



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

**Seminario de graduación para optar al título de Ingeniero en Electrónica.**

Tema:

**Dispositivo de rehabilitación muscular en miembros inferiores para pacientes de la clínica de la UNAN-Managua.**

**Autores:**

Br. Yesser Manuel Espinoza Hernández.

Br. Félix Pedro Carranza Valle.

**Tutor (a):** Msc. Adriana Suazo.

**Asesor Metodológico:** Msc. Octavio Salgado

***Managua, lunes 06 mayo del 2019***

## Contenido

Dedicatoria .....	i
Agradecimientos .....	iii
Resumen .....	iv
I. Introducción.....	1
II. Planteamiento del problema .....	2
III. Antecedentes.....	3
IV. Justificación.....	5
V. Objetivos .....	6
VI. Marco teórico .....	7
6.1. Conceptos médicos.....	7
6.1.1. <i>Dispositivo de rehabilitación</i> .....	7
6.1.2. <i>Rehabilitación muscular</i> .....	7
6.1.3. <i>Ortésis</i> .....	7
6.1.4. <i>Movimientos de las articulaciones del miembro inferior</i> .....	8
6.1.5. <i>Extensión:</i> .....	9
6.2. Conceptos electrónicos .....	10
6.2.1. Sistema de control.....	10
6.2.2. <i>Microcontroladores</i> .....	10
6.2.3. Estructura del microcontrolador .....	12
6.2.4. <i>Microcontroladores PIC</i> .....	12
6.2.5. Motores Eléctricos.....	13
VII. Desarrollo .....	14
7.1 Diagnóstico para determinar la necesidad del diseño del dispositivo, mediante las entrevistas y encuesta realizada a los pacientes de la clínica de la UNAN-Managua. ....	14
7.1.1. <i>Localización</i> .....	14
7.1.2. <i>Macro localización</i> .....	14
7.1.3. <i>Micro localización</i> . ....	15
7.1.4. <i>Infraestructura del lugar</i> .....	16
7.1.5. <i>Normativas de la institución</i> . ....	18
7.1.6. Entrevista.....	19
7.1.7. Encuesta .....	20
7.1.8. Funciones del dispositivo para el técnico fisioterapeuta.....	22
7.1.9. Finalidad del dispositivo .....	22
7.2 Diseño del dispositivo para permitir dar terapias de rehabilitación muscular en miembros inferiores a pacientes de la clínica de la UNAN-Managua.....	24

7.2.1. Sistema de programación. ....	25
7.2.2. Diagrama de flujo de Software. ....	32
7.2.3. Diagrama de flujo de Hardware. ....	33
7.2.4. Diagrama electrónico.....	34
7.2.5. Características de los principales materiales para la elaboración del dispositivo. ....	37
7.2.5.1. <i>La Familia del PIC16F877</i> .....	37
7.2.5.2. <i>Servomotores (MG996R)</i> .....	39
7.2.5.2.1. <i>Funcionamiento.</i> ....	40
7.2.5.3. <i>Servomotor MG996R (High Torque Metal Gear Dual Ball Bearing Servo)</i> . ....	42
7.2.5.4. <i>Cálculos realizados en la elaboración del dispositivo</i> .....	43
7.3. Creación de un prototipo para la rehabilitación muscular en miembros superiores utilizando componentes electrónicos. ....	45
7.3.1. <i>Proceso de diseño de Ortesis</i> .....	45
7.3.2. <i>Antropometría tomada para la elaboración de la ortesis.</i> .....	46
7.3.3. <i>Material del prototipo</i> .....	46
7.3.4. <i>Creación del prototipo</i> .....	47
VIII. <i>Conclusión</i> .....	51
IX. <i>Recomendaciones</i> .....	52
X. <i>Bibliografía</i> .....	53
XI. <i>Anexos</i> .....	54

## Tabla de Figuras

<b>Figura 1 Planos del espacio anatómico.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 2 Flexión de cadera derecha a partir de la posición 0.....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 3 Extensión de cadera izquierda a partir de la posición 0.....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 4 Características de un Microcontrolador. ....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 5 Esquema de bloques general de un microcontrolador. ....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 6 Clasificación de los motores eléctricos.....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 7 Motor de DC. Figura 8 Motor de AC. ....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 9 Mapa vía Satelital de la UNAN-Managua.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 10 Mapa vía satelital de la clínica universitaria UNAN-Managua. ....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 11 Plano Arquitectónico de la clínica Universitaria. ....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 12 Áreas de atención de la clínica universitaria. ....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 13 Disciplinas en las cuales se sufren más lesiones. ....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 14 miembros inferiores que más se lesionan .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 15 Programación de un microcontrolador.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 16 Ejemplo de programa en lenguaje C al lenguaje ensamblador. ....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 17 Programación de alto nivel a bajo nivel.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 18 Interfaz visual del programa PC .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 19 Características del Compilador PCW. ....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 20 Diagrama de flujo de Software.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 21 Diagrama de Flujo de Hardware. ....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 22 Diagrama electrónico.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 23 Arquitectura interna del PIC16f877A. ....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 24 Organización interna del PIC 16F877A .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 25 Diagrama de patitas del PIC 16F877A.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 26 Servomotor .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 27 Ejemplo de posiciones de un Servomotor. ....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 28 Estructura interna del Servomotor MG996R .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 29 Proceso de diseño de Ortesis.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 30 Diseño 3D del dispositivo .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 31 Partes de la Ortesis.....</b>	<b>48</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1 Operadores Aritméticos. ....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 2 Operadores Relaciones. ....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 3 Formato de Variables. ....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 4 Características Técnicas de algunos Servomotores. ....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 5 Costo de materiales y armado del dispositivo. ....</b>	<b>49</b>

## Dedicatoria

*Le dedico este trabajo primeramente a Dios padre ya que me ha dado la sabiduría y la fortaleza para seguir siempre adelante con cada una de mis metas.*

*A mis padres por apoyarme siempre en cada etapa de mi vida, por sus consejos que me han llevado hasta esta etapa de mi vida, ya que gracias a su lucha incansable he logrado todo lo que me he propuesto.*

*Br. Félix Pedro Carranza Valle.*

## *Dedicatoria*

*Dedico este trabajo a:*

*Dios: Creador y señor de todo el universo. Por haberme dado la sabiduría y fuerzas necesaria para salir adelante y cumplir mis metas.*

*Mis padres: Luis Santiago Espinoza Flores y Esperanza de los Ángeles Hernández Mercado, que me enseñaron que, para triunfar en la vida, no es importante llegar primero. Para triunfar simplemente hay que llegar, levantándose cada vez que se cae en el camino.*

*Docentes: Fuente de enseñanza y guía de aprendizaje. Por todos los conocimientos transmitidos durante el transcurso de la maestría.*

*Br. Yesser Manuel Espinoza Hernández.*

## Agradecimientos

*Le agradecemos ante todo a Dios por darnos la sabiduría de finalizar este trabajo.*

*A nuestros maestros que no han compartido sus conocimientos ante y durante la elaboración de este proyecto.*

*Y a todas aquellas personas que han estado presente en nuestra formación académica.*

*Autores*



## **Resumen**

El presente documento tiene como objetivo presentar la creación de un dispositivo de rehabilitación muscular en miembros inferiores para pacientes de la clínica universitaria de la UNAN-Managua su composición y construcción simple. El cual permitirá realizar una rehabilitación más efectiva y en menor tiempo que los métodos de rehabilitación utilizados actualmente en la clínica.

Para ello se llevará a cabo un estudio de la historia y evolución de los diferentes dispositivos rehabilitadores de los miembros inferiores hasta abordar los mecanismos actuales tanto en Nicaragua como los utilizados actualmente en la clínica para la rehabilitación de las diferentes patologías o lesiones que producen la inactividad de los miembros superiores

Se estará analizando tanto los aspectos médicos como los aspectos electrónicos que serán fundamentales en el proceso de elaboración del diseño del dispositivo de rehabilitación.

## I. Introducción

En Nicaragua la tasa de habitantes con lesiones en los miembros inferiores es cada vez mayor tanto en personas adultas como en niños debido a accidentes que se presentan en la realización de algún deporte o por diferentes patologías, este aumento limita el número de fisioterapeutas lo que ocasiona una tardía rehabilitación lo cual puede generar mayores dificultades en la recuperación del paciente. La falta de terapeutas puede ser compensada con la implementación de dispositivos automáticos o semiautomáticos que reproduzcan los movimientos activos en estos miembros y asistan a la rehabilitación de la misma.

Esto trae consigo la necesidad de posibilitar la interacción y comunicación de personas con discapacidad; para ello múltiples grupos de investigación multidisciplinares han desarrollado interfaces persona-maquina basadas en nuevas formas de interacción. La automática y la robótica están posibilitando la realización de tareas en modo asistido con ayuda de dispositivos auxiliares avanzados, incidiendo especialmente en el apoyo a las funciones biomecánicas personales realizadas mediante las extremidades superiores e inferiores, esto es, la manipulación y la movilidad.

Es por esto que actualmente la UNAN-Managua cuenta con una clínica en la cual se encarga de atender a estudiantes internos y deportistas que sufren de alguna lesión o patología que afecte los movimientos de sus miembros inferiores.

Actualmente esta clínica no cuenta con dispositivos sofisticados para la rehabilitación de estos miembros por lo que la rehabilitación es un poco lenta. Es por esta razón que con la elaboración de un dispositivo de rehabilitación en miembros inferiores se permitirá una mejor rehabilitación a todos aquellos deportistas que sufran alguna lesión durante su entrenamiento o durante alguna competencia deportiva y a los estudiantes internos de esta alma mater garantizando así una mejor rehabilitación a un menor tiempo.

## **II. Planteamiento del problema**

La Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua) fundada en 1982 es considerada la universidad con mayor concentración de estudiante a nivel nacional. Esta cuenta con diversas disciplinas deportivas como el fútbol, baloncesto, etc. las cuales exigen un gran rendimiento a los competidores.

Estos deportistas muchas veces sufren lesiones que afectan sus miembros inferiores y debido a que la clínica no cuenta con muchos especialistas en el área de fisioterapia tienen que esperar para ser atendidos lo cual a su misma vez hace que su rehabilitación sea más tardía.

Gracias a la bioingeniería que constituye un área de interés creciente en beneficio humano con la unión de las ingenierías y la medicina. La automática en particular, en sus aspectos de percepción, control, actuación e interacción, entre otros que ofrece importantes conocimientos y herramientas para abordar los problemas relacionados con el diagnóstico y la evaluación de patologías y con las necesidades funcionales especiales e igualmente con las diferentes terapias a aplicar.

### **III. Antecedentes.**

En la antigüedad, desde el hombre primitivo el hombre, se empleaban agentes físicos para tratamientos terapéuticos. Los romanos practicaban la hidroterapia y la termoterapia en los baños romanos. Los gimnastas griegos usaron el masaje y los ejercicios correctivos. Así mismo a lo largo de la historia se prescribe que en diferentes civilizaciones ya se utilizaban métodos y técnicas naturales de movimiento corporal, masajes terapéuticos y ejercicios para combatir enfermedades.

En 1858 se desenterró en Italia los restos de una prótesis para pierna, hecha a base de hierro y bronce. Se sabe que fue para una persona amputada por debajo de la rodilla debido al tamaño de esta. Fue datada del 300 a.c. Posterior a esta fecha, no se encuentran muchos avances hasta llegar a la época del Renacimiento, donde se crearon prótesis a base de hierro, acero y cobre. En 1508, se crearon unas manos de hierro para un mercenario alemán, Gotz von Berlichingen, que perdió el brazo derecho en la guerra. Y así fue avanzando la ingeniería protésica poco a poco.

Luego después de la Segunda Guerra Mundial países como los estados unidos, México, entre otros empezaron a diseñar prótesis para corregir daños causados por diferentes enfermedades y patología, pero estos siempre con el seguimiento de un especialista terapéutico, pero los cuales eran muy lento el tratamiento obligando a buscar nuevas alternativas para agilizar los procesos de rehabilitación.

Los primeros cursos formales en Ortesis y Prótesis, comenzaron en 1947, en la Universidad de California en Berkeley, cuyos contenidos incluían prescripción, alineación y diseño de prótesis sobre rodilla de tipo cuadrilátero. Durante el Año 1949, se forma la primera asociación profesional en Ortesis y Prótesis cuyo principal objetivo fue y es, certificar a los profesionales en Ortesis y Prótesis, llamada Cuerpo Americano de Certificación en Ortesis y Prótesis (ABC). En 1956 se crea un curso de pos-graduación en la Universidad de Nueva York. Otros desarrollos protésicos importantes suceden al mismo tiempo, en otros lugares de Europa, la firma Otto

Bock modulariza los componentes protésicos e implementa la comercialización de prótesis mioeléctricas. En Japón se investigan las primeras rodillas con unidades de control de proceso (CPU), para permitir la variación de la aceleración y la desaceleración del balanceo de la pantorrilla, siendo comercializado por primera vez, por la empresa inglesa Blatchford.

