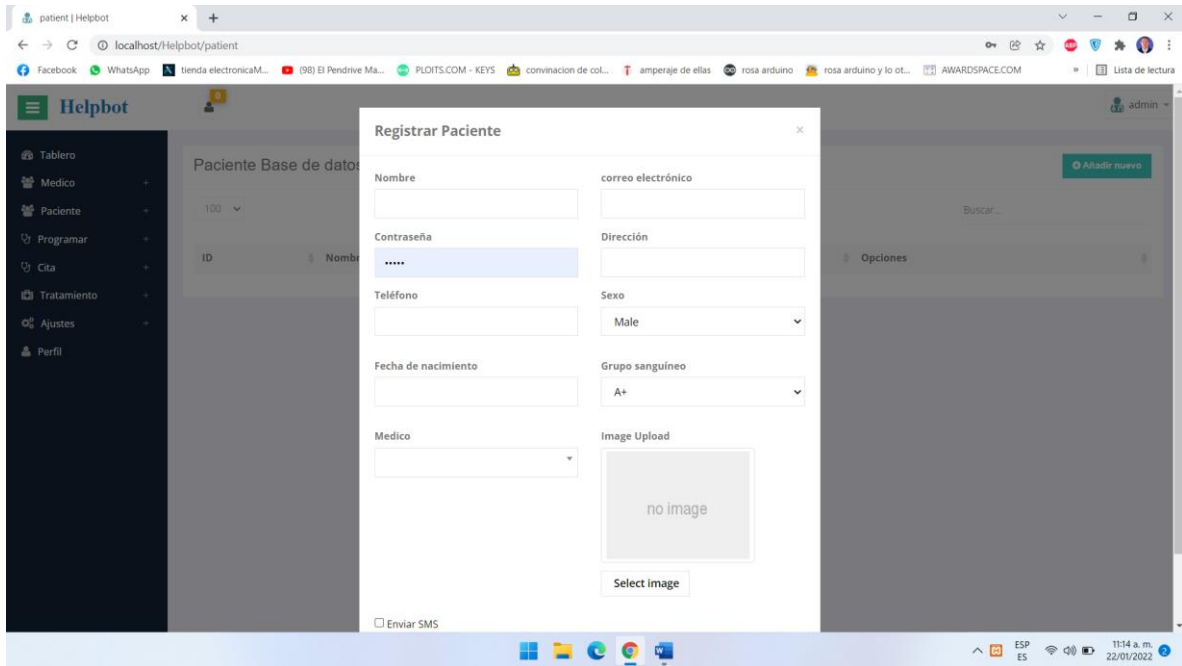
Añadir un nuevo Médico



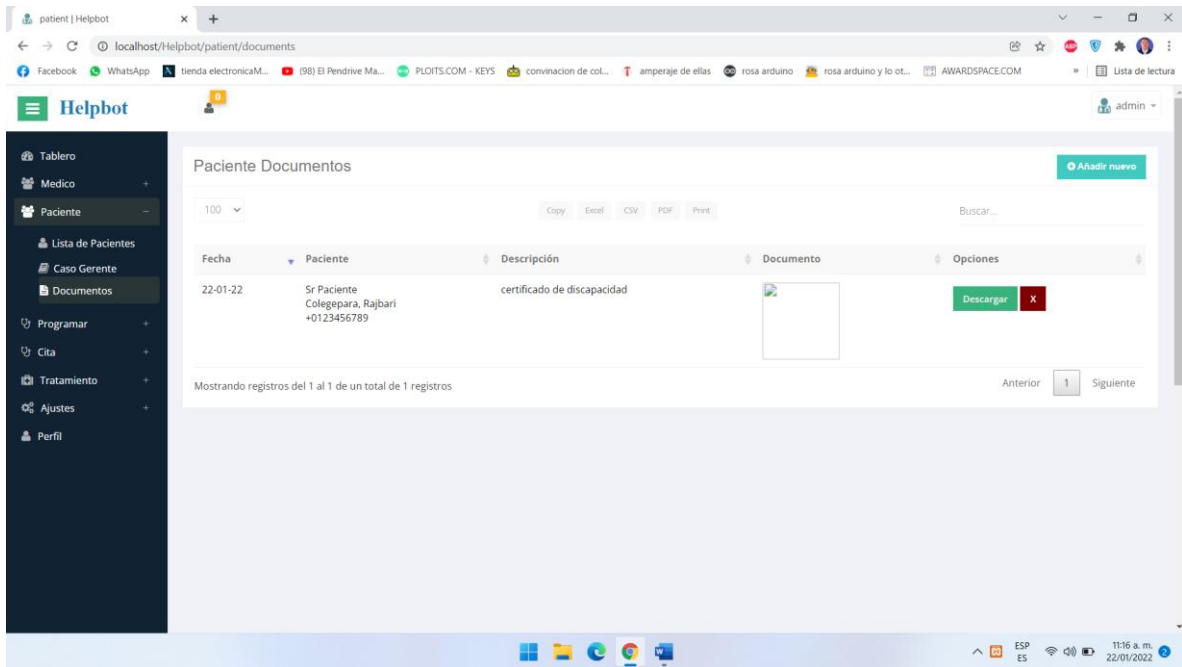
Lista de Pacientes (Vista Admón.)



Agregar un nuevo paciente

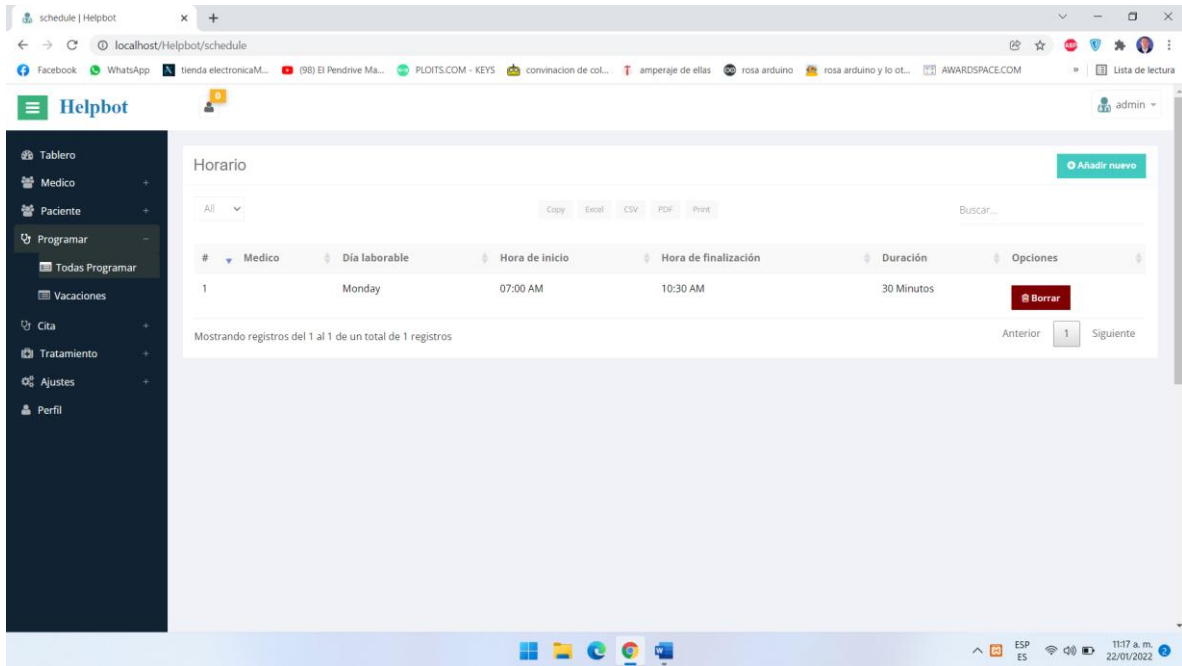


Vista de documentación de pacientes.

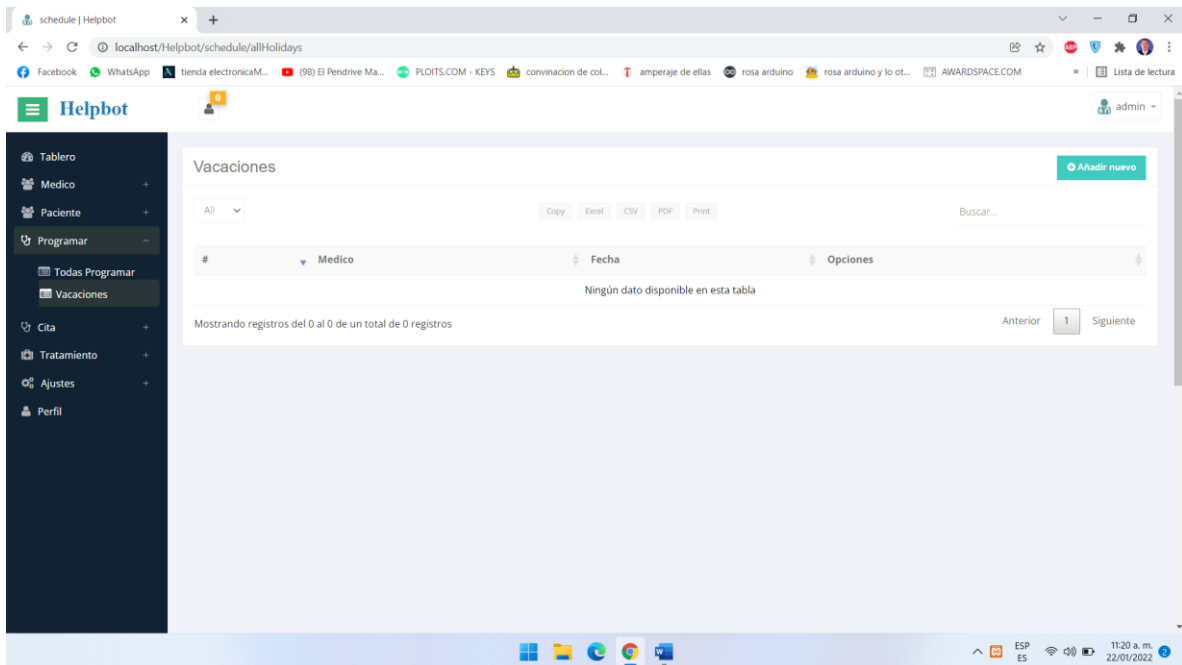


Programar (Vista Admón.)