Desde el punto de vista social, la propia sociedad, a través de su modo de vida, ha generado sus propias necesidades sanitarias, como así también la solución para las mismas. Observando la historia desde este concepto, no es muy difícil inferir que los avances de la protésica respecto del desarrollo histórico de la humanidad, se han dado luego de las grandes guerras industriales, que dejaron en sus respectivos países gran cantidad de amputados. Estas guerras industriales, fundamentalmente la primera y la segunda guerra mundial, propiciaron el desarrollo de la protésica como una disciplina técnica (no solamente hechos empíricos, sino científicamente explicados). Con aportes decisivos de la cirugía, la biomecánica y la tecnología de materiales, para que la percibamos como la vemos actualmente.

Actualmente en Nicaragua se cuentan con diferentes dispositivos para corregir estas patologías entre estos se pueden mencionar algunos como las ortésis y exoesqueletos que permiten una mejor rehabilitación a pacientes con patologías que no les permite utilizar sus miembros superiores, pero aun con estos dispositivos la rehabilitación sigue siendo muy difícil lo que los obliga a buscar nuevas alternativas para mejorar sus tratamientos.

La mayor población de afectados con lesiones en miembros inferiores son los jóvenes debido a que viven una vida muy agitada y les gusta ser partícipes en actividades deportivas tanto en su comunidad como en algún centro de estudio como colegios y universidades. Siendo las universidades las que cuentan con mayor población de jóvenes y cada una de ellas participan en diferentes actividades deportivas, pero actualmente ninguna cuenta con dispositivos de rehabilitación para sus deportistas.

#### **IV. Justificación.**

En Nicaragua existen múltiples enfermedades y patologías que afectan la funcionalidad de los músculos inferiores (pierna, codo, tobillos) de igual manera existen diferentes instituciones y centros de rehabilitación que se encargan de dar una solución a esta problemática pero que no cuentan con equipos sofisticados para dar un tratamiento adecuado a estas afectaciones eso hace que se limiten a usar métodos tradicionales como lo son los masajes y el uso de diferentes Ortésis que son dispositivos que permiten mantener los músculos y huesos en una sola posición para corregir daños en estos.

Es por este motivo que se pretende diseñar un dispositivo capaz de brindar un mejor tratamiento de rehabilitación de una forma más dinámica y autónoma que permita a los pacientes tener un mejor tratamiento mediante el uso de la biomecánica. Esto le permitirá dar una mejor solución a sus enfermedades de una manera más rápida y eficaz en un lapso de tiempo menor que el previsto por los métodos tradicionales, además les permitirá a aquellos pacientes que han perdido por completo su movilidad en los miembros superiores poder tener una nueva forma de ejercitar estos músculos ya que este dispositivo será automático evitando que sus músculos se atrofien por completo.

## **V. Objetivos**

### 5.1. Objetivo general

- Crear un dispositivo de rehabilitación muscular en miembros inferiores para pacientes de la clínica de la UNAN-Managua.

#### 5.1.1 Objetivos específicos

1. Elaborar un diagnóstico para determinar la necesidad del diseño del dispositivo en la clínica de la UNAN-Managua.
2. Diseñar un dispositivo para permitir dar terapias de rehabilitación muscular en miembros inferiores a pacientes de la clínica de la UNAN-Managua.
3. Crear un prototipo para la rehabilitación muscular en miembros inferiores utilizando componentes electrónicos.

## **VI. Marco teórico**

En este acápite se encontrará toda la teoría necesaria para la elaboración del proyecto, se dará a conocer todos los conceptos básicos requeridos en la parte electrónica, así como en la medicina. A continuación, se detallan todos los conceptos:

### **6.1. Conceptos médicos**

#### ***6.1.1. Dispositivo de rehabilitación***

Este es un dispositivo que permite realizar terapias de rehabilitación física para recuperar la movilidad de los músculos de los miembros inferiores. Las terapias con el dispositivo consisten en realizar ejercicios repetitivos de flexión y extensión de los miembros superiores de una manera precisa y controlada supervisada por un especialista.

#### ***6.1.2. Rehabilitación muscular***

Es el proceso y resultado de rehabilitar (restablecer o recuperar algo) se vincula al tratamiento que desarrolla una persona para recobrar la condición o el estado que perdió a causa de una enfermedad u otro tipo de trastorno de salud.

La organización mundial de la salud (OMS), la rehabilitación busca la restitución de las capacidades de un paciente minusválido. La finalidad es que la persona tenga una vida autónoma, dependiendo en el menor grado posible de los demás

#### ***6.1.3. Ortésis***

Constituyen estructuras robóticas poli articuladas que sustituyen o refuerzan respectivamente extremidades superiores a diferente nivel (brazo, antebrazo o mano) o miembros inferiores (cadera, rodilla o pie). El diseño y la construcción de estos sistemas requiere un enfoque multidisciplinar con aspectos concurrentes de automática, de anatomía física, lo que se aborda frecuentemente mediante soluciones bioinspiradas para lograr la adecuada funcionalidad y aceptación del usuario.



Estos deben cumplir unos estrictos requisitos no solo funcionales, en cuanto prestaciones mecánicas (potencia, velocidad, par), sino también en lo referente a peso, dimensiones, confort y estética.

#### **6.1.4. Movimientos de las articulaciones del miembro inferior.**

Es importante entender cómo funciona el cuerpo humano, para poder entender cómo se lesiona y cómo reconocer los síntomas de diversas enfermedades. En la fig.1 se muestra un plano del espacio anatómico.

Plano: Es la línea imaginaria que divide al cuerpo en dos partes.

Plano frontal o coronal: Divide al cuerpo en una parte anterior y otra posterior.

Plano sagital, medio o medial: Divide al cuerpo en una parte izquierda y una derecha.

Plano transverso: Divide al cuerpo en una parte superior y una inferior.

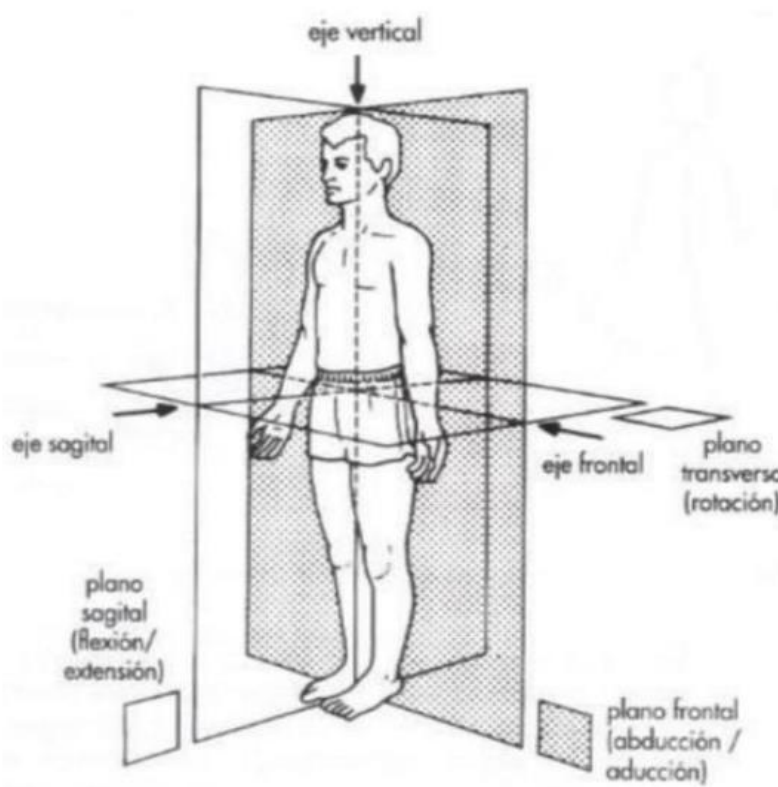
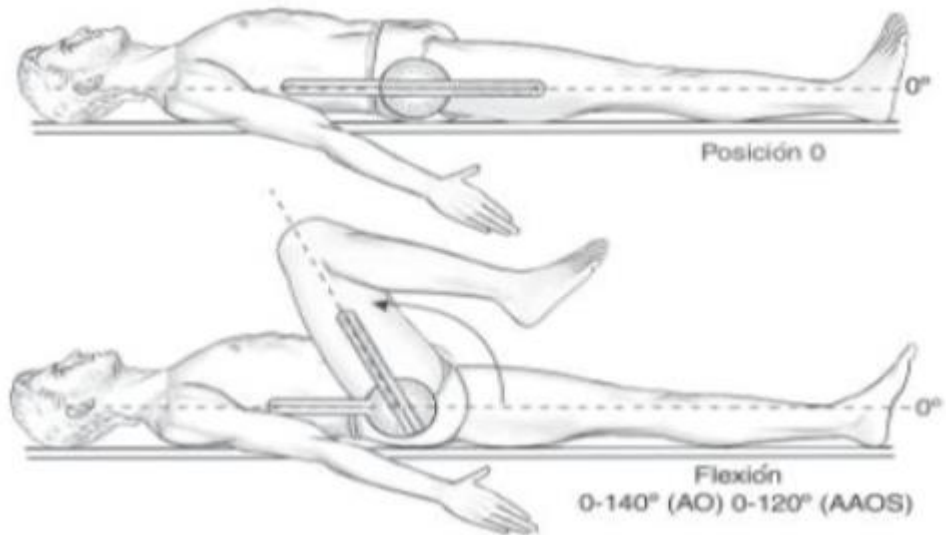


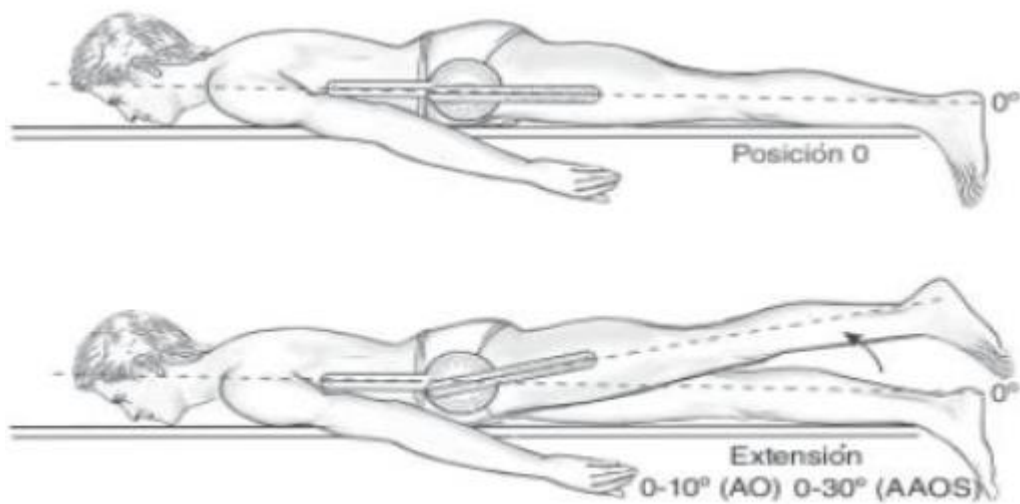
Figura 1 Planos del espacio anatómico.

6.1.5. Flexión: disminución del Angulo formado entre dos huesos, dobla o pliega una parte sobre la otra. Ver fig.2



*Figura 2 Flexión de cadera derecha a partir de la posición 0.*

6.1.5. Extensión: aumento del Angulo formado entre dos huesos, devuelve a la posición anatómica una parte desde su posición en flexión. Mientras que la denominada hiperextensión se presente cuando se estira una parte más allá de su posición anatómica. Ver fig.3



*Figura 3 Extensión de cadera izquierda a partir de la posición 0.*

## **6.2. Conceptos electrónicos**

### **6.2.1. Sistema de control.**

Es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados teóricamente verdaderos. Existen dos tipos de sistemas de control (lazo abierto y lazo cerrado). Lazo abierto es en la cual la salida se genera dependiendo de la entrada; mientras que en los lazos cerrado la salida depende de las consideraciones y correcciones realizadas por la retroalimentación.

### **6.2.2. Microcontroladores.**

Los Microcontroladores se han desarrollado para cubrir las más diversas aplicaciones. Se usan en automatización, en equipos de comunicaciones y de telefonía, en instrumentos electrónicos, en equipos médicos e industriales de todo tipo, en electrodomésticos, en juguetes, etc.

Los Microcontroladores están concebidos fundamentalmente para ser utilizados en aplicaciones puntuales, es decir, aplicaciones donde el microcontrolador de realizar un pequeño número de tareas, al menor costo posible. En estas aplicaciones, el microcontrolador ejecuta un programa almacenado permanentemente en su memoria, el cual trabaja con algunos datos almacenados temporalmente e interactúa con el exterior a través de las líneas de entrada y salida de que dispone.

El microcontrolador es parte de la aplicación: es un controlador incrustado o embebido en la aplicación. En aplicaciones de cierta envergadura se utilizan varios Microcontroladores, cada uno de los cuales se ocupa de un pequeño grupo de tareas. (Fernando E. Valdéz pérez, 2007)

## Hay varias características que son deseables en un microcontrolador.

El microcontrolador cuenta con diferentes características en el siguiente diagrama se muestra algunas de las principales características con las que debe contar el microcontrolador.

*Recursos de entrada y salida: Más que en la capacidad del cálculo microcontrolador, muchas veces se requiere hacer énfasis en los recursos de entrada y salida del dispositivo, tales como el manejo individual de líneas de entrada y salida, el manejo de interrupciones, señales de analógicas, etc.*

*Espacio optimizado: Se trata de tener en el menor espacio posible, y a un coste razonable, los elementos esenciales para desarrollar una aplicación.*

*El microcontrolador idóneo para una aplicación. Se procura que el diseñador disponga del microcontrolador hecho a la medida de su aplicación.*

*Seguridad en el funcionamiento: Es garantizar que el programa que este ejecutando el microcontrolador sea el que corresponde, es decir, que, si el microcontrolador se "pierde", esto pueda ser rápidamente advertido y se tome alguna acción para corregir la situación.*

*Bajo consumo: Dado que hay muchas aplicaciones donde se desea utilizar baterías como fuente de alimentación, es altamente deseable que el microcontrolador consuma muy poca energía.*

Figura 4 Características de un Microcontrolador.

### 6.2.3. Estructura del microcontrolador

Un microcontrolador combina los recursos fundamentales disponibles en un microcontrolador, es decir, la unidad central de procesamiento (CPU), la memoria y los recursos de entrada y salida, en un único circuito integrado. A como se muestra en la siguiente figura 5. (Fernando E. Valdéz pérez, 2007)

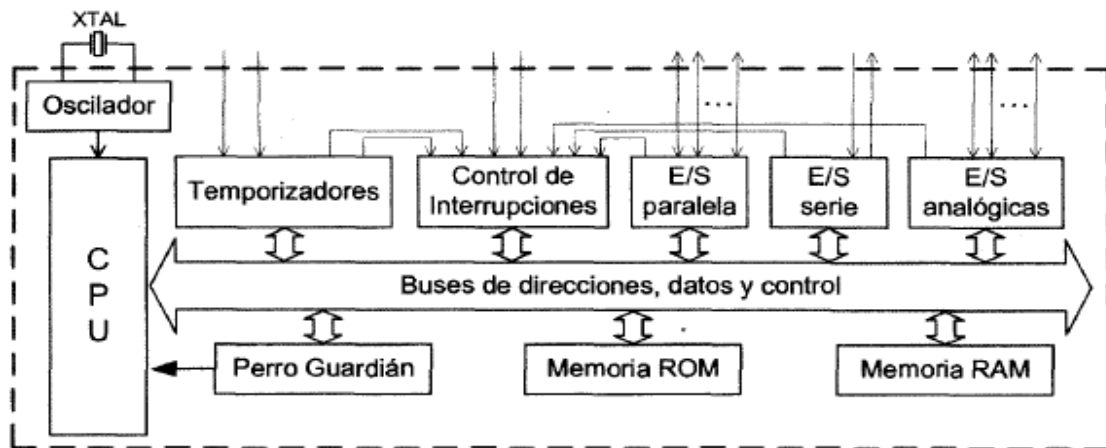


Figura 5 Esquema de bloques general de un microcontrolador.

### 6.2.4. Microcontroladores PIC

Un microcontrolador es un circuito integrado que incluye en su interior las 3 unidades funcionales de un ordenador: CPU, Memoria y unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.

### 6.2.5. Características de los Microcontroladores PIC

Todos están basados en la arquitectura Harvard, con memorias de programas y datos separadas. Como en la mayoría de los Microcontroladores, la memoria de programa es mucho mayor que los datos. La memoria de programa está organizada en palabras de 12, 14, o 16 bits mientras que la memoria de datos está compuesta por registro de 8 bits. El acceso a los diversos dispositivos de entrada y salida se realiza a través de algunos registros de la memoria de datos, denominados registros de funciones especiales (SFR: Special Funtion Registers). Muchos Microcontroladores PIC cuentan con una cierta cantidad de memoria EEPROM para el almacenamiento no volátil de datos. (Fernando E. Vald ez pérez, 2007)

### 6.2.5. Motores Eléctricos.

Los motores eléctricos son máquinas utilizadas para transformar energía eléctrica en mecánica. Los motores son utilizados en la industria, pues combinan las ventajas del uso de la energía eléctrica (bajo, costo, facilidad de transporte, limpieza y simplicidad de la puesta en marcha, etc.). De acuerdo a la fuente de tensión que alimenta al motor, podemos realizar la siguiente clasificación a como se muestra en el figura 6. (motores., s.f.)

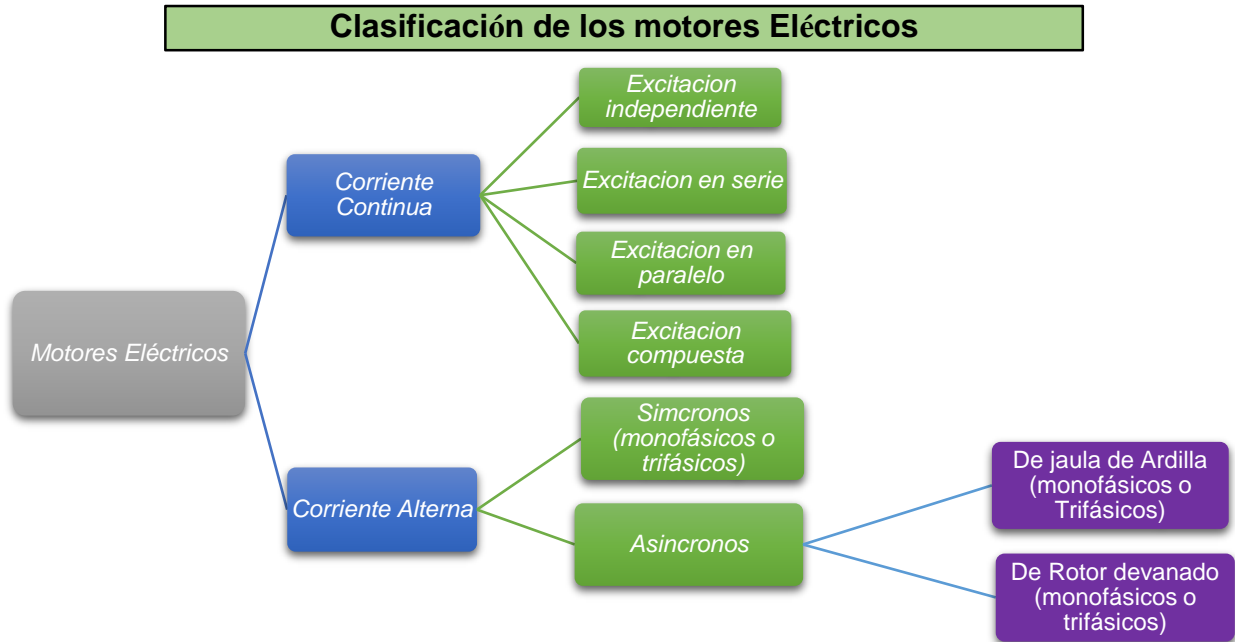


Figura 6 Clasificación de los motores eléctricos

En las figuras 7 y 8 se muestran ejemplos tanto de motores DC y AC.



Figura 7 Motor de DC.



Figura 8 Motor de AC.

## **VII. Desarrollo**

### **7.1 Diagnóstico para determinar la necesidad del diseño del dispositivo, mediante las entrevistas y encuesta realizada a los pacientes de la clínica de la UNAN-Managua.**

Mediante este diagnóstico se determinará los parámetros necesarios para la elaboración de este proyecto como los son:

- Ubicación del lugar.
- Instalaciones e infraestructura.
- Equipos o instrumentos médicos disponibles.
- Analizar los resultados del impacto de la encuesta y entrevista realizada.

#### **7.1.1. Localización**

En este apartado se detallará la ubicación y los puntos de referencia donde se desarrollará el proyecto, tomando en cuenta tanto la macro localización como la micro localización para tener una mayor precisión de su ubicación, de igual manera se detallará las condiciones y estructura de la clínica universitaria de la UNAN-Managua.

#### **7.1.2. Macro localización**

<sup>1</sup>La Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León) es la universidad más antigua de Nicaragua. Fue fundada en 1812 en la ciudad de León, cabecera del departamento homónimo. Fue la segunda universidad creada en Centroamérica y última de las universidades fundadas por España durante la colonia en América.

Se encuentra ubicada de la Rotonda Universitaria Rigoberto López Pérez 150 Metros al Este, funciona con nueve Facultades y un Instituto Politécnico de la Salud, distribuidos en tres recintos universitarios en la ciudad de Managua: Rubén Darío -

---

<sup>1</sup> ([https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad\\_Nacional\\_Aut%C3%B3noma\\_de\\_Nicaragua](https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad_Nacional_Aut%C3%B3noma_de_Nicaragua))

sede central de la UNAN-Managua-, Carlos Fonseca Amador y Ricardo Morales Avilés, además cuenta con cuatro sedes universitarias regionales ubicadas en las ciudades de Estelí, Matagalpa, Carazo y Chontales. En la sig. Figura se muestra un mapa donde se encuentra ubicada la UNAN-Managua.

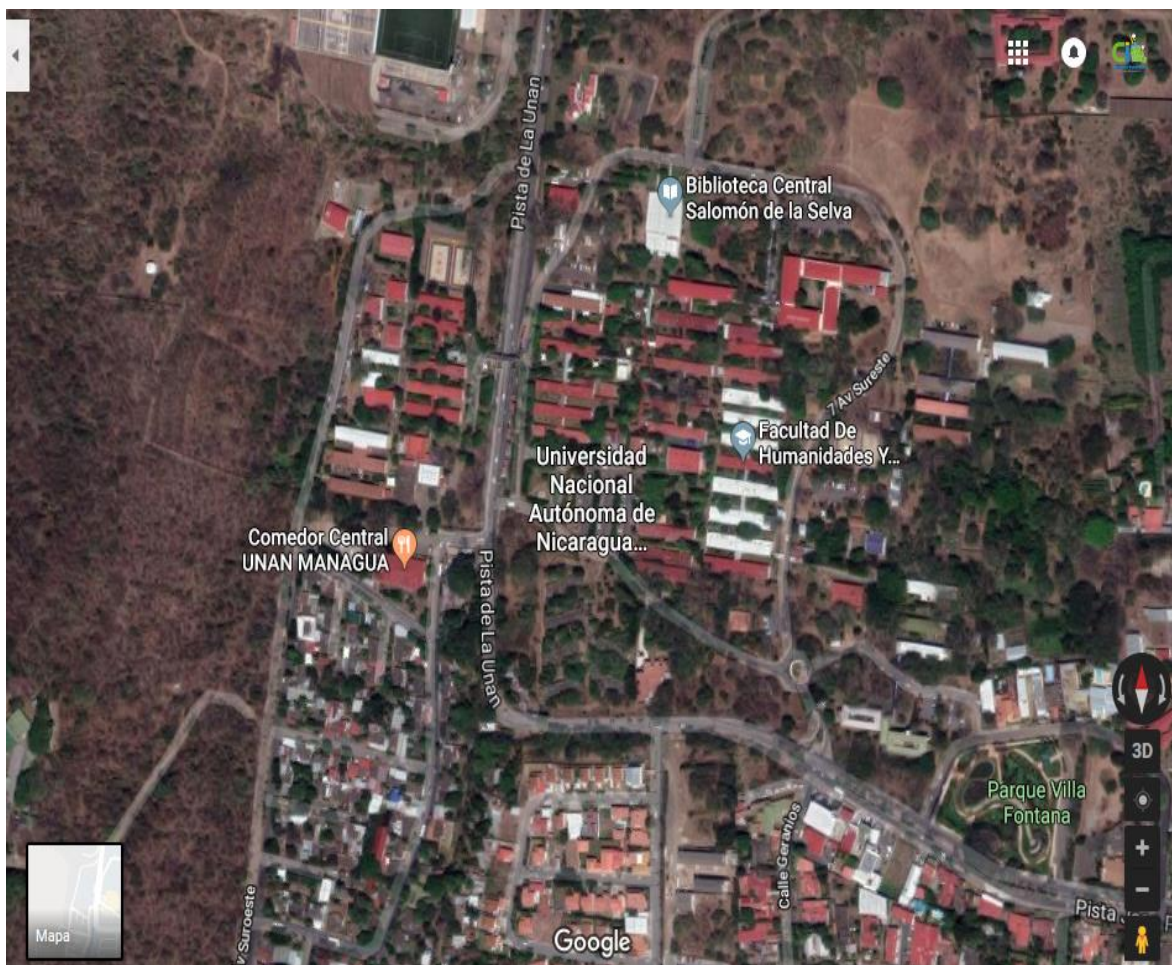
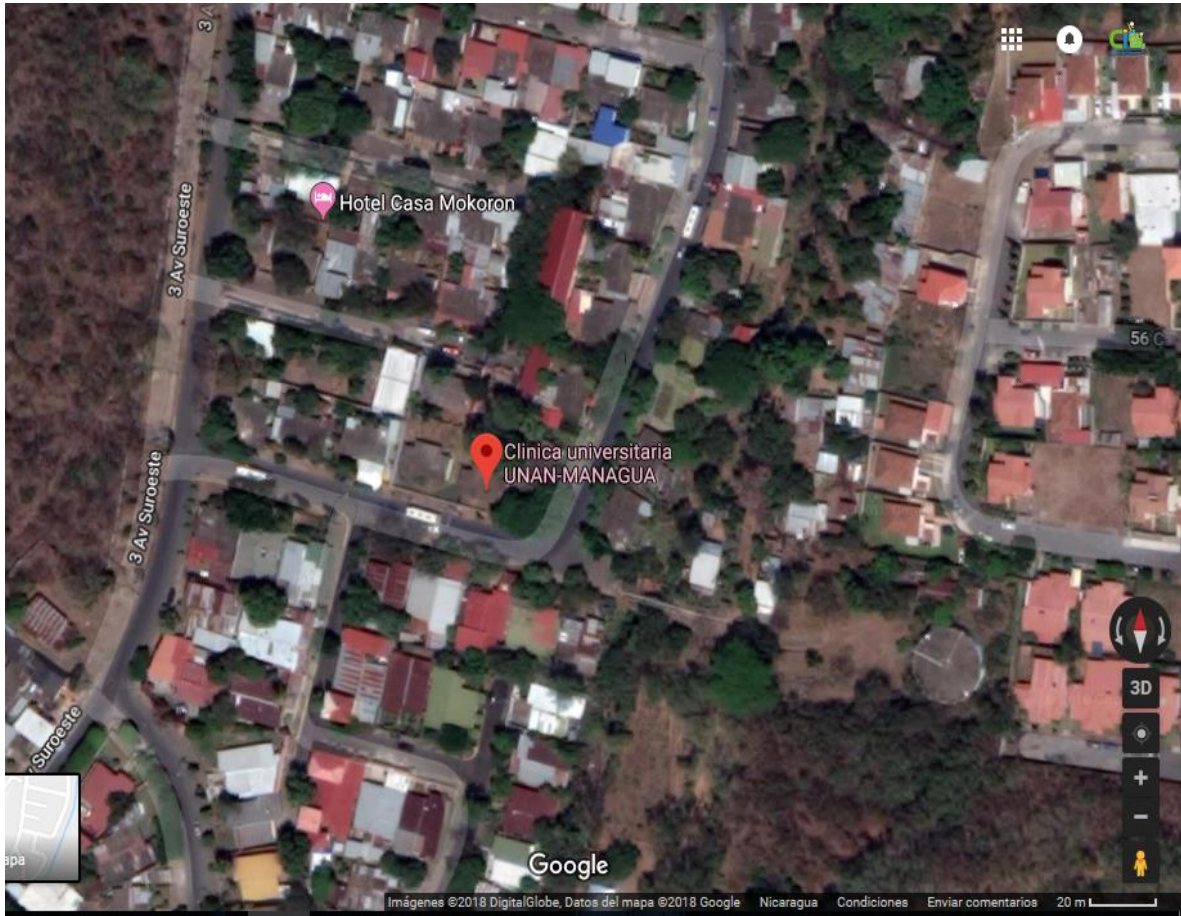