Tenemos la opción de programar el horario de atención de los médicos.

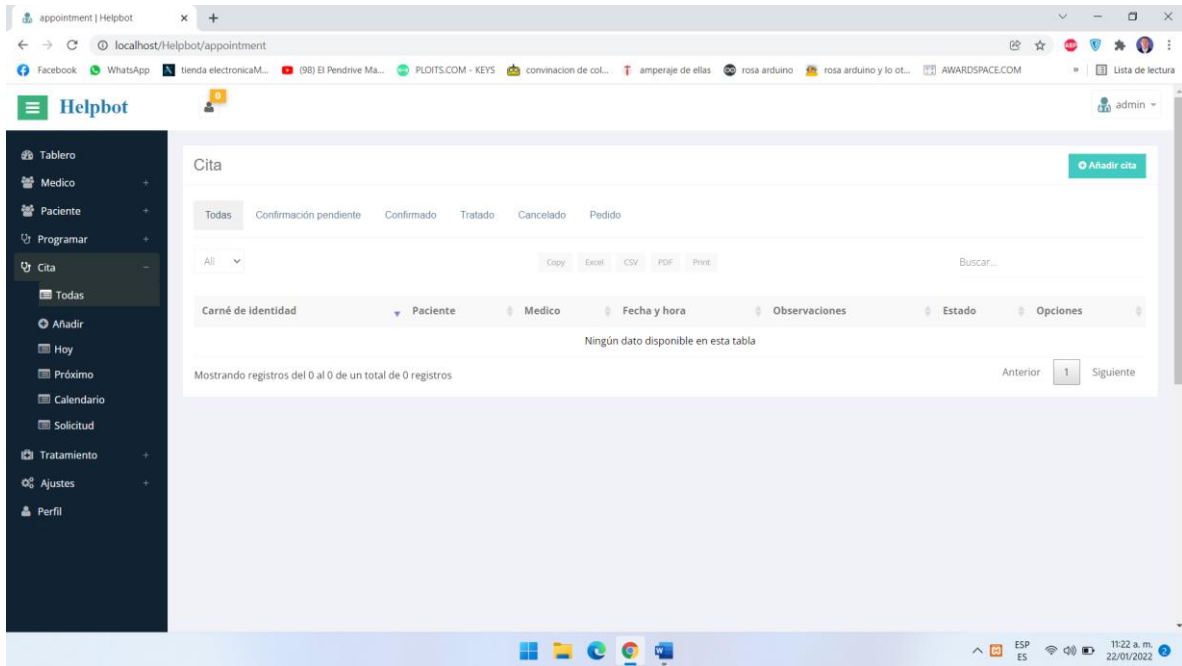


Vista donde podemos programar las vacaciones de cada médico para llevar el control de estas.

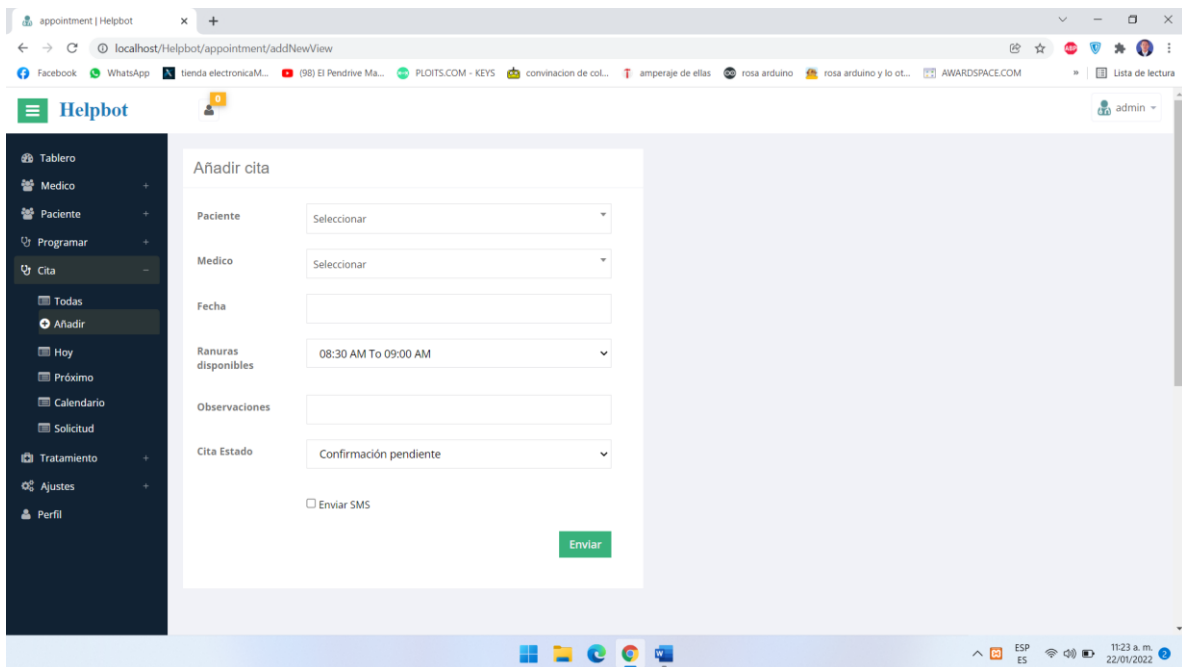


Citas (Vistas admón.)

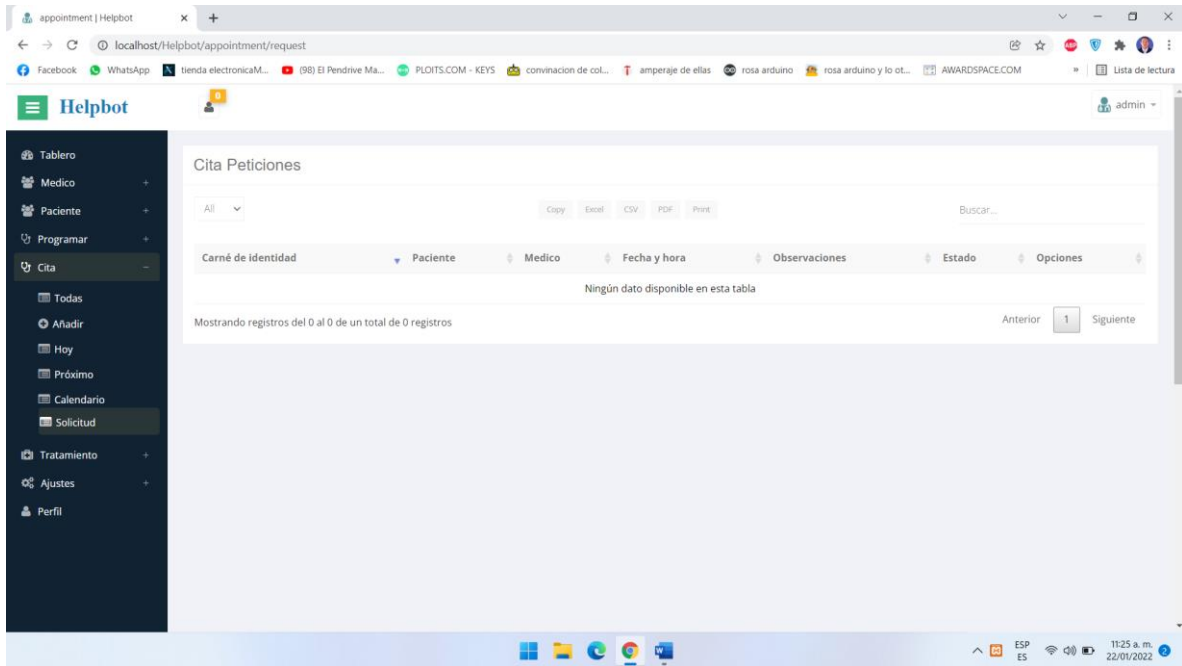
Podemos ver las diferentes opciones de citas, y vemos todas las citas.



Podemos agregar nuevas citas

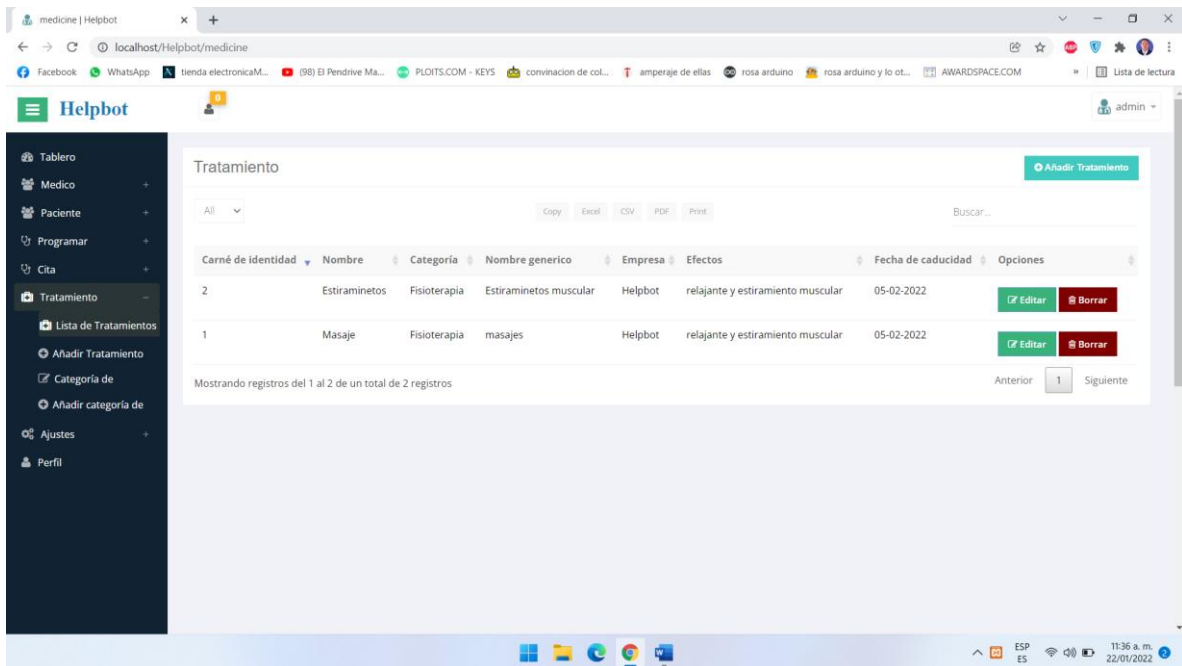


Vemos las citas que están pedidas y no han sido confirmadas.

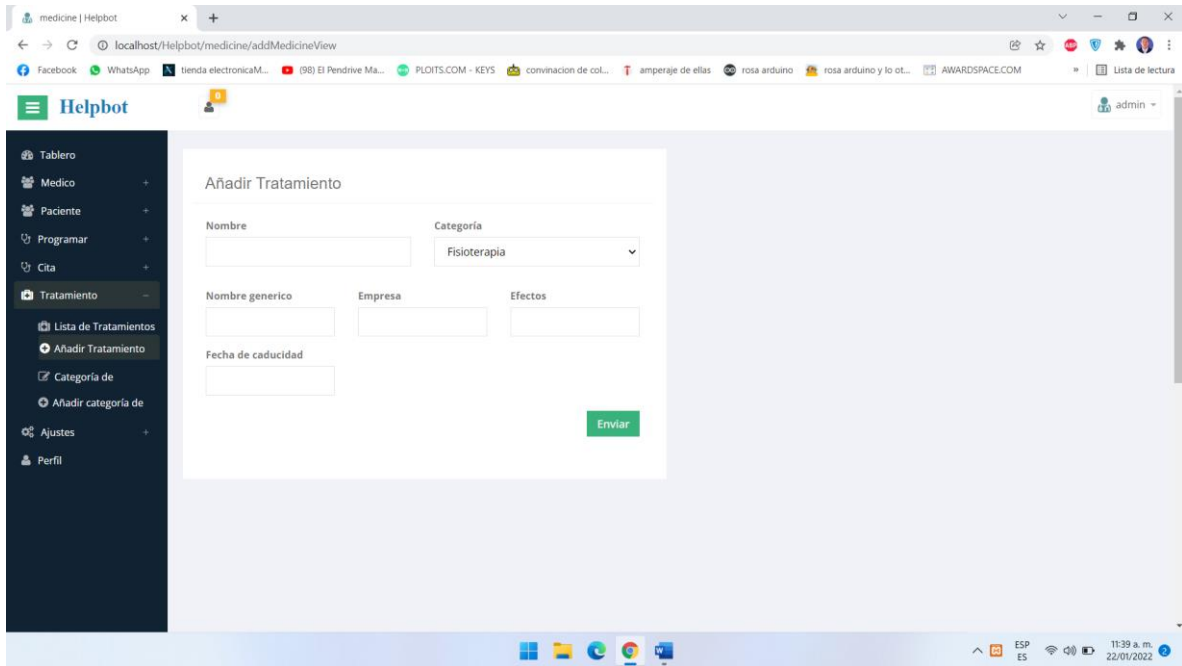


Tratamientos (vistas admón.)

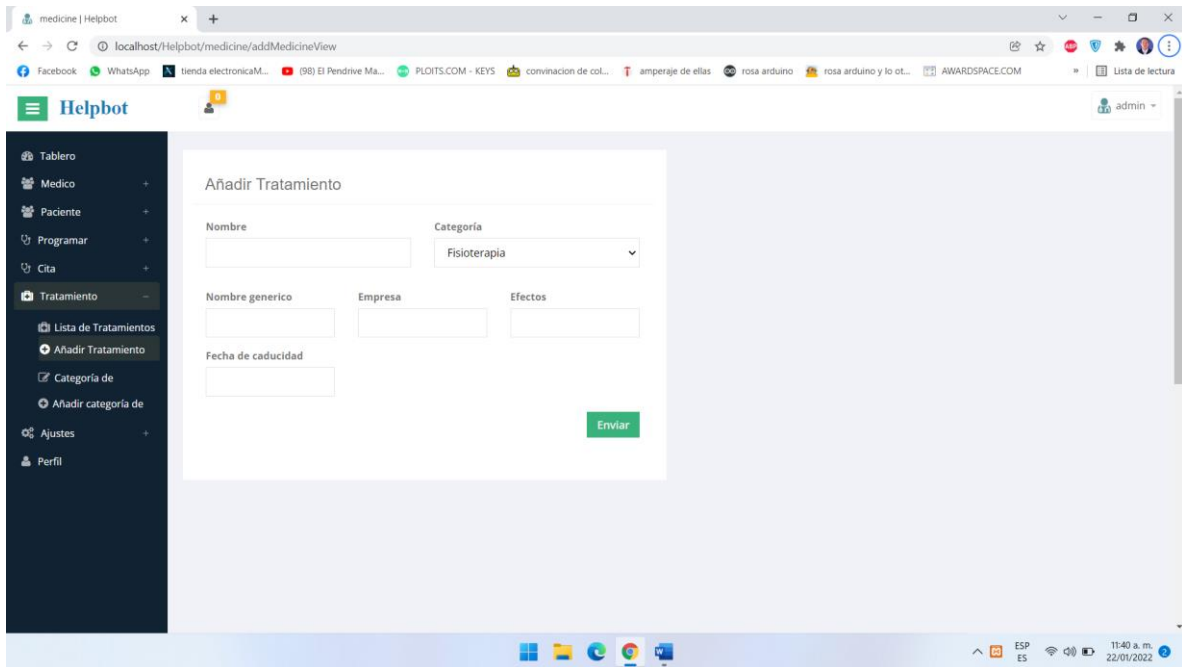
Vemos todos los tratamientos disponibles que se pueden realizar y asignar a los pacientes.



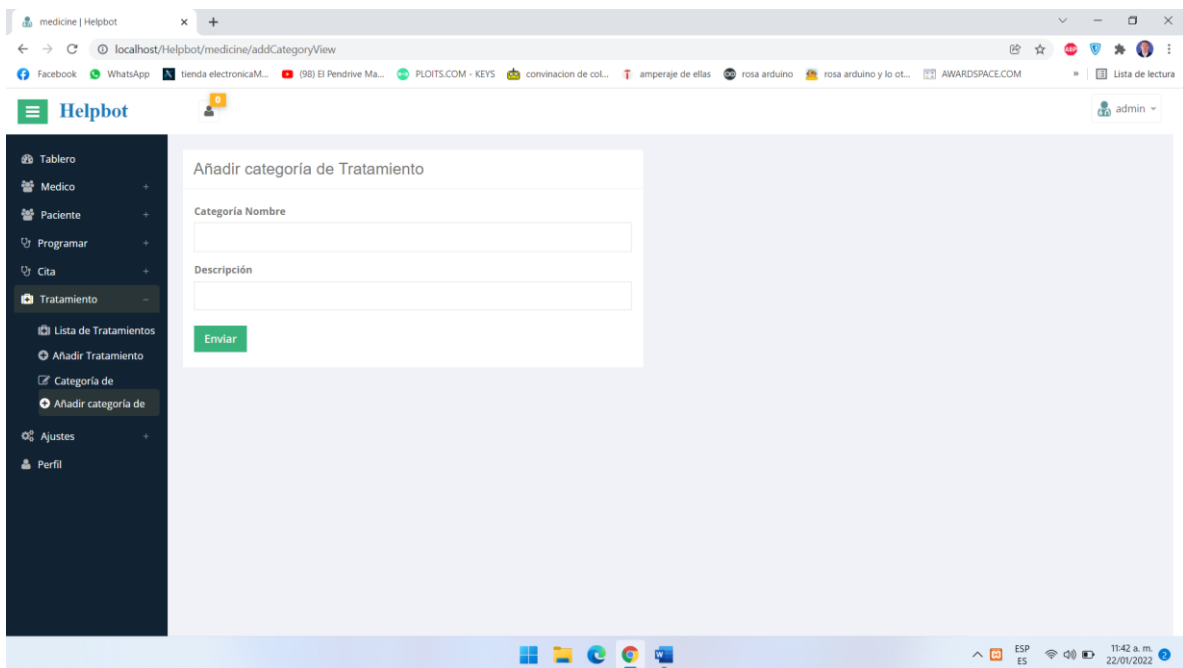
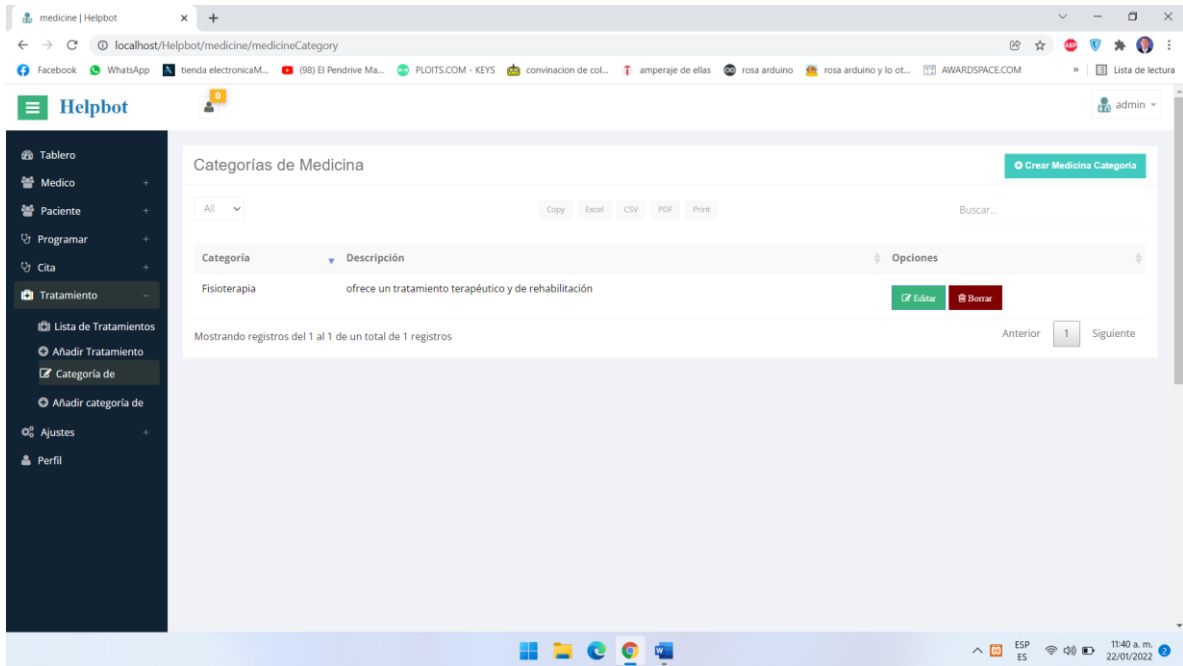
Y podemos añadir un tratamiento o una nueva rutina.