Figura 9 Mapa vía Satelital de la UNAN-Managua

### **7.1.3. Micro localización.**

La clínica universitaria de becados internos de la UNAN Managua se encuentra del comedor central de la UNAN Managua 3 cuadras al sur, ½ cuadra abajo. Fundada en 1980, con la necesidad de atender a estudiantes de preparatoria, hoy en día atiende a más de 5000 estudiantes becados internos de la universidad y a miles de deportistas de las diferentes disciplinas deportivas de la UNAN-Managua. En la siguiente figura se muestra la ubicación de la clínica universitaria.

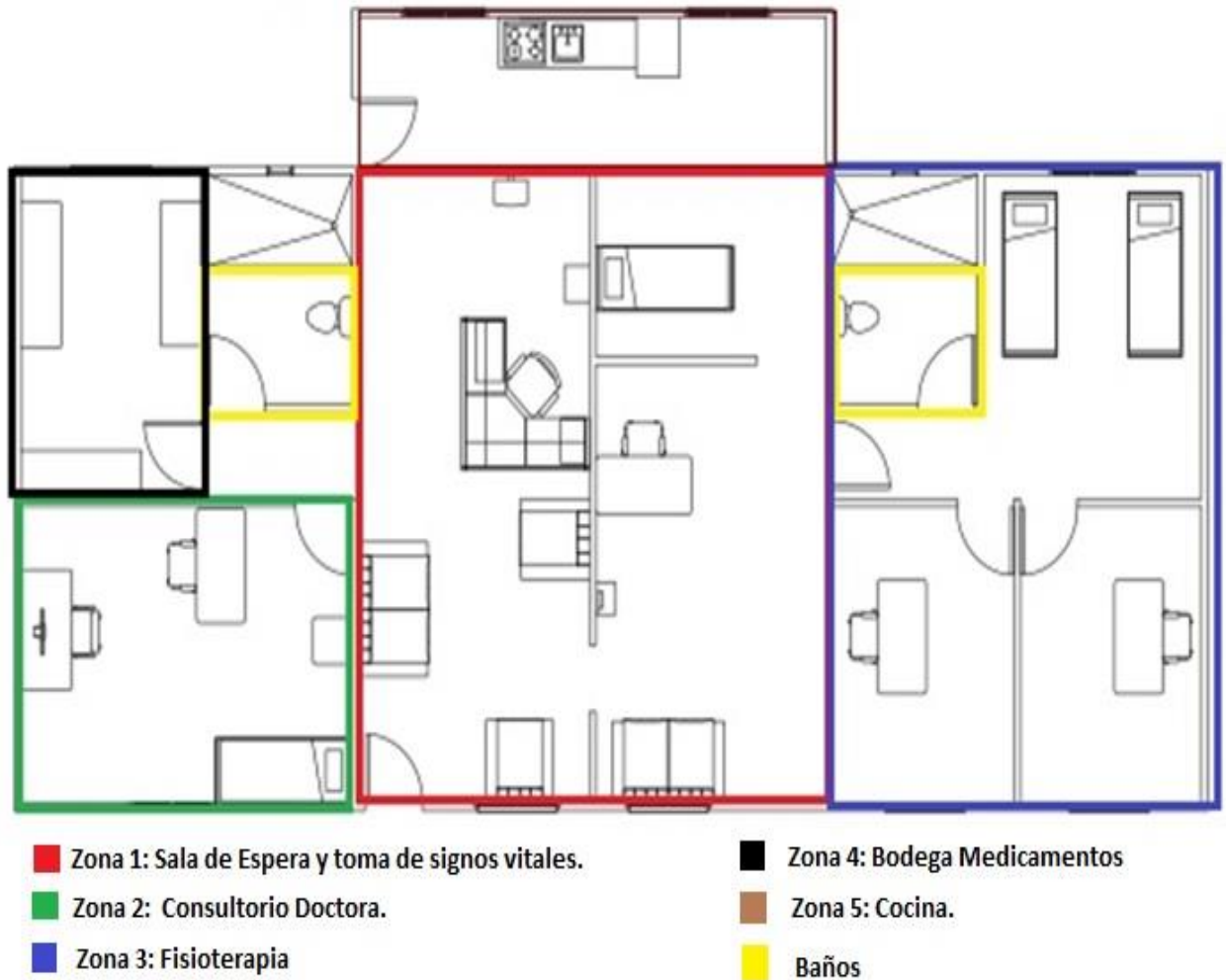




*Figura 10 Mapa vía satelital de la clínica universitaria UNAN-Managua.*

#### **7.1.4. Infraestructura del lugar.**

En esta sección se dará a conocer la infraestructura del lugar a través de un plano arquitectónico donde se muestra cómo está dividida la clínica en zonas de trabajo, se detallan cada una de estas zonas, las cuales están divididas de tal forma que sean de mejor comodidad para la adecuada atención a los pacientes como se muestra en la siguiente figura:



*Figura 11 Plano Arquitectónico de la clínica Universitaria.*

A como se puede apreciar en la figura 11, la clínica universitaria de la UNAN-Managua cuenta con varias zonas donde se atiende a los pacientes ya sean estudiantes internos como deportistas. Cabe destacar que la zona 3 que es la *zona de fisioterapia*, es un lugar muy reducido para atender a un significativo número de pacientes al mismo tiempo, de igual forma al ser limitado el lugar no se puede contar con máquinas grandes que abarquen mucho espacio. Por tal razón el dispositivo a crear sería de mucha utilidad al ser de una forma portátil sin abarcar tanto espacio y agilizaría el proceso de terapia a los pacientes que lo necesiten.

### 7.1.5. Normativas de la institución.

La clínica universitaria fue creada inicialmente para la atención de estudiantes internos de la Unan-Managua ya estos son de diferentes puntos del país y muchas veces no cuentan con los recursos para visitar otro centro de atención de igual manera hace el cumplimiento de la Misión de la UNAN-Managua escrita en la ley no. 89, artículo 3. De formar profesionales y técnicos integrales desde y con una concepción científica y humanista del mundo. Actualmente la clínica no solo tiende a alumnos internos sino también a deportistas de las diferentes disciplinas y a docentes de esta alma mater.

La clínica se encuentra estructura en dos áreas de atención como son el área de medicina general y fisioterapia, y esta última se divide en la atención de alumnos internos y deportistas como se observa en la siguiente figura.

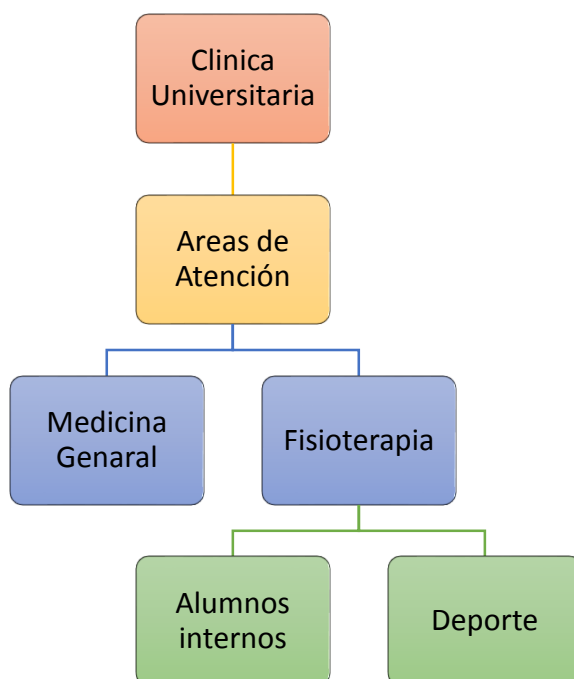


Figura 12 Áreas de atención de la clínica universitaria.

### **7.1.6. Entrevista**

En la visita a la clínica de la UNAN-Managua se realizó una breve entrevista (ver formato Anexo) a la Lic. Frances Fletes coordinadora de fisioterapia del área de deporte donde se conoció más acerca de los parámetros utilizados en el área de rehabilitación y de sus diferentes métodos e instrumentos utilizados. Los cuales de detallan a continuación.

La población de pacientes se encuentra en el rango de 17 a 28 años de edad los cuales son principalmente deportistas de las diferentes disciplinas de la UNAN-Managua. Entre las disciplinas se encuentran:

- Fútbol masculino primera división.
- Fútbol femenino primera división.
- Fútbol sala
- Baloncesto.
- Voleibol
- Levantamiento de pesas.
- Esgrima.
- Entre otras.

Las cuales, las disciplinas de fútbol, baloncesto y levantamiento de pesas son donde se encuentra la mayor población de deportistas con lesiones en sus miembros inferiores. También existe otra población los cuales son los estudiantes internos de la UNAN-Managua y en algunos casos docentes de dicha alma master, pero estas poblaciones muy pocas veces atienden a la clínica por lesiones en miembros inferiores.

La clínica atiende entre 12 a 17 pacientes por día lo cual es una cantidad considerable debido a la poca cantidad de especialistas, esto tomado en cuenta que

una terapia dura entre 40 minutos a una hora en dependencia de la lesión de cada paciente. La clínica cuenta diferentes medios de rehabilitación como lo son:

- ✓ El ultrasonido terapéutico.
- ✓ Electro estimulación.
- ✓ Parafina.
- ✓ Compresa húmeda caliente.
- ✓ kinesiología.
- ✓ Terapia ocupacional.
- ✓ Mecanoterapia.

En el área de mecanoterapia solamente se cuenta con una bicicleta estacionaria debido a que la clínica no cuenta con espacio suficiente para más equipos lo cual hace más necesario el diseño del dispositivo de rehabilitación de miembros inferiores ya que este ocupará poco espacio y permitirá al paciente tener una mejor rehabilitación en un menor periodo de tiempo.