También podemos ampliar la especialidad creando una nueva.

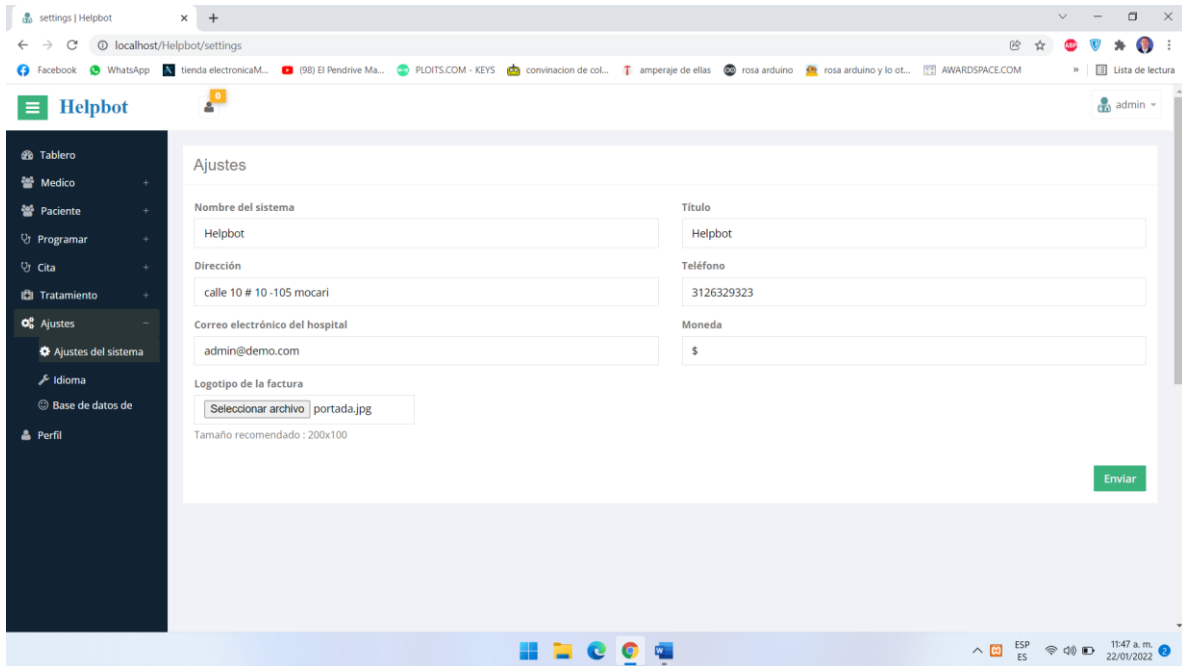


Y podemos ver la categoría ya creada.



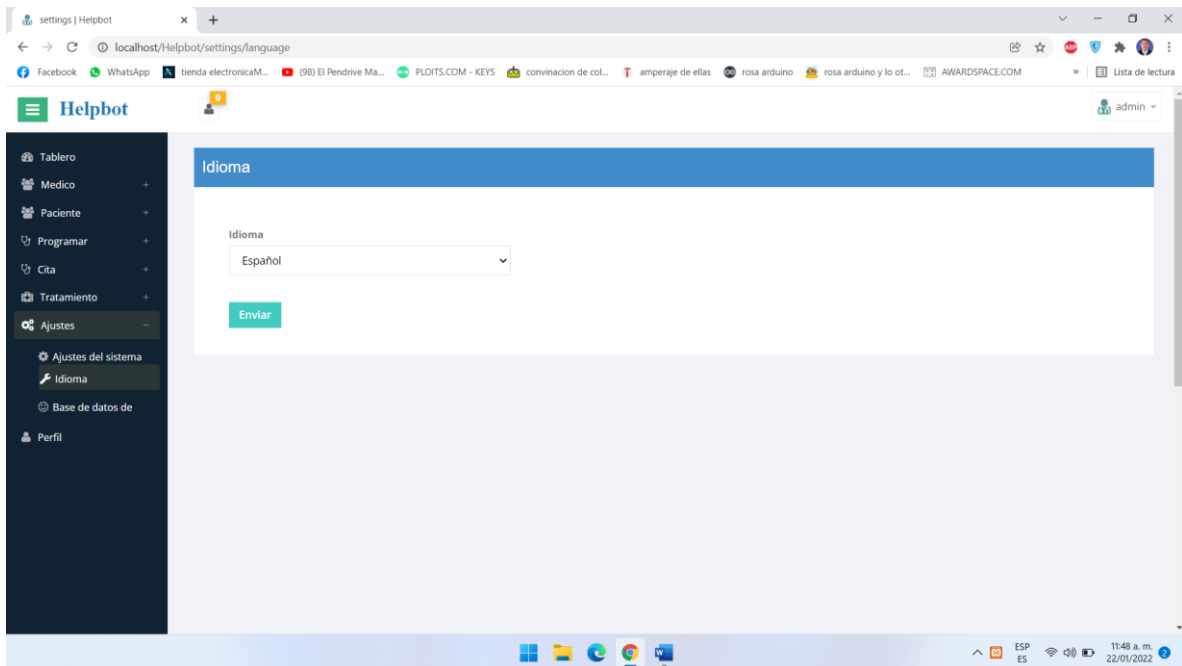
Ajustes del sistema en general

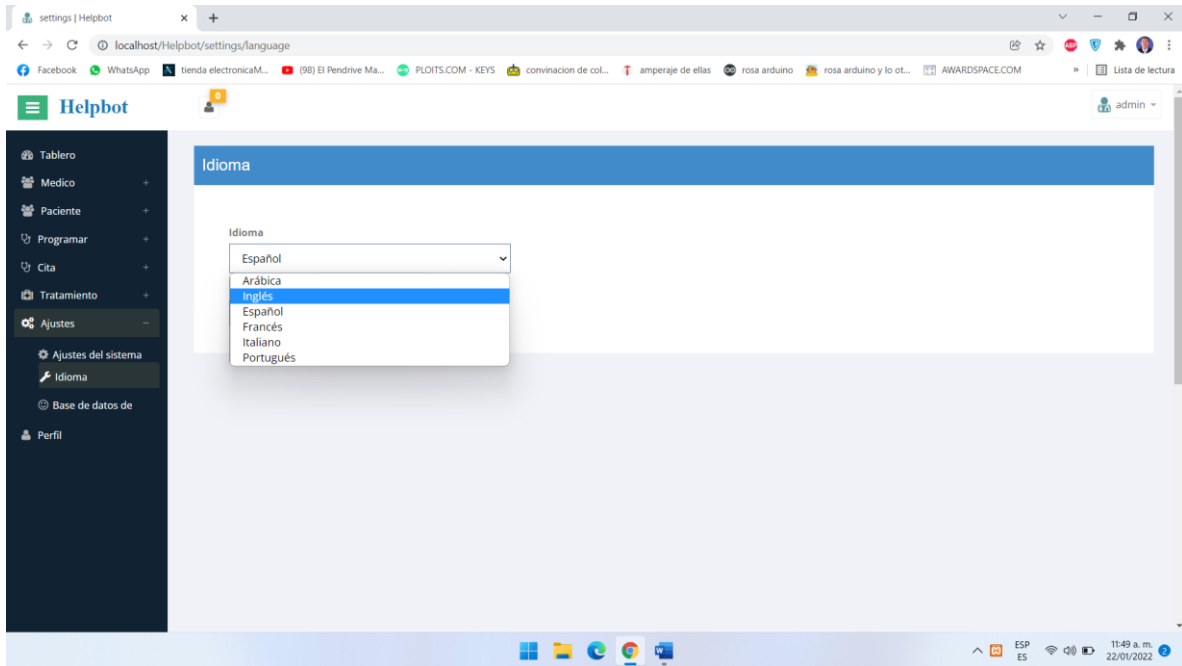
Perfil de la empresa



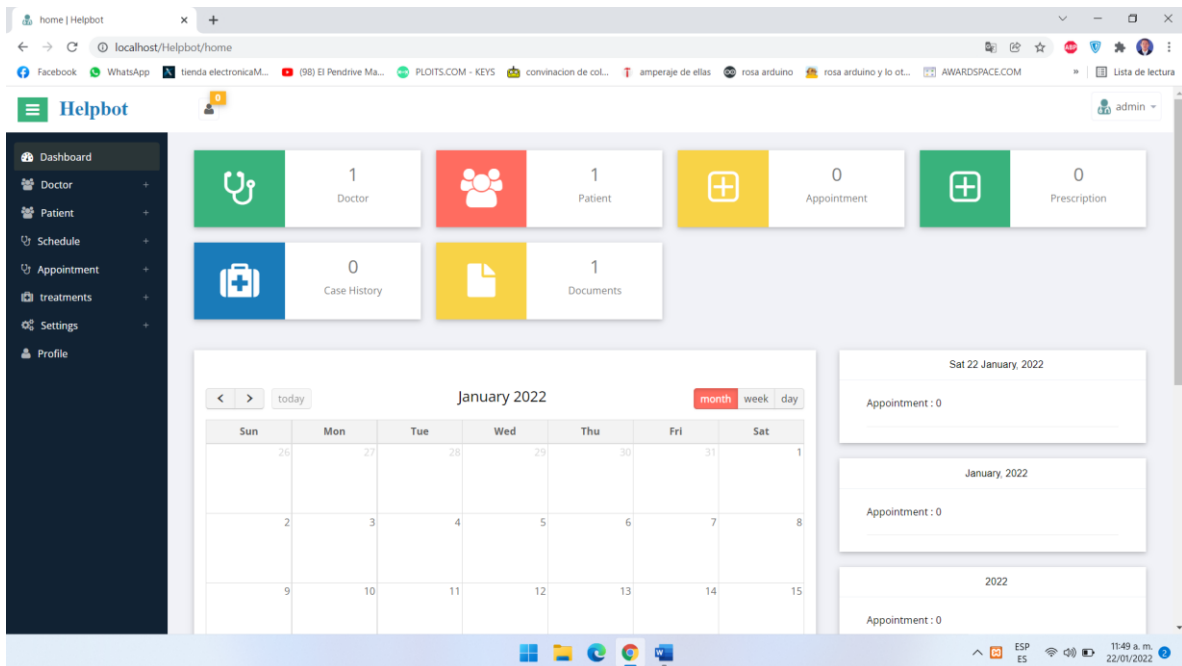
Idioma

Se puede cambiar el sistema a distintos idiomas.



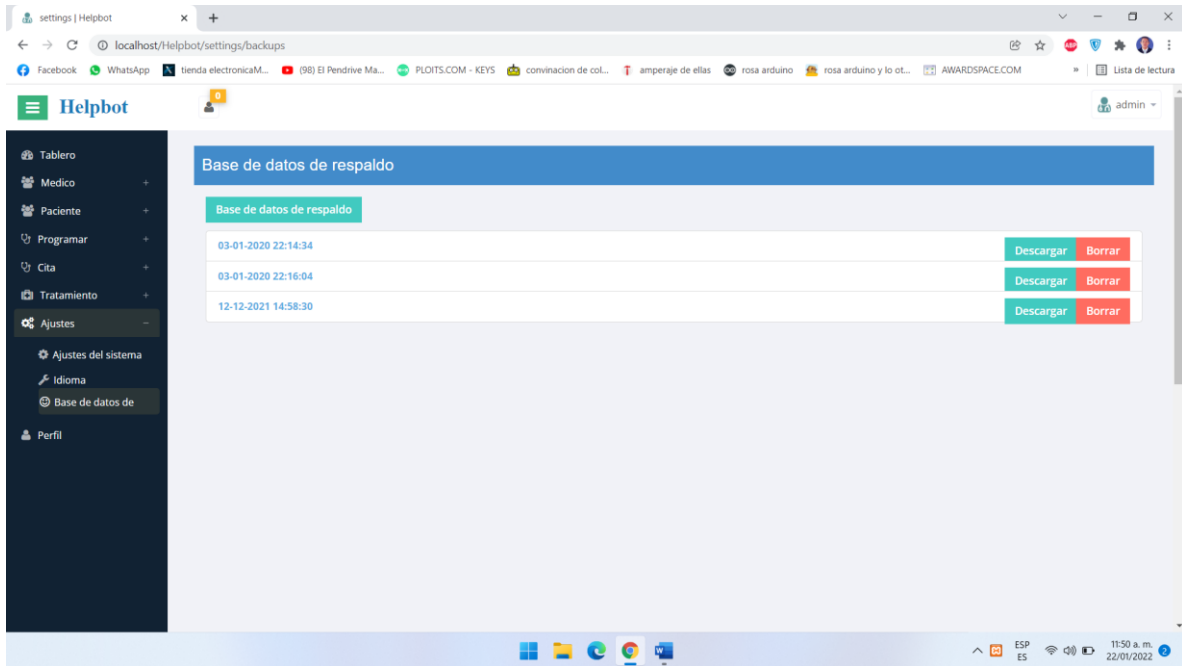


Como vemos



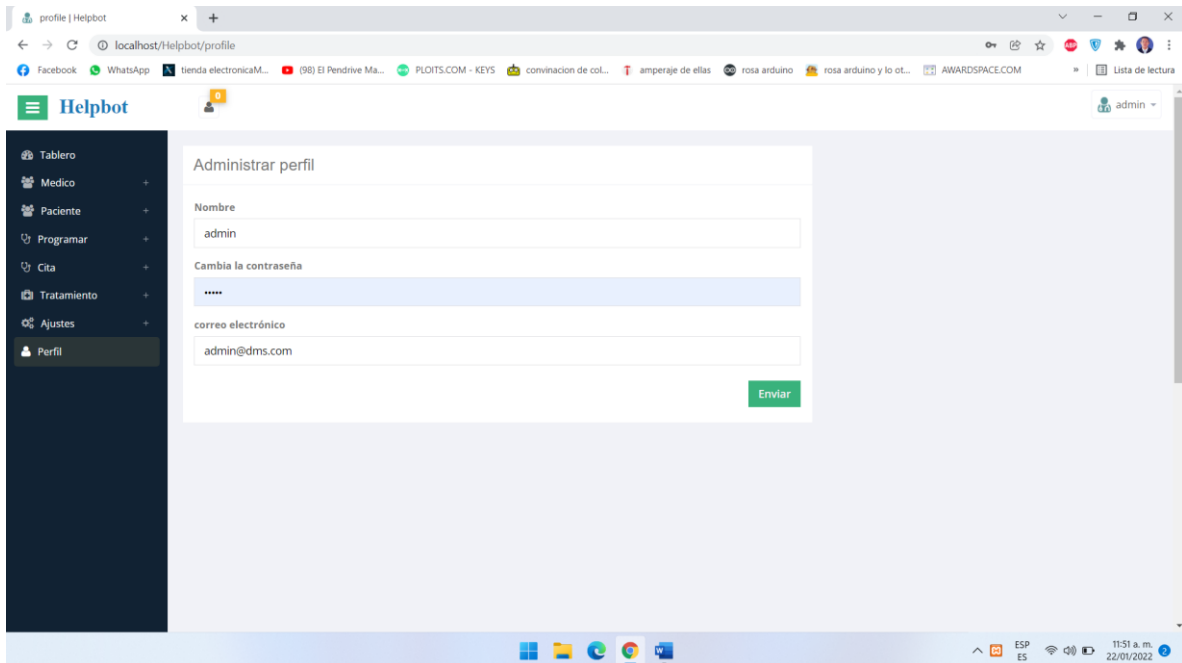
Base de datos

Podemos hacer respaldo de nuestra base de datos y guardarlas localmente.



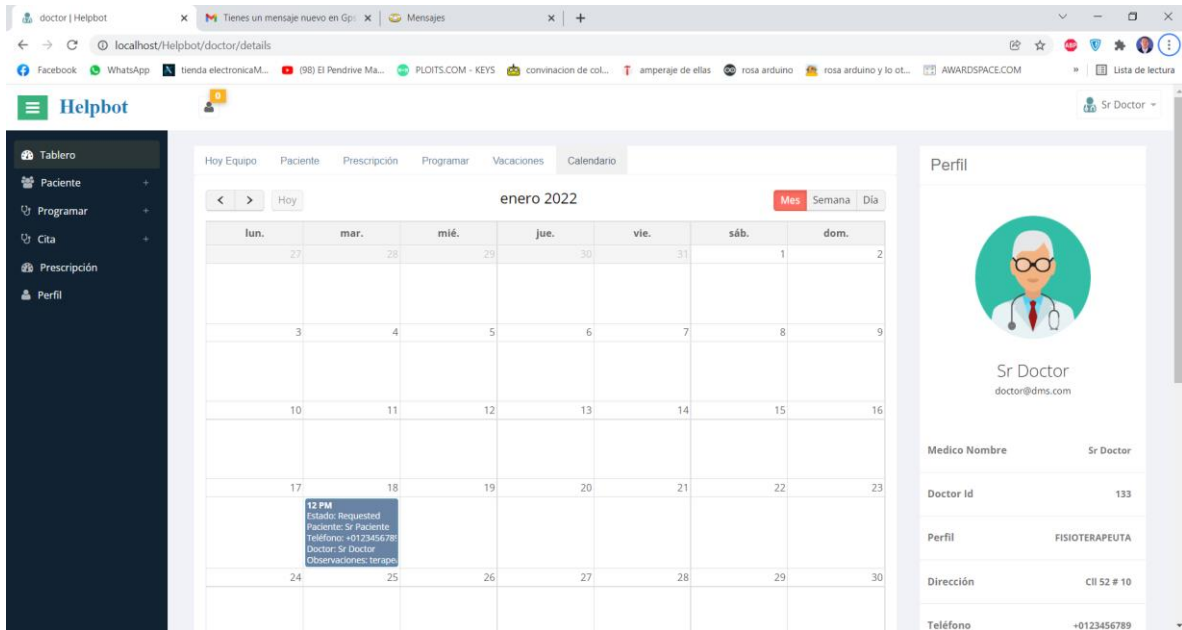
Perfil del Administrador

Podemos cambiar el nombre, cambiar la contraseña y el correo electrónico de este.



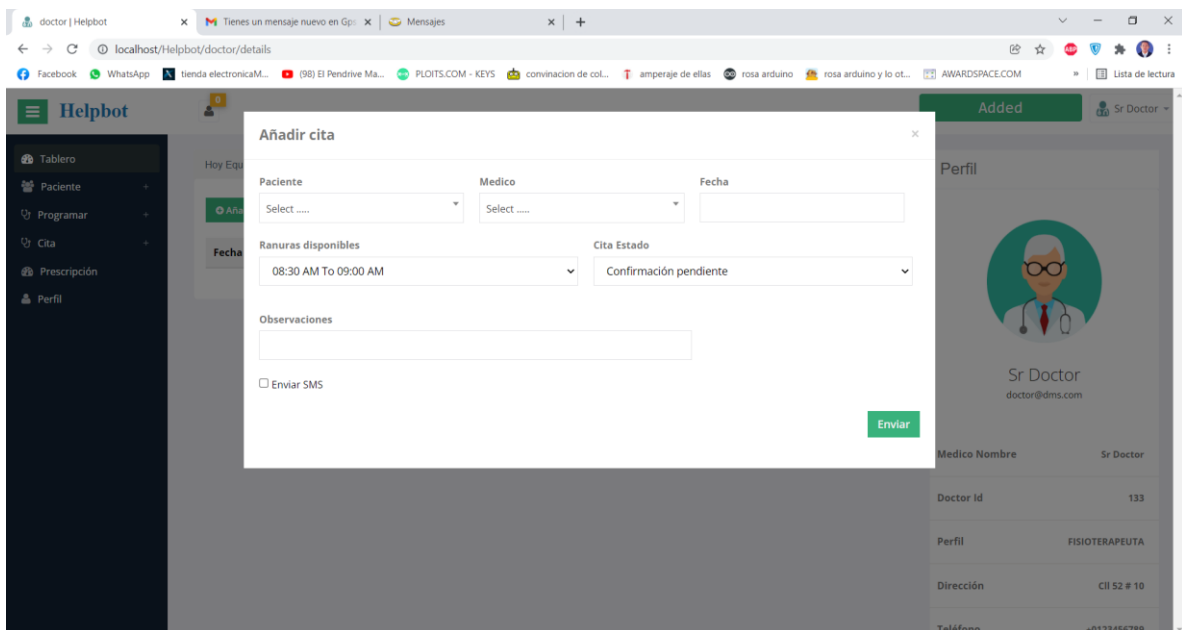
Vista principal (vista doctor)

Vista principal donde se muestra toda la información del médico, una agenda de todas las citas o consultas que tiene el médico a cargo



Añadir citas

Se puede agregar citas y manejar su agenda.