Mediante este estudio se pudo observar la necesidad de la creación de un dispositivo de rehabilitación lo cual permita no solo al paciente recibir una mejor rehabilitación, sino también al especialista (fisioterapeuta) tener un mejor método que permita al paciente recuperarse en un menor tiempo.

#### **7.1.7. Encuesta**

De igual manera se realizó una encuesta a una pequeña muestra de pacientes de la clínica para conocer mejor la necesidad de este dispositivo.

Esta encuesta se le realizó a una muestra de 20 pacientes de la clínica universitaria. De la cual se obtuvo como resultado que la mayoría de los pacientes de la clínica son varones ocupando el 65% de los pacientes.

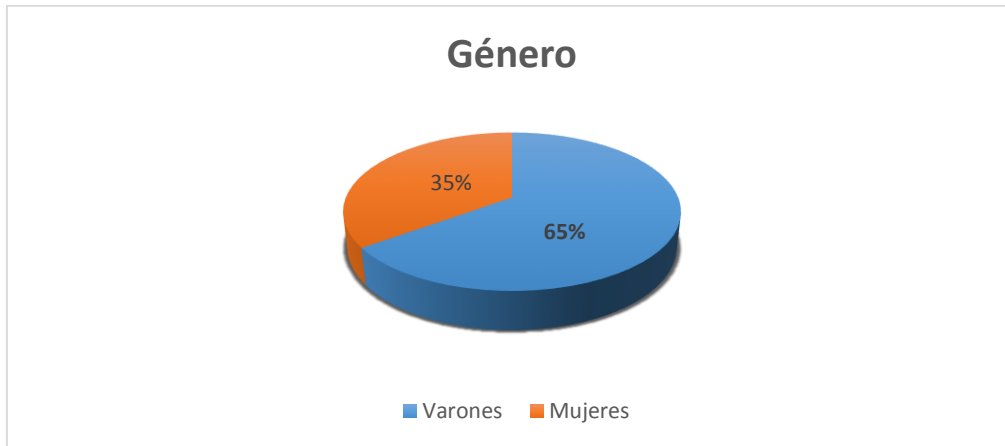


Figura 13 Grafica de porcentaje de lesionados según su genero

Esto se debe a las diferentes disciplinas que se practican. En Este caso la disciplina en la cual se observan más lesiones en miembros inferiores es en el futbol ya que exige una mayor resistencia física por un mayor periodo; además del contacto físico que esta exige.

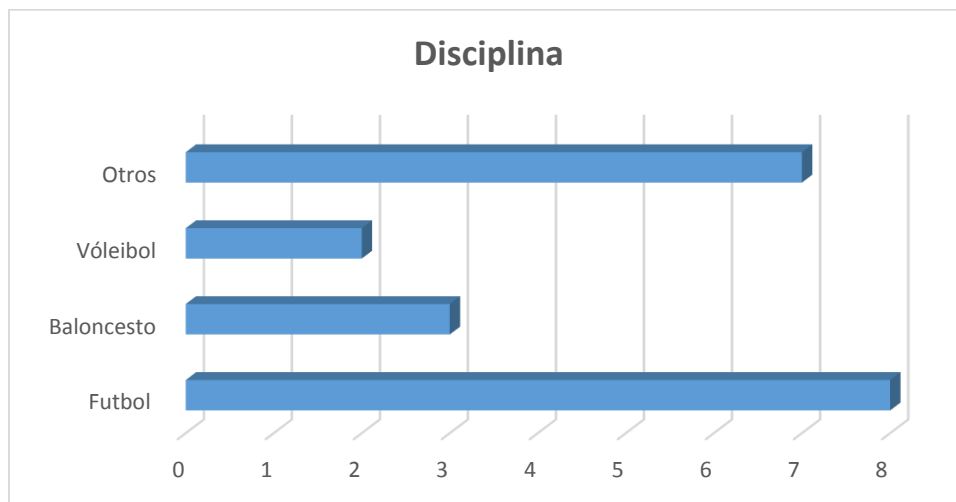


Figura 13 Disciplinas en las cuales se sufren más lesiones.

Como se puede observar en la gráfica (fig.15) los miembros que más se lesionan son las piernas, seguidas por el tobillo y rodillas lo que hace del dispositivo una necesidad para la clínica y para una mejor recuperación de los pacientes.

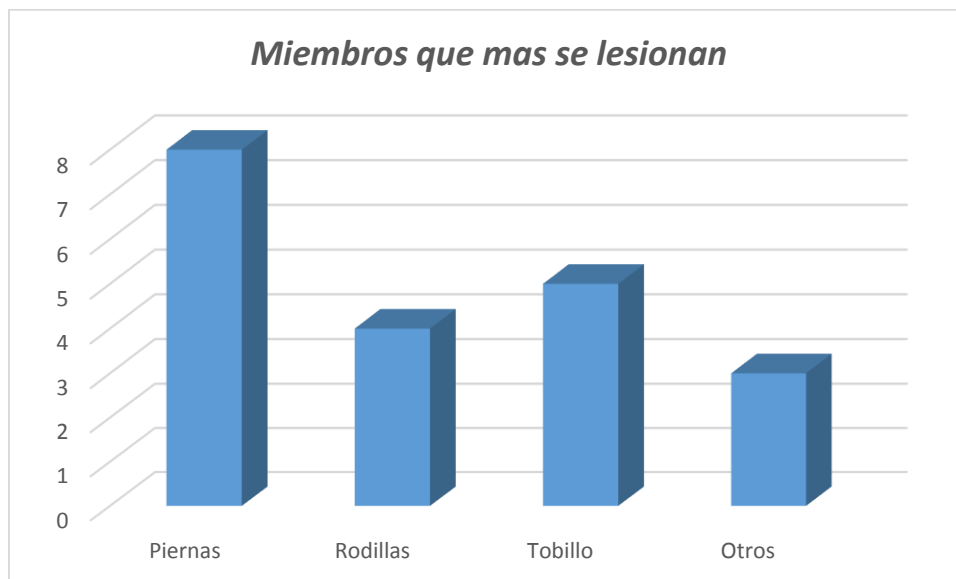


Figura 14 Miembros inferiores que más se lesionan

#### **7.1.8. Funciones del dispositivo para el técnico fisioterapeuta.**

El dispositivo electrónico para terapia de rehabilitación está conformado en si por tres interruptores de niveles los cuales permitirá la selección de la terapia que se basaran principalmente bajo un ángulo de flexión y extensión.

El fisioterapeuta hará uso del dispositivo de la siguiente manera:

- Diagnosticar la lesión del paciente.
- Colocación del dispositivo en el miembro inferior.
- Encender el dispositivo.
- Selección de la terapia o ángulo de trabajo a realizar.
- Después del tiempo que determine el fisioterapeuta para la realización de la terapia apagar el interruptor de selección de terapia.
- Apagar el dispositivo.

#### **7.1.9. Finalidad del dispositivo**

El dispositivo de rehabilitación muscular en miembros inferiores al ser un dispositivo que va a permitir dar terapias por medio ángulos, tendrá como finalidad principal ser un dispositivo de apoyo para el fisioterapeuta, el cual le permitirá realizar una terapia de flexión y extensión de forma más autónoma, permitiendo al terapeuta una mayor

facilidad en realización de su trabajo y de igual manera permitirá atender a otros pacientes mientras se desarrolla la terapia con el dispositivo en otro paciente.

El dispositivo se puede utilizar para la rehabilitación de las siguientes lesiones:

**a) Lesiones agudas de la rodilla.**

Esguince: en este tipo de lesión, uno o varios ligamentos de la rodilla han sufrido un excesivo estiramiento, debido a una tracción o retorcimiento

**b) Traumatismos cartilagosos**

Los meniscos son estructuras cartilaginosas con función amortiguadora (del choque entre fémur y tibia) localizadas en el interior de la rodilla, tanto en la cara interna (menisco interno) como en la externa (menisco externo). Aunque este cartílago presenta una elevada resistencia, con los años se va debilitando y no es infrecuente que se produzcan en él pequeños rasguños que acaban provocando su desplazamiento parcial que se puede traducir en la aparición de simples molestias o acabar incluso bloqueando la articulación. Si el rasguño es pequeño, la sintomatología es ocasional y leve, no hay inestabilidad y el paciente puede ser tratado con un programa de ejercicios de motricidad y ayuda ortopédica. Si los síntomas persisten o hay bloqueo articular el menisco debe ser reparado o eliminado parcialmente mediante cirugía (artroscópica, normalmente). No hay que olvidar que el menisco no está irrigado y por tanto no se puede curar por sí mismo.

**c) Traumatismos musculares**

Los desgarros musculares no son más que roturas de las fibras constitutivas de los músculos que se producen básicamente durante las prácticas deportivas por dos razones: preparación física inadecuada (falta de elongación y precalentamiento antes de empezar la actividad deportiva) y sobre exigencia. Los músculos más frecuentemente afectados son los de la pantorrilla (gemelos) y el muslo (cuádriceps y abductores).



#### **d) Traumatismos articulares**

Como su nombre indica, dentro de este apartado se incluyen aquellos traumatismos que provocan lesiones en las articulaciones óseas o en los elementos que las componen. Dentro de ellas destacan luxaciones y esguinces.

Puesto que un esguince es una lesión de ligamentos, se puede producir en casi todas las articulaciones

Las luxaciones son separaciones permanentes de las superficies articulares (el hueso se ha separado de su articulación). Cursan con dolor intenso y agudo, deformidad debida a la pérdida de las relaciones normales articulares (y que es claramente identificable comparando su aspecto con el de la articulación paralela en el miembro sano) e impotencia funcional muy acusada. Ante este tipo de lesiones traumáticas, el farmacéutico debe aconsejar la inmovilización total de la articulación afectada tal y como está, sin intentar reducir la luxación y remitir al paciente a un centro sanitario para que el personal facultativo le aplique el tratamiento definitivo.

Los esguinces son las lesiones de los ligamentos que se producen cuando una articulación realiza un movimiento más amplio de lo normal, forzando uno o varios ligamentos hasta que resultan dañados. Los ligamentos son bandas de tejido fibroso, elástico y resistente que conectan dos o más huesos, cartílagos u otras estructuras del organismo o que sirven de sostén de los músculos. Su función principal es la estabilización de las articulaciones.

#### **7.2 Diseño del dispositivo para permitir dar terapias de rehabilitación muscular en miembros inferiores a pacientes de la clínica de la UNAN-Managua.**

En esta sección se explicará los diversos procedimientos que se llevaran a cabo para el alcance del diseño del prototipo que permitirá dar terapias de rehabilitación muscular en miembros inferiores a pacientes de la clínica de la Unan-Managua.

### **7.2.1. Sistema de programación.**

En esta sección se explicará los puntos esenciales que conformaran el sistema de programación que harán posible la automatización del prototipo, el cual permitirá dar terapias de rehabilitación muscular en miembros inferiores a pacientes de la clínica de la Unan Managua como los son:

- ✓ Lenguaje de Programación.
- ✓ Herramientas de programación para el microcontrolador PIC 16F877A.
- ✓ Diagrama de Flujo del sistema.

#### ***7.2.1.1 Lenguaje de Programación.***

<sup>2</sup>Un microcontrolador ejecuta el programa cargado en la memoria Flash. Esto se denomina el código ejecutable y está compuesto por una serie de ceros y unos, aparentemente sin significado. Dependiendo de la arquitectura del microcontrolador, el código binario está compuesto por palabras de 12, 14 o 16 bits de anchura. Cada palabra se interpreta por la CPU como una instrucción a ser ejecutada durante el funcionamiento del microcontrolador. Todas las instrucciones que el microcontrolador puede reconocer y ejecutar se les denominan colectivamente Conjunto de instrucciones. Como es más fácil trabajar con el sistema de numeración hexadecimal, el código ejecutable se representa con frecuencia como una serie de los números hexadecimales denominada código Hex.

En los Microcontroladores PIC con las palabras de programa de 14 bits de anchura, el conjunto de instrucciones tiene 35 instrucciones diferentes.

---

<sup>2</sup>Tomado de <https://www.mikroe.com/ebooks/microcontroladores-pic-programacion-en-c-con-ejemplos/lenguajes-de-programacion>.

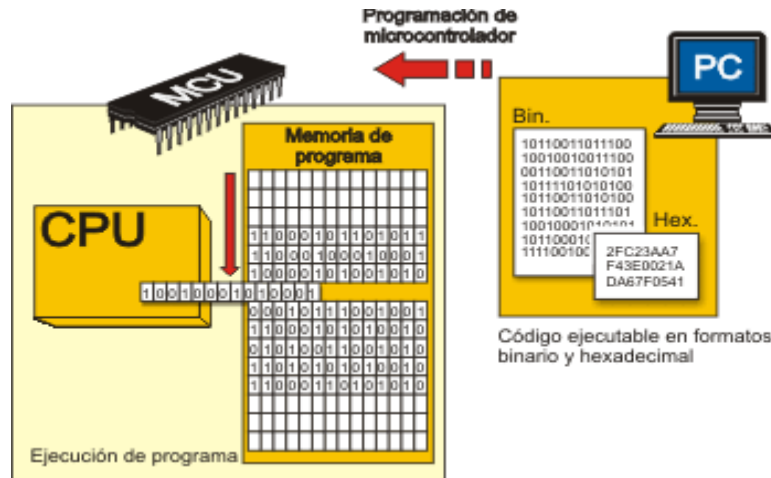


Figura 15 Programación de un microcontrolador.