Lista de pacientes

Se puede ver la lista de cada paciente y las historias clínicas de cada uno de ellos.

doctor | Helpbot

localhost/helpbot/doctor/details

Facebook WhatsApp tienda electronicaM... (98) El Pendrive Ma... PLOITS.COM - KEYS combinacion de col... amperaje de ellas rosa arduino rosa arduino y lo ot... AWARDSPACE.COM Lista de lectura

Helpbot Sr Doctor

Hoy Equipo Paciente Prescripción Programar Vacaciones Calendario

All Copy Excel CSV PDF Print Buscar...

ID	Paciente Nombre	Opciones
1	Sr Paciente	Historia

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

Anterior 1 Siguiente

Perfil

Sr Doctor
doctor@dms.com

Medico Nombre Sr Doctor

Doctor Id 133

Perfil FISIOTERAPEUTA

Dirección CII 52 # 10

Teléfono +0123456789

patient | Helpbot

localhost/helpbot/patient/medical-history?id=1

Facebook WhatsApp tienda electronicaM... (98) El Pendrive Ma... PLOITS.COM - KEYS combinacion de col... amperaje de ellas rosa arduino rosa arduino y lo ot... AWARDSPACE.COM Lista de lectura

Helpbot Sr Doctor

Paciente Información

Sr Paciente
paciente@dms.com

Paciente Nombre Sr Paciente

ID 1

Género Male

Fecha de nacimiento 01-01-1987

Dirección Colegepara, Rajbari

Historia | Sr Paciente

Impresión

Equipo Historia del caso Prescripción Documentos Línea de tiempo

Añadir nuevo

Fecha	Ranura de tiempo	Medico	Estado	Opciones
26-01-2022	0	Sr Doctor	Confirmed	

Historial del paciente

Se puede crear o agregar datos o observaciones a el historial clínico del paciente.

The screenshot shows the 'Historia | Sr Paciente' page in the Helpbot application. On the left, there is a sidebar with navigation options: Tablero, Paciente, Programar, Cita, Prescripción, and Perfil. The main content area is divided into two sections. The left section, 'Paciente Información', displays a patient profile for 'Sr Paciente' (paciente@dms.com) with a table of personal details:

Paciente Nombre	Sr Paciente
ID	1
Género	Male
Fecha de nacimiento	01-01-1987
Dirección	Colegepara, Rajbari

The right section, 'Historia | Sr Paciente', features a tabbed interface with 'Historia del caso' selected. It includes a table of medical history cases:

Fecha	Título	Descripción	Opciones
22-01-2022	consulta	Historial clinico del paciente y observaciones de este	[Edit] [Delete]

The screenshot shows the 'Editar caso' modal form overlaid on the patient history page. The form contains the following fields:

- Fecha: 21-1-2022
- Título: consulta
- Descripción: Historial clinico del paciente y observaciones de este

The form also includes a rich text editor toolbar and a 'Submit' button at the bottom right.

Prescripción

Se puede ver y editar las prescripciones del paciente y crear nuevas prescripciones o rutinas.


patient | Helpbot

localhost/Helpbot/patient/medicalHistory?id=1

Facebook WhatsApp tienda electronicaM... (98) El Pendrive Ma... PLOITS.COM - KEYS combinacion de col... amperaje de ellas rosa arduino rosa arduino y lo ot... AWARDSPACE.COM Lista de lectura

Helpbot Sr Doctor

Paciente Información



Sr Paciente
paciente@dms.com

Paciente Nombre	Sr Paciente
ID	1
Género	Male
Fecha de nacimiento	01-01-1987
Dirección	Colegepara, Rajbari

Historia | Sr Paciente Impresión

Equipo Historia del caso Prescripción Documentos Línea de tiempo

Añadir nuevo

Fecha	Medico	Tratamiento	Opciones
01/24/2022	Sr Doctor	Estiramientos -20 minutos 7 dias	Ver Editar Borrar
01/27/2022	Sr Doctor	Masaje -20 minutos 7 dias	Ver Editar Borrar


prescription | Helpbot

localhost/Helpbot/prescription/viewPrescription?id=69

Facebook WhatsApp tienda electronicaM... (98) El Pendrive Ma... PLOITS.COM - KEYS combinacion de col... amperaje de ellas rosa arduino rosa arduino y lo ot... AWARDSPACE.COM Lista de lectura

Helpbot Sr Doctor

Sr Doctor
FISIOTERAPEUTA



Fecha : 24-01-2022 Prescripción Carné de identidad : 69

Paciente: Sr Paciente ID: 1 Años: 35 Year(s) Género: Male

Historia:

Tratamiento	Instrucción	Frecuencia
Estiramientos - 20 minutos	7 dias - instale el dispositivo en su brazo e iniciar secuencia de terapea	1

Nota:

Impresión

Descargar

Todas

Añadir receta

Editar prescripción

prescription | Helpbot

localhost/Helpbot/prescription/editPrescription?id=69

Facebook WhatsApp tienda electronicaM... (98) El Pendrive Ma... PLOITS.COM - KEYS combinacion de col... amperaje de ellas rosa arduino rosa arduino y lo ot... AWARDSPACE.COM Lista de lectura

Helpbot

Programar Cita Prescripción Perfil

Fecha: 24-01-2022 Paciente: Sr Paciente Medico: Sr Doctor

Historia

Nota

Se recomienda un programa de ejercicios para ayudar a tratar la **atrofia muscular**. Algunos de los ejercicios se pueden realizar en una alberca para reducir la carga **muscular**, y otros tipos de rehabilitación

body p

Tratamiento: Masaje Estraminetos

Tratamiento	Dosificación	Frecuencia	Dias	Instrucción
Masaje	20 minutos	1	7 dias	instale el dispositi
Estraminetos	20 minutos	1	7 dias	instale el dispositi

prescription | Helpbot

localhost/Helpbot/prescription/viewPrescription?id=69

Facebook WhatsApp tienda electronicaM... (98) El Pendrive Ma... PLOITS.COM - KEYS combinacion de col... amperaje de ellas rosa arduino rosa arduino y lo ot... AWARDSPACE.COM Lista de lectura

Helpbot

Tablero Paciente Programar Cita Prescripción Perfil

Sr Doctor FISIOTERAPEUTA

Fecha: 24-01-2022 Prescripción Carné de identidad: 69

Paciente: Sr Paciente ID: 1 Años: 35 Year(s) Género: Male

Historia:

Se recomienda un programa de ejercicios para ayudar a tratar la **atrofia muscular**

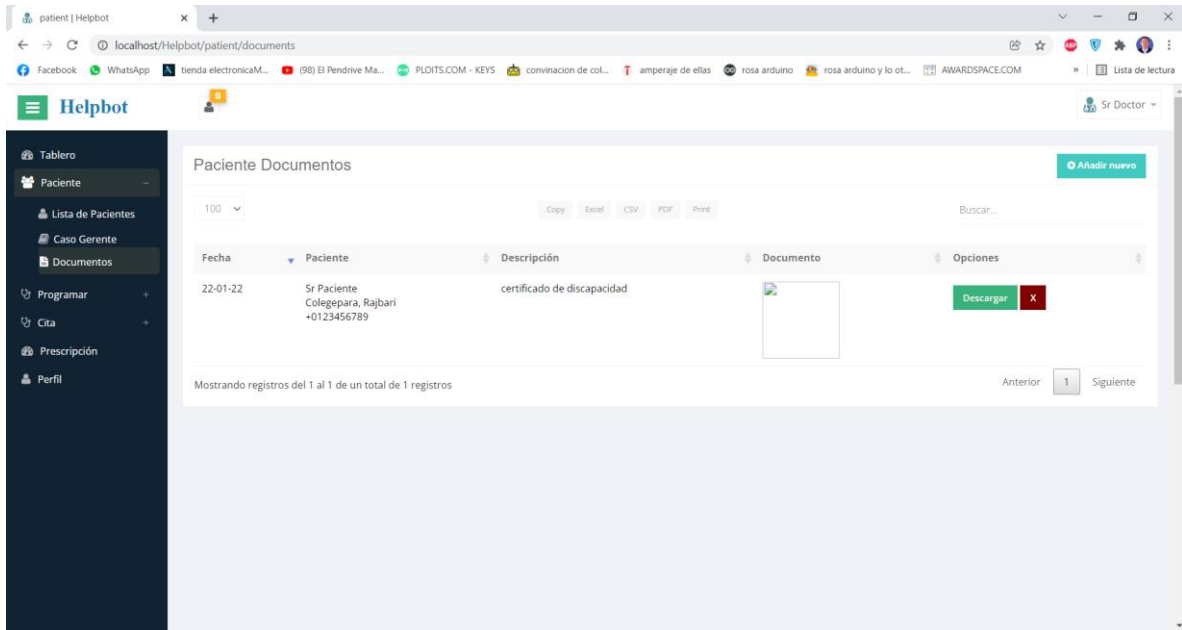
Tratamiento	Instrucción	Frecuencia
Masaje - 20 minutos	7 dias - instale el dispositivo en su brazo e iniciar secuencia de terapea	1
Estraminetos - 20 minutos	7 dias - instale el dispositivo en su brazo e iniciar secuencia de terapea	1

Nota:

Impresión Descargar Todas Añadir receta

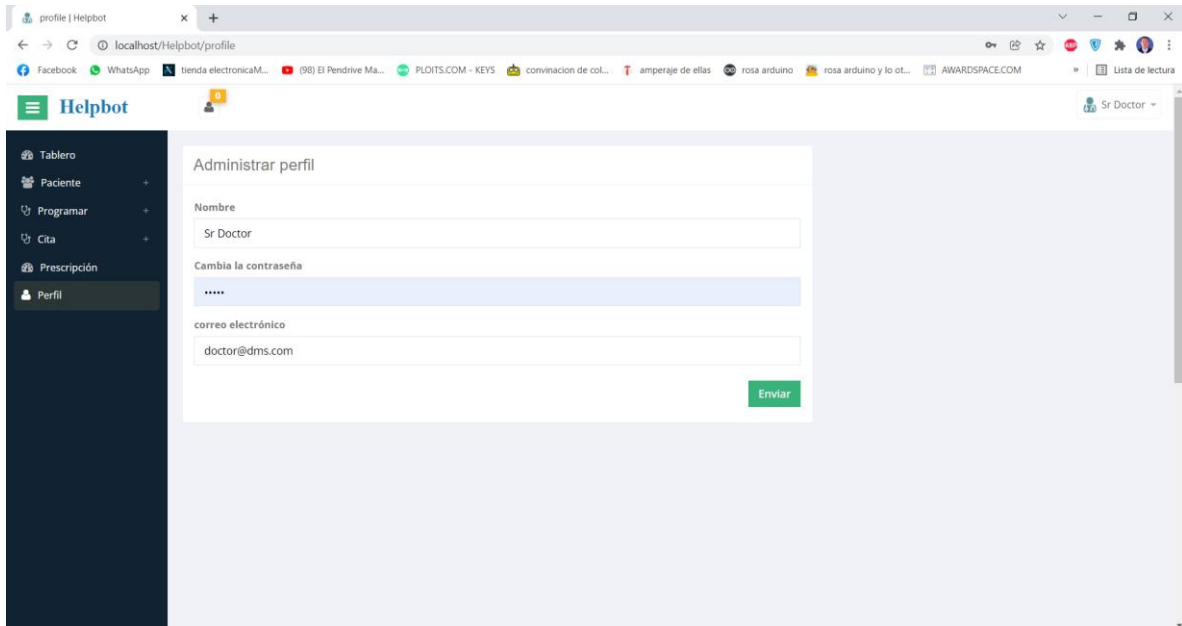
Documentación del paciente

Se pueden agregar documentos que le den apoyo al diagnóstico o archivos de cualquier índole que sea del paciente.



Perfil del Médico

Puede cambiar su nombre, y su clave de acceso.



Vista Principal del Paciente

En esta vista se puede ver el perfil del usuario, solicitar una cita, prescripción o rutinas asignadas, documentos de este, y línea de tiempo.

The screenshot shows the 'Historia | Sr Paciente' page. On the left, there is a sidebar with navigation options: Tablero, Cita Calendario, Casos, Prescripción, Documentos, and Perfil. The main content area is divided into two sections: 'Paciente Información' and 'Historia | Sr Paciente'.

Paciente Información:

- Nombre: Sr Paciente
- ID: 1
- Género: Male
- Fecha de nacimiento: 01-01-1987
- Dirección: Colegepara, Rajbari

Historia | Sr Paciente:

Buttons: Solicitar una cita, Impresión

Navigation: Equipo, Historia del caso, Prescripción, Documentos, Línea de tiempo

Fecha	Ranura de tiempo	Medico	Estado
26-01-2022	0	Sr Doctor	Confirmed

Solicitud de citas

The screenshot shows the 'Añadir cita' form. The form includes the following fields and options:

- Paciente: Sr Paciente
- Medico: Sr Doctor
- Fecha: (calendar widget)
- Ranuras disponibles: No Further Time Slots
- Cita Estado: Pedido
- Observaciones: (text area)
- Enviar SMS:

The calendar widget shows the month of January 2022, with the 22nd highlighted. The 'Enviar' button is visible at the bottom right of the form.

Historial del caso

Solo podrá ver su historial y no podrá modificarla.

patient | Helpbot

localhost/Helpbot/patient/medicalHistory

Facebook WhatsApp tienda electronicaM... (98) El Pendrive Ma... PLOITS.COM - KEYS combinacion de col... amperaje de ellas rosa arduino rosa arduino y lo ot... AWARDSPACE.COM Lista de lectura

Helpbot Sr Paciente

Tablero Cita Calendario Casos Prescripción Documentos Perfil

Paciente Información

Historia | Sr Paciente Impresión

Equipo Historia del caso Prescripción Documentos Línea de tiempo

Fecha	Título	Descripción
22-01-2022	consulta	Historial clínico del paciente y observaciones de este

Sr Paciente
paciente@dms.com

Paciente Nombre Sr Paciente

ID 1

Género Male

Fecha de nacimiento 01-01-1987

Dirección Colegepara, Rajbari

Prescripciones

Puede ver e iniciar las prescripciones y el tratamiento mandado por el fisioterapeuta. En el cual se le dará las instrucciones para poder iniciar su terapia.

prescription | Helpbot

localhost/Helpbot/prescription/viewPrescription?id=69

Facebook WhatsApp tienda electronicaM... (98) El Pendrive Ma... PLOITS.COM - KEYS combinacion de col... amperaje de ellas rosa arduino rosa arduino y lo ot... AWARDSPACE.COM Lista de lectura

Helpbot Sr Paciente

Tablero Cita Calendario Casos Prescripción Documentos Perfil

Sr Doctor
FISIOTERAPEUTA

Impresión Descargar

Fecha : 24-01-2022 Prescripción Carné de identidad : 69

Paciente: Sr Paciente ID: 1 Años: 35 Year(s) Género: Male

Historia:
Se recomienda un programa de ejercicios para ayudar a tratar la **atrofia muscular**

Tratamiento	Instrucción	Frecuencia
Masaje - 20 minutos	7 días - instale el dispositivo en su brazo e iniciar secuencia de terapia	1
Estiramientos - 20 minutos	7 días - instale el dispositivo en su brazo e iniciar secuencia de terapia	1

Nota:

Pulsar botón descargar para poder descargar y enviar los datos al dispositivo e iniciar rutina.

The screenshot shows the 'viewPrescription?id=69' page in the Helpbot application. The header includes the Helpbot logo and a user profile 'Sr Paciente'. The main content area is titled 'Sr Doctor FISIOTERAPEUTA' and features a logo of a stylized cross with red and green elements. Below the title, there is a table with patient information:

Fecha : 24-01-2022	Prescripción Carné de identidad : 69		
Paciente: Sr Paciente	ID: 1	Años: 35 Year(s)	Género: Male

Below this table is a 'Historia:' section with the text: 'Se recomienda un programa de ejercicios para ayudar a tratar la **atrofia muscular**'. This is followed by a table of treatments:

Tratamiento	Instrucción	Frecuencia
Masaje - 20 minutos	7 dias - instale el dispositivo en su brazo e iniciar secuencia de terapea	1
Estiramientos - 20 minutos	7 dias - instale el dispositivo en su brazo e iniciar secuencia de terapea	1

At the bottom of the main content area, there is a 'Nota:' field. On the right side of the page, there are two buttons: 'Impresión' and 'Descargar'. A blue arrow points from the 'Descargar' button to the text: 'descargar e inicia las instrucciones y son enviadas al dispositivo'.

Documentos del paciente

Puede ver los documentos adjuntos a su historial clínico y subir fotos o archivos para apoyar su caso.

The screenshot shows the 'patient/medicalHistory' page in the Helpbot application. The header includes the Helpbot logo and a user profile 'Sr Paciente'. The main content area is titled 'Historia | Sr Paciente' and features a sub-header 'Impresión'. Below the title, there is a navigation menu with the following items: 'Equipo', 'Historia del caso', 'Prescripción', 'Documentos', and 'Línea de tiempo'. The 'Documentos' tab is currently selected. Below the navigation menu, there is a green button labeled 'Añadir nuevo'. Below this button, there is a placeholder for a document with the text 'certificado de discapacidad' and a green button labeled 'Descargar'. On the left side of the page, there is a 'Paciente Información' section with a profile picture of a person and the name 'Sr Paciente' with the email 'paciente@dms.com'. Below this, there is a table with patient information:

Paciente Nombre	Sr Paciente
ID	1
Género	Male
Fecha de nacimiento	01-01-1987
Dirección	Colegepara, Rajbari

Línea de Tiempo

Puede ver el historial de cada acción en su perfil y el historial de cuando inició la rutina o prescripción.

The screenshot shows a web browser window with the URL localhost/Helpbot/patient/medicalHistory. The page features a dark sidebar with navigation options: Casos, Prescripción, Documentos, and Perfil. The main content area is titled 'Sr Paciente' and includes a patient profile card with the following details:

Paciente Nombre	Sr Paciente
ID	1
Género	Male
Fecha de nacimiento	01-01-1987
Dirección	Colegepara, Rajbari
Teléfono	+0123456789

Below the profile card is a 'Timeline' section with the following entries:

- Prescripción** (27-01-2022): Sr Doctor, View
- Cita** (26-01-2022): Sr Doctor
- Prescripción** (24-01-2022): Sr Doctor, View
- Documentos** (22-01-2022)

Perfil del paciente

Puede modificar su nombre, contraseña e incluso su correo electrónico.

The screenshot shows the 'Administrar perfil' page in the Helpbot application. The sidebar on the left includes: Tablero, Cita Calendario, Casos, Prescripción, Documentos, and Perfil. The main content area contains a form for profile management with the following fields:

- Nombre:** Sr Paciente
- Cambia la contraseña:** (password field with dots)
- correo electrónico:** paciente@dms.com

An 'Enviar' button is located at the bottom right of the form.

Referencias

- Acevedo et al. (2017). Aplicación de Tecnologías de Rehabilitación Robótica En Niños Con Lesión del Miembro Superior. *Revista Salud Uis, ISSN-e 2145-8464, ISSN 0121-0807, Vol. 49, N°. 1*, págs. 103-114.
- Altamirano et al. ((2017)). Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora. *Revista Publicando , 4 No 10. (1)* . , 3-19. ISSN 1390-9304.
- Badesa et. al. ((2012).). Experiencias en el desarrollo de un sistema robótico para rehabilitación de miembro superior para pacientes con daños cerebral sobrevenido. *Revista Universitaria en Telecomunicaciones, Informática y Control* , 1 (1). .
- Basteris ete. al. ((2014).). Modalidades de entrenamiento en rehabilitación de miembros superiores mediada por robots en accidentes cerebrovasculares: Un marco de clasificación basado en una revisión sistemática. *Revista de Rehabilitación de Neuroingeniería*.
- Blemker, e. a. ((2014)). Métodos informáticos en biomecánica e ingeniería biomédica. En *Modelos de elementos finitos de los músculos de los hombros para calcular la línea de acciones y momentos de los brazos*. (págs. P. 829-837.).
- Browne, e. a. ((2014).). Atlas de esclerosis múltiple 2013: Un problema mundial creciente con una inequidad generalizada. . *Neurología.*, P. 1022-1024. .
- Comité Nacional para la Protección del Menor Deficiente.* . ((1998)). Pág.: 16).
- Consejería Presidencial para la Política Social. . ((2002)).
- Consejo Directivo de la OPS/OMS. Organización Panamericana de la Salud –OPS/OMS. Información extraída de: Plan nacional. ((2001)). *Conferencia Regional para la Reestructuración de la Psiquiatría en América Latina.* . Resolución CD43.R10 del 27 de septiembre de .
- Consejería Presidencial para la Política Social. . (Septiembre de 2002. . Resolución 37/52 diciembre de 1982.). . *Plan nacional de atención a las personas con discapacidad. Asamblea General de las Naciones Unidas*.
- Contreras B., L. E. (2014). Diseño de un dispositivo para la movilidad de personas con discapacidad motriz usando el método función de calidad. Tomadode: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4988/498850178005>.

- Damsgaard, et. al. ((2006).). Práctica y teoría del modelado de simulación. En *Análisis de sistemas musculoesqueléticos en el Anybody Modeling System*. (págs. P. 1110-1111.).
- Davoodi. ((2012).). *Manual del usuario de MSMS, versión 2.2. Instalación de desarrollo de dispositivos médicos*,. Departamento de Ingeniería Biomédica de la Universidad del Sur de California.
- Delp, et. al. ((2007).). *OpenSim: Software de código abierto para crear y analizar simulaciones dinámicas de movimiento*. IEEE Transacciones en Ingeniería Biomédica.
- Desarrollo legislativo de la Ley 361 . ((1997)).
- Destarac. ((2018).). *Modelado músculo-esquelético del miembro superior y desarrollo del sistema de control de un dispositivo de rehabilitación de hombro*. Madrid.
- Destarac, M. ((2018).). *Modelado músculo-esquelético del miembro superior y desarrollo del sistema de control de un dispositivo de rehabilitación de hombro*. . Universidad Politécnica de Madrid.
- Díaz et al. ((2007)). El aporte de la biomecánica y la ingeniería en rehabilitación en la ingeniería biomédica de la eia-ces. *Revista Ingeniería Biomédica*,. pág.10-13.Tomado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_art.
- Frankel., e. a. ((2004).). *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético*. Madrid, España.: Editorial McGraw-Hill, 3era.ed, P. 31, 34, 36, 38-40, 46,57, 58, 70, 72.
- Frisoli, et. al. ((2005).). Un nuevo exoesqueleto de brazo de fuerza para la interacción háptica en entornos virtuales. *Primera Conferencia y Simposio Conjunto de Eurohaptics Sobre Interfaces Hápticas Para Entornos Virtuales y Sistemas de Teleoperador*.
- Gopura, et. al. ((2008).). Desarrollo de un robot exoesqueleto 6DOF para asistencia de movimiento de miembros. *4th Conferencia Internacional en Informática y Automatización para la Susstentabilidad*,. (págs. P. 13-18.).
- Gudiño et al. (2019). El Diseño y construcción de un dispositivo mecatrónica para terapia ocupacional para niño. *XIKUA Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelilpan*, Vol. 7 Núm. 14.
- Guess, et. al. ((2012).). Simulación de deficiencia del ligamento cruzado anterior en un modelo musculoesquelético con rodillas anatómicas. *Revista abierta de Ingeniería Biomédica*,. P. 23-32.
- Hill. ((1938).). El calor del acortamiento y las constantes dinámicas del músculo. *Actas de la serie de la Sociedad real de Londres*. , (págs. P. 126-136.).
- Instituto Nacional De Trastornos Neurológico Y Accidentes Cerebrovasculares,. ((1950)).
- Jarmey, C. ((2008).). En *Atlas conciso de los músculos*. (pág. P. 40.). Barcelona, España.: Editorial Paidotribo. 1era.ed.
- Joy, et. al. ((2001).). Esclerosis múltiple: Estado actual y estrategias para el futuro. *Prensa Academias Nacionales. Estados Unidos*,. P. 47.

- Kapandji. ((2007).). *Fisiología muscular*. . Madrid, España. : Editorial Médica Panamericana, Tomo I. P. IX, 31, 32, 58,63, 64,65, 73.
- Koeneman, et. al. ((2005).). IEEE Conferencia Internacional en Rehabilitación Robótica. *Diseño de un dispositivo robótico de terapia repetitiva para extremidades superiores*.
- Lo, et. al. ((2012).). *Robots de exoesqueleto para la rehabilitación de miembros superiores: Estado del arte y perspectivas de futuro*. Ingeniería Médica y Física. P. 261-268.
- López, e. a. ((2010)). Actas de Ingeniería Clínica y Tecnología Médica. *Generación de modelos músculo-esqueléticos de pacientes a partir de imágenes médicas*, (pág. Artículo 35).
- Loureiro, et. al. ((2011).). *Avances en la rehabilitación de accidentes cerebrovasculares de miembros superiores: Un impulso tecnológico*. Ingeniería e Informática Médica y Biológica. P. 1103-1118.
- Luengas C, .. L. (2018). Algoritmo de metodología para desarrollar dispositivos mecatrónicos como ayuda a personas con distrofia muscular. . *Revista Cubana de Informática Médica*, 10(2), Tomado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1.
- Mcbeth, e. a. ((2007).). Epidemiología del dolor musculoesquelético crónico. En *Mejores prácticas e investigación en clínica de Reumatología* . (págs. P. 403-425.).
- Mihelj, et. al. ((2007).). IEEE Conferencia Internacional Sobre Robótica y Automatización. *ARMIN II-7 DoF Robot de rehabilitación: mecánica y cinemática.*, (págs. p. 4120-4125.).
- Murray, e. a. ((2014).). Carga Mundial de enfermedades. Estudio de lesiones y factores de riesgo. . *La lanceta.*, P. 2, 47.
- Napper, e. a. ((1989).). *Aplicaciones de Robots en Rehabilitación*. Rob Auton Syst. 5 (3): 227-239. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0921-8890\(89\)90047-X](http://dx.doi.org/10.1016/0921-8890(89)90047-X).
- Netter. ((2001).). *Atlas de anatomía humana*. España.: Masson, S.A., 2da.ed. P.32, 33, 41, 62.
- Nordin, e. a. ((2004).). *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético*. Madrid, España.: Editorial McGraw-Hill, 3era.ed, .
- Normas Técnicas citadas*, . ((1999)).
- ONU Resolución 48/96 de 1993 6ONU 1989. (s.f.). . *Esta Convención fue aprobada por Colombia mediante la Ley 12 de enero de 1991.* .
- Organización de Estados Americanos –OEA. ((1999)). *Ratificada por ley 762 de 2002 del Congreso de la República de Colombia.* .
- Organización Mundial de la Salud –OMS-, . (1980). *Ratificado por Colombia en 1989 a través de la Ley 82.* .

- Palastanga, F. &. ((1998).). *“El miembro superior” en anatomía y movimiento humano: estructura y función*. 3era.ed. Oxford Butterworth-Heinemann. p. 30-32.
- Proietti, et. al. ((2016).). Exoesqueletos robóticos de miembros superiores para neurorehabilitación. Una revisión de las estrategias de control. *Revisiones en Ingeniería Biomédica.*, P. 4-14.
- Ramírez. ((2011).). *Modelado y simulación del tejido musculo-esquelético: Validación experimental con el músculo tibial anterior de rata*. España.: PhD, Tesis, Universidad de Zaragoza.
- Ramírez, A. ((2011).). *Modelado y simulación del tejido musculo-esquelético: Validación experimental con el músculo tibial anterior de rata*. . España.: PhD, Tesis, Universidad de Zaragoza.
- Ranhman, et. al. ((2011).). Actas de la IEEE Conferencia Internacional en Robótica y Biomimética. *Control de un exoesqueleto motorizado para el movimiento de la articulación del codo, antebrazo y muñeca.*, (págs. P.1561-1566.).
- Sosa et al. (2017). Diseño de un Prototipo de Exoesqueleto para Rehabilitación del Hombro. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 330-342 tomado de: <https://dx.doi.org/10.17488/rmib.38.1.29>.
- Tecee, et. al. ((2008).). Movimientos acromiovasculares tridimensionales durante la elevación del brazo. *Revista de fisioterapia ortopédica y deportiva.*, P. 181-190.
- Teitz, e. a. ((2007).). En *Atlas musculoesquelético: Un atlas musculoesquelético del cuerpo humano*. (págs. P. 41, 43, 44, 46). Universidad de Washington.
- Tibaduiza et al. (2009). Diseño De Un Exoesqueleto Mecatrónico De Brazo Basado En Screws Y Robots Paralelos. *S.N.*
- Torres et al. ((2010).). *Diseño de un mouse óptico facial para pacientes que presentan discapacidad parapléjica*. Chiapas, México;: Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
- Torres et al., ((2013)). Análisis y Diseño de un Soporte Ajustble de Cadera y Espalda Aplicado a un Dispositivo Robótico Para Rehabilitación de Extremidades Inferiores. *S.N.*
- Universidad de La Rioja. (s.f.). <https://orientacion.larioja.edu.es/necedidad-ed-especiales/defmotoricos/104-defimoto/190-discamot>.
- Vallejo, J. ((2018).). *Control bioeléctrico de un robot para la asistencia de discapacidad de extremidades superiores*. . Riobamba, Ecuador.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Vélez, D. y. (2013). *Sistemas inteligentes en exoesqueletos de rehabilitación*.
- Woolf, e. a. ((2013).). *Carga de las principales afecciones musculoesqueléticas*. Boletín de la Organización Mundial de la Salud. P. 47.

Zhou, e. a. ((2008)). *Seguimiento del movimiento humano para rehabilitación: Una encuesta. Control de procesos de señales biomédicas.*