### 7.2.1.2. Lenguajes de programación de Alto nivel.

Los lenguajes de programación de alto nivel (Basic, Pascal, C etc.) fueron creados con el propósito de superar las desventajas del ensamblador. En lenguajes de programación de alto nivel varias instrucciones en ensamblador se sustituyen por una sentencia.

El programador ya no tiene que conocer el conjunto de instrucciones o características del hardware del microcontrolador utilizado. Ya no es posible conocer exactamente cómo se ejecuta cada sentencia, de todas formas, ya no importa. Aunque siempre se puede insertar en el programa una secuencia escrita en ensamblador el cual siempre está definida por la arquitectura <sup>3</sup>RISC que carece de algunas instrucciones.

Por ejemplo, no hay instrucción apropiada para multiplicar dos números. Pero gracias a la aritmética que permite realizar las operaciones complejas al descomponerlas en un gran número operaciones más simples.

En este caso, la multiplicación se puede sustituir con facilidad por adición sucesiva ( $a \times b = a + a + a + \dots + a$ ). No hay que preocuparse al utilizar uno de estos lenguajes

<sup>3</sup> Computadoras con un conjunto de instrucciones reducido , (del inglés reduced instruction set computer)

de programación de alto nivel como es C, porque el compilador encontrará automáticamente la solución a éste problema y otros similares. Para multiplicar los números a y b, basta con escribir a\*b.

Como se puede observar por ejemplo en la figura 24 el programa escrito en C (El mismo programa compilado al código ensamblador):

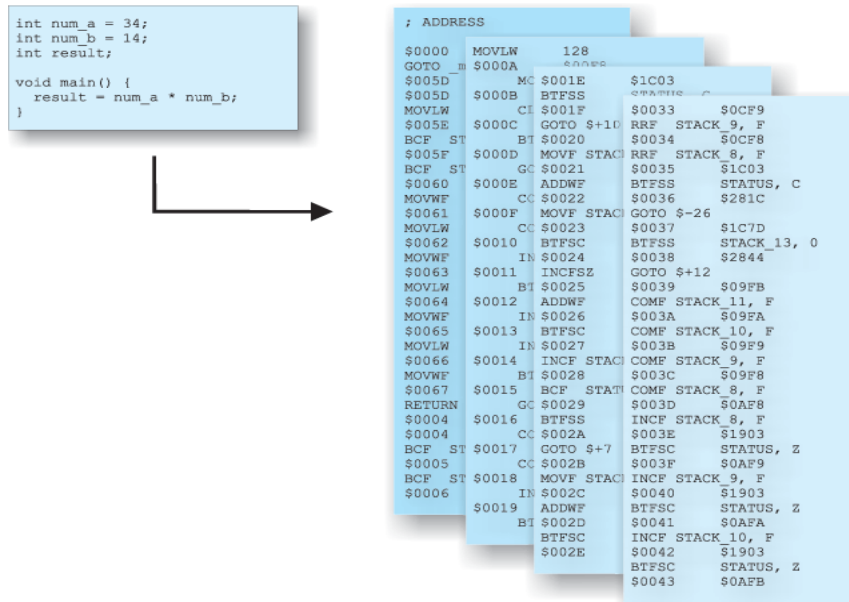


Figura 16 Ejemplo de programa en lenguaje C al lenguaje ensamblador.

### 7.2.1.3. Lenguaje C

El lenguaje C es un lenguaje de programación que dispone de todas las ventajas de un lenguaje de programación de alto nivel (anteriormente descritas) y le permite realizar algunas operaciones tanto sobre los bytes como sobre los bits (operaciones lógicas, desplazamiento etc.). Las características de C pueden ser muy útiles al programar los microcontroladores. Además, C está estandarizado (el estándar <sup>4</sup>ANSI), es muy portable, así que el mismo código se puede utilizar muchas veces en diferentes proyectos. Lo que lo hace accesible para cualquiera que conozca este lenguaje sin reparar en el propósito de uso del microcontrolador. C es un lenguaje

<sup>4</sup> ANSI C es un estándar publicado por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI), para el lenguaje de programación C. Se recomienda a los desarrolladores de software en C que cumplan con los requisitos descritos en el documento para facilitar así la portabilidad del código.

compilado, lo que significa que los archivos fuentes que contienen el código C se traducen a lenguaje máquina por el compilador. Todas estas características hicieron al C uno de los lenguajes de programación más populares.

Como se observa en la figura 25 un ejemplo general de lo que sucede durante la compilación de programa de un lenguaje de programación de alto nivel a bajo nivel.

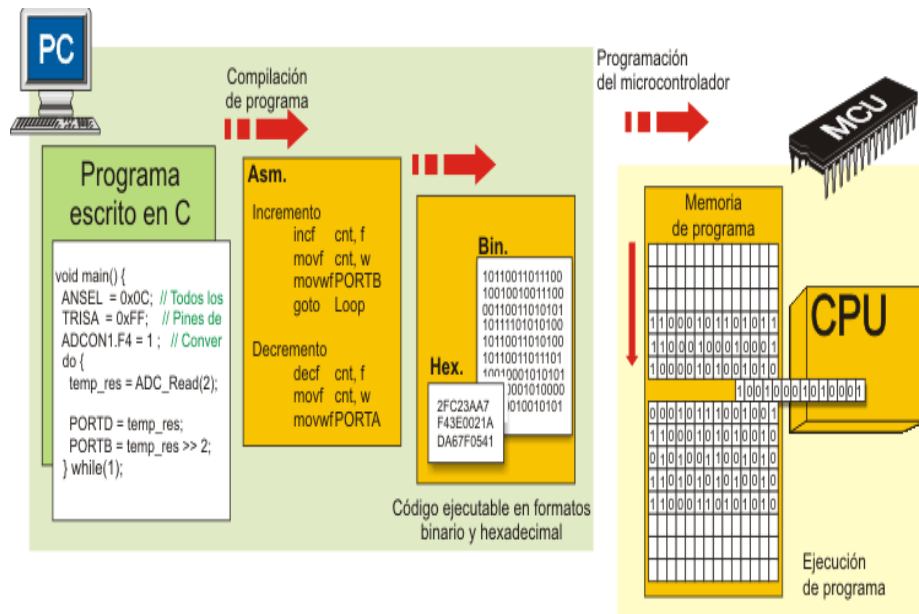


Figura 17 Programación de alto nivel a bajo nivel.

#### 7.2.1.4. Herramientas de programación para el microcontrolador PIC 16F877A.

##### 7.2.1.4.1. El compilador PCW.

Tradicionalmente muchos programadores de microcontroladores PIC utilizan el lenguaje ensamblador para realizar sus proyectos, pero en la actualidad existen compiladores de lenguajes de alto nivel que permiten realizar las mismas tareas en un menor tiempo de desarrollo y con mucha mayor facilidad en la programación.

<sup>5</sup>El PCW Compiler es una herramienta útil para programar microcontroladores PIC, este permite programar fácilmente los microcontroladores en lenguaje C, con lo cual se realiza más rápidamente el desarrollo de programas que serían bastante

<sup>5</sup> Tomado de <http://www.redalyc.org/html/849/84917310007/>

complejos de abordar en lenguaje ensamblador, en el están incluidas las librerías para manejar una pantalla LCD, el protocolo de comunicación serial, manejo de puertos, etc.

En la actualidad el compilador PCW es una herramienta en desarrollo, poco a poco se han ido adaptando nuevas librerías, nuevos microcontroladores y nuevas ayuda. En la siguiente figura 19 se muestra la interfaz visual del PCW compiler.

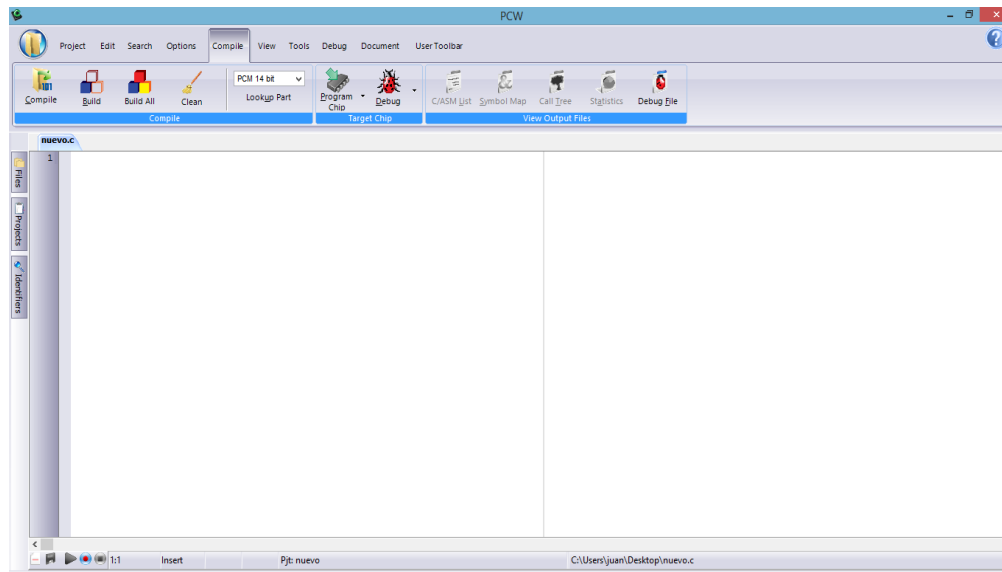


Figura 18 Interfaz visual del programa PC

### ***Características del Compilador PCW.***

En la siguiente figura 20 se muestran las principales características que tienen el compilador PCW el cual lo hace muy eficiente y por ello se usara para el diseño del proyecto.

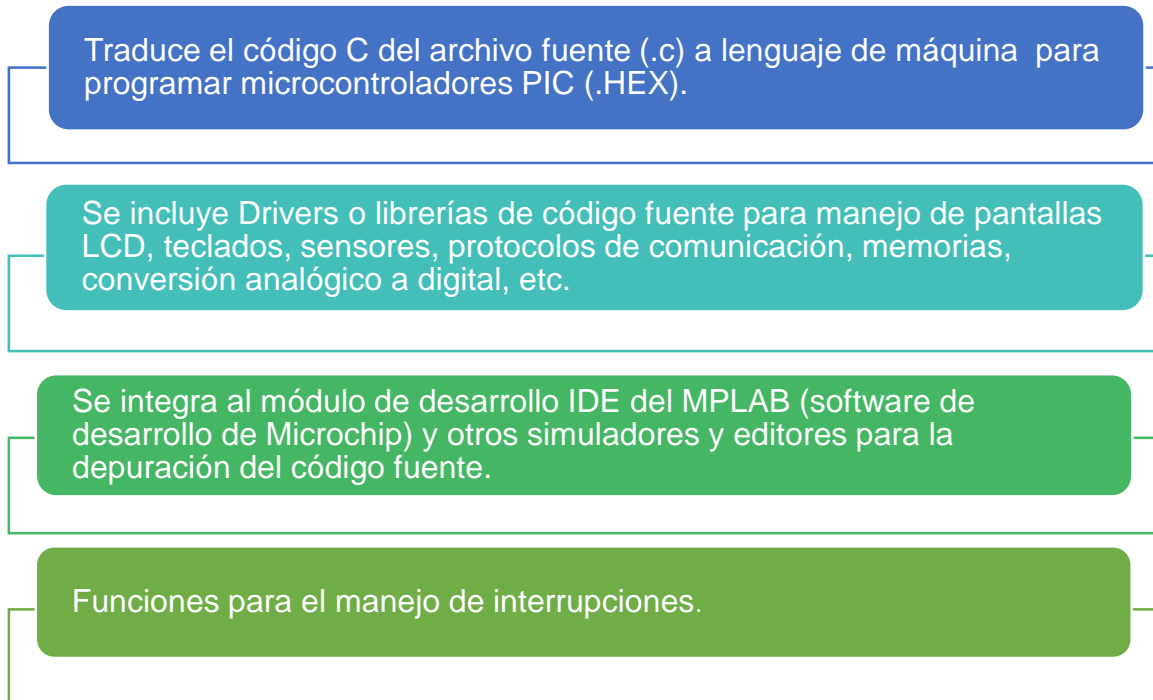


Figura 19 Características del Compilador PCW.

Básicamente el compilador PCW maneja la misma estructura de programación que el lenguaje de programación C, las similitudes más importantes son:

**a. Operadores Aritméticos.**

Los operadores aritméticos del PCW son prácticamente los mismos que su homólogo el lenguaje C y son los siguientes:

Operador	Descripción	Ejemplo
+	Suma (enteros)	Suma= a+b
-	Resta (enteros)	Resta= a-b
*	Producto (enteros)	Produ= a*b
/	División (enteros)	Div= a/b
%	Modulo: (residuo)	Mod= a%b

Tabla 1 Operadores Aritméticos.

### **b. Operadores Relacionales.**

Operador	Descripción
<	Menor que
>	Mayor que
<=	Menor o igual que
=>	Mayor o igual que
==	Igual que

Tabla 2 Operadores Relaciones.

### **c. Formato de Variables.**

C	Carácter
U	Entero sin signo
X	Entero en Hex (en minúscula)
X	Entero en Hex (en mayúscula)
D	Entero con signo
%e	Real en formato exponencial
%f	Real (float)
Lx	Entero largo en Hex (en minúscula)
LX	Entero largo en Hex (en mayúscula)
Lu	Decimal largo sin signo
Ld	Decimal largo con signo

Tabla 3 Formato de Variables.

### **d. Sentencias básicas y bucles.**

El compilador PCW contiene los bucles y sentencias básicas del lenguaje C que son principalmente las siguientes:

- Sentencia if (expresión)
- Sentencia if..... Else
- Bucle while
- Bucle for
- Bucle do... while



### 7.2.2. Diagrama de flujo de Software.

En el siguiente diagrama se muestra el proceso del funcionamiento del dispositivo.

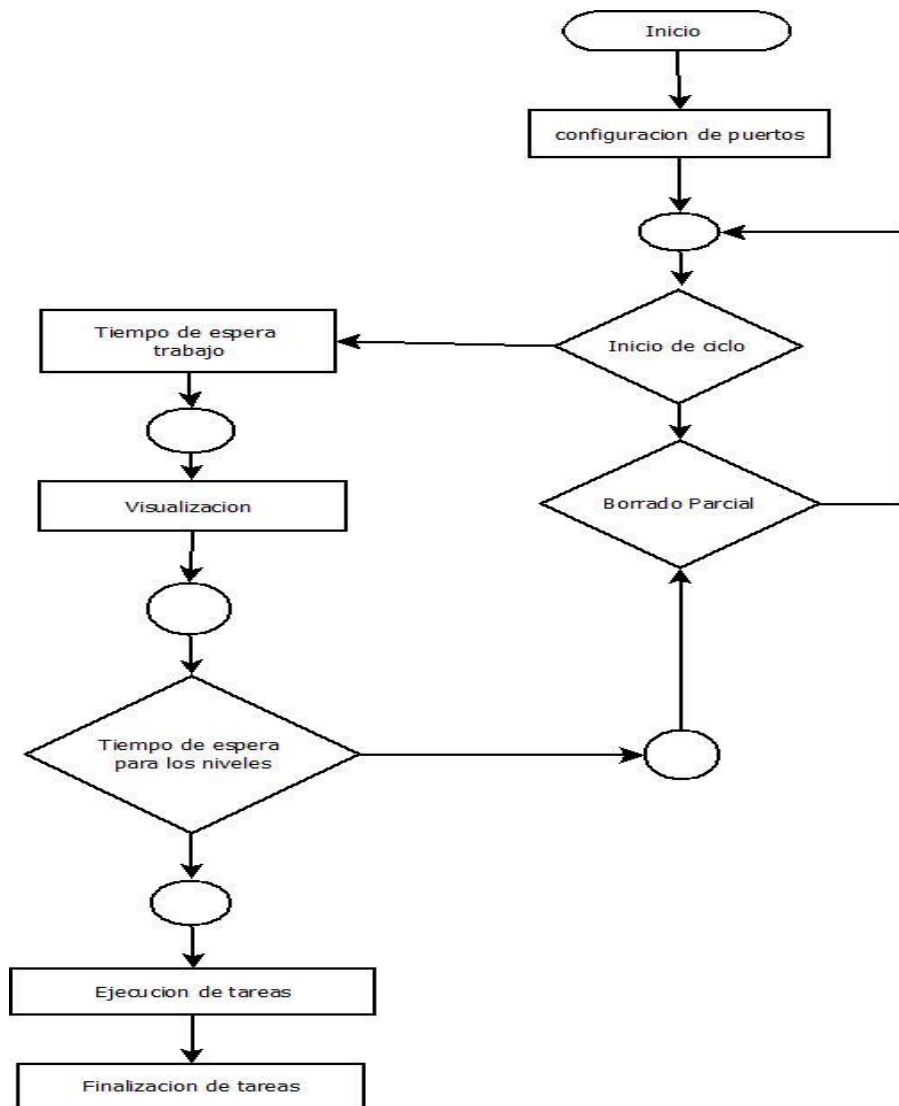


Figura 20 Diagrama de flujo de Software.

Primeramente, se inicia el sistema lo cual se visualizará a través de una pantalla LCD, los motores se encenderán y entraran a un ciclo de ejecución lo cual estará definido por un tiempo que establecerá el especialista, dependiendo de cuantos minutos dure la sección de rehabilitación. Cuando este ciclo se ejecutará la tarea en este caso la terapia la cual consistes en extensión y flexión, luego de cumplirse el tiempo establecido la se finalizará la tarea y el sistema se apagará.

**\*Ver en anexos programación del sistema.**

### 7.2.3. Diagrama de flujo de Hardware.

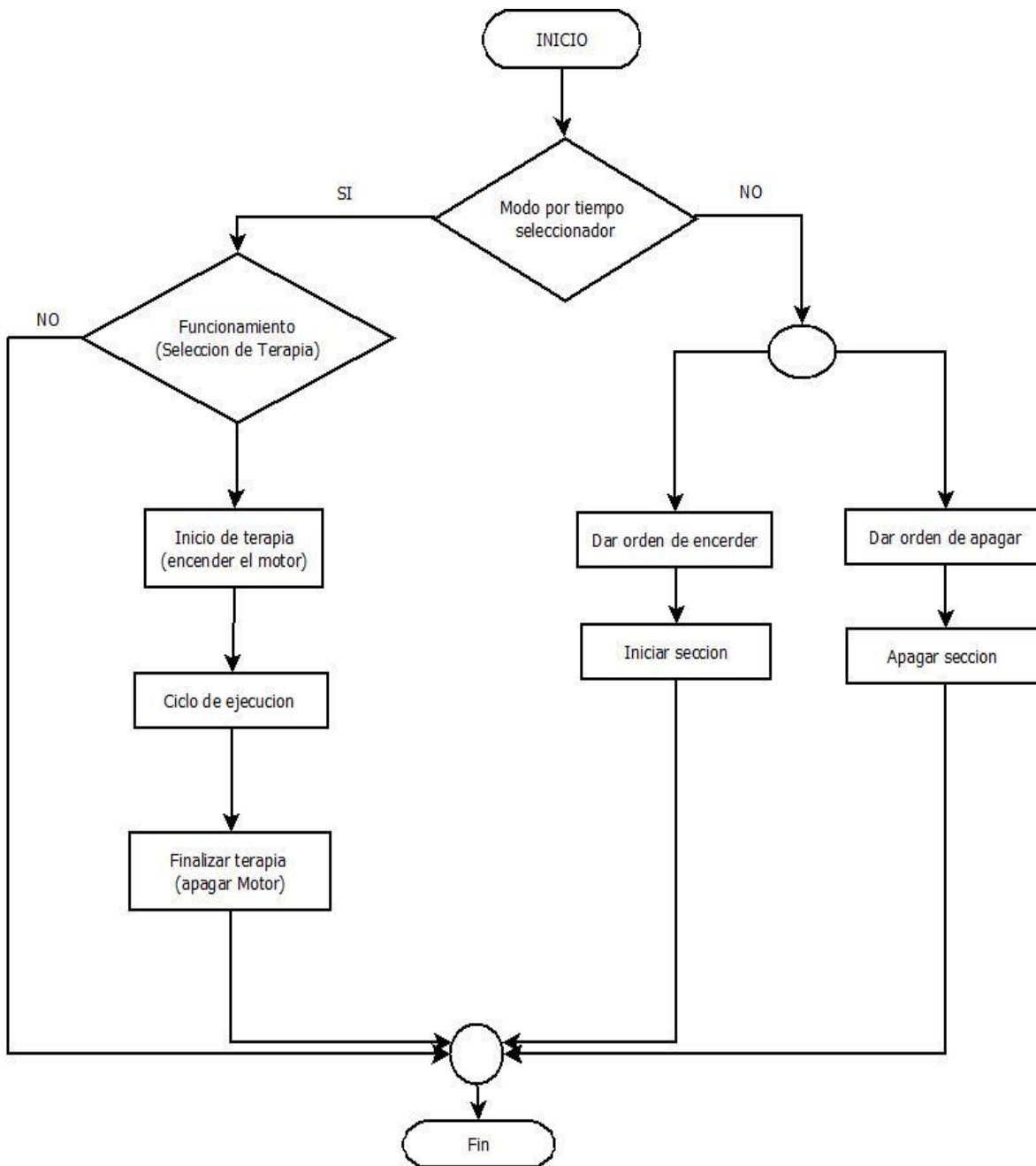


Figura 21 Diagrama de Flujo de Hardware.

En la Figura anterior se muestra la secuencia lógica del hardware del dispositivo. Como se observa, primeramente, se inicia el dispositivo, al iniciarse manda a cargar las instrucciones al microcontrolador. Luego comienza el Ciclo de ejecución el cual consiste en las siguientes etapas:

1. **Tiempo de espera del trabajo:** Consiste en un tiempo en el cual el dispositivo estará inerte a la espera del inicio de trabajo.
2. **Visualización de Texto en la Pantalla LCD:** Este permitirá la visualización de inicio y los procesos de los diferentes niveles de velocidad del motor.
3. **Tiempo de espera para los niveles de trabajo:** Se basa en un tiempo determinado para cada nivel de velocidad a realizarse. Si esto no sucede habrá un reset de programa y se iniciará nuevamente.
4. **Arranque del motor:** Al iniciarse permitirá la realización de la terapia.

Mientras si no se cumple lo antes mencionado, se realizará un reset; permitiendo así el reinicio del sistema para la correcta ejecución del proceso.

#### **7.2.4. Diagrama electrónico**

##### **7.2.4.1. Circuito Electrónico para dispositivo.**

El siguiente Circuito electrónico es el encargado de controlar tanto el arranque como las velocidades que tendrá el motor; así como el Angulo de inclinación. Como todo proyecto electrónico en donde se usan Microcontroladores, es necesario demostrar como ira estructurado tanto el cableado como las distintas conexiones que tendrá el circuito, para ello es necesario diseñarlo en un programa de simulación electrónica, en este caso, se hará uso del programa ISIS® de LabCenter Electronics ®(Proteus). En la siguiente Figura se muestra como está constituido el circuito.

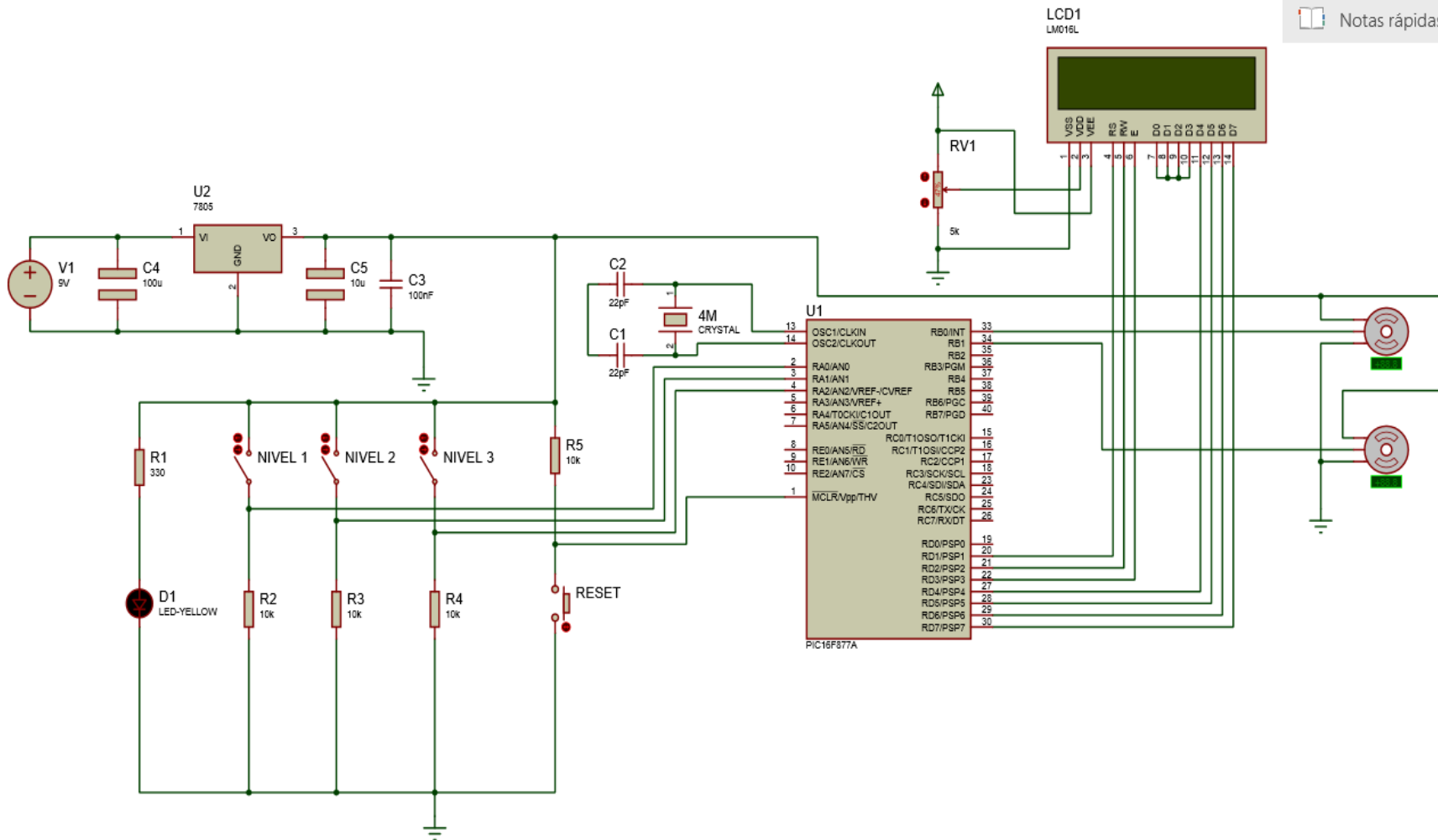


Figura 22 Diagrama electrónico.

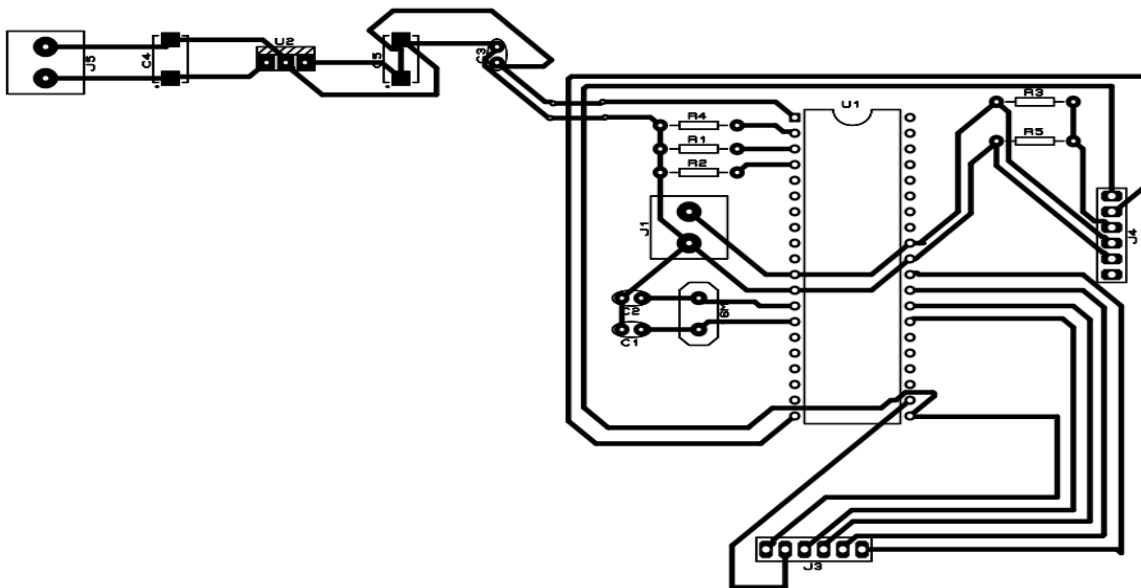
#### 7.2.4.2. Funcionalidad del Circuito Electrónico.

En general el circuito tiene como cerebro principal al microcontrolador PIC 16f877A, el cual será el encargado de controlar las variaciones de ángulo y de velocidad del servomotor por medio de pulsos controlados (PWM) por dicho microcontrolador.

Para el control de los ciclos de trabajos se harán usos de tres interruptores (SWITCH), los cuales están conectados a la primera, segunda y tercera terminales del PORTA (RA0,RA1 y RA2); en este caso al presionarse el switch 1 que está conectado a RA0 ejecutara el primer ciclo de trabajo el cual será un ciclo infinito en 40 grados, mientras que al presionarse el switch 2 que está conectado en RA1 ejercerá el segundo ciclo de trabajo el cual será un ciclo infinito de 60 grados y a continuación al presionar el switch 3 se ejercerá un ciclo infinito el cual será de 90 grados. Estos ciclos de trabajos están sujetos a la necesidad del paciente, el cual evaluara la especialista fisioterapeuta. En la pantalla LCD (LM016L) se visualizara el inicio del equipo y los ciclos de trabajos para su mayor comprensión.

Logrando por medio de estos ciclos de trabajo una terapia muy eficaz para el proceso de recuperación del miembro inferior del paciente.

#### 7.2.4.3. Circuito impreso en PCB.



## 7.2.5. Características de los principales materiales para la elaboración del dispositivo.

### 7.2.5.1. La Familia del PIC16F877

El microcontrolador PIC16F877 de Microchip pertenece a una gran familia de Microcontroladores de 8 bits (bus de datos) que tienen las siguientes características generales que los distinguen de otras familias:

- Arquitectura Harvard
- Tecnología RISC
- Tecnología CMOS

Estas características se conjugan para lograr un dispositivo altamente eficiente en el uso de la memoria de datos y programa y por lo tanto en la velocidad de ejecución. A continuación, se muestra la arquitectura interna del microcontrolador PIC 16F877A en la figura 23.

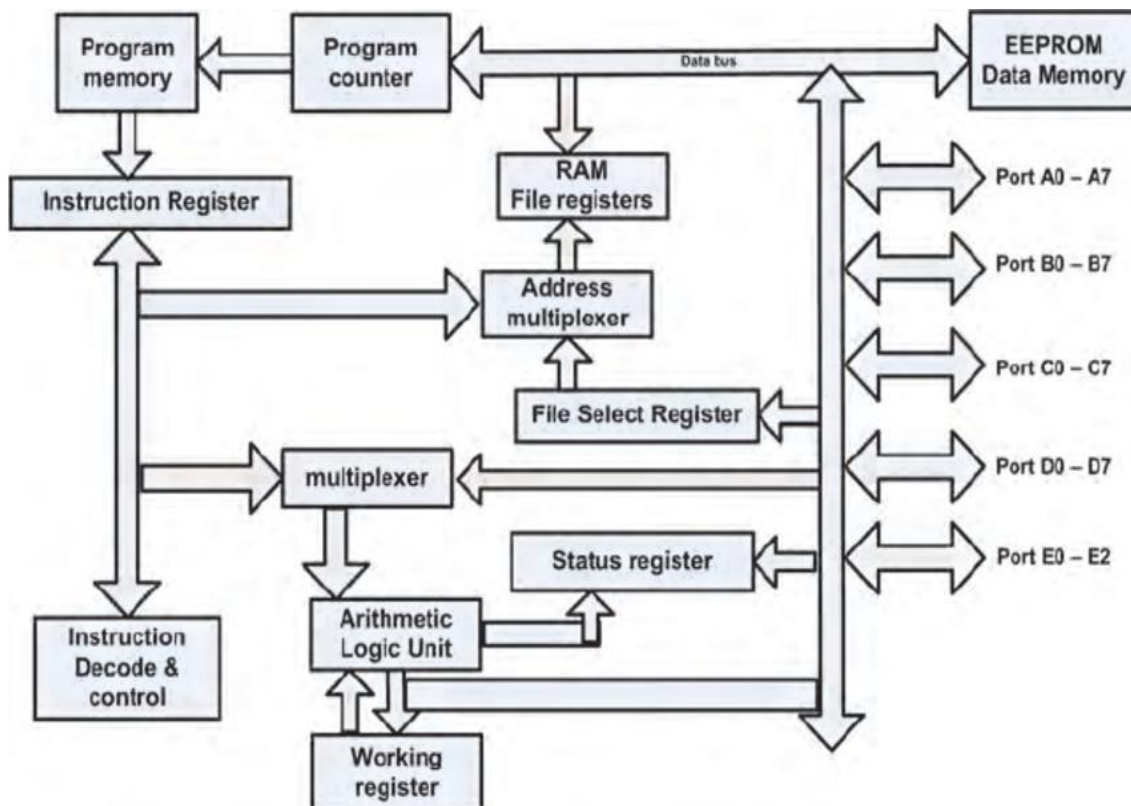


Figura 23 Arquitectura interna del PIC16f877A.

### 7.2.5.1.1. Diagrama de Bloques del PIC16F877A

Para entender mejor el funcionamiento del microcontrolador PIC 16F877A se muestra a manera de bloques la organización interna de este microcontrolador en la siguiente figura 24.

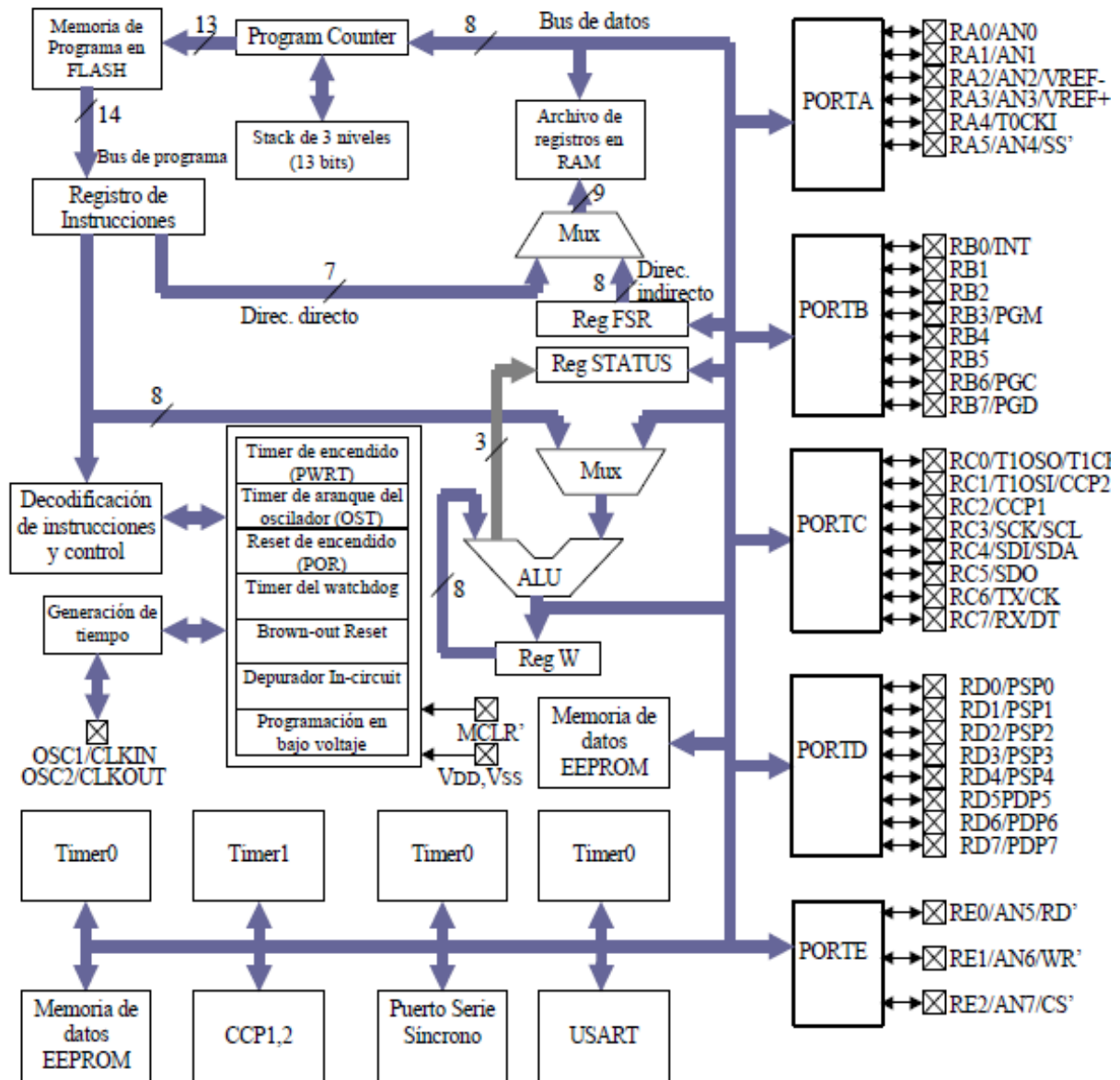


Figura 24 Organización interna del PIC 16F877A

Se muestra también junto a este diagrama su diagrama de patitas (figura 25), para tener una visión conjunta del interior y exterior del Chip.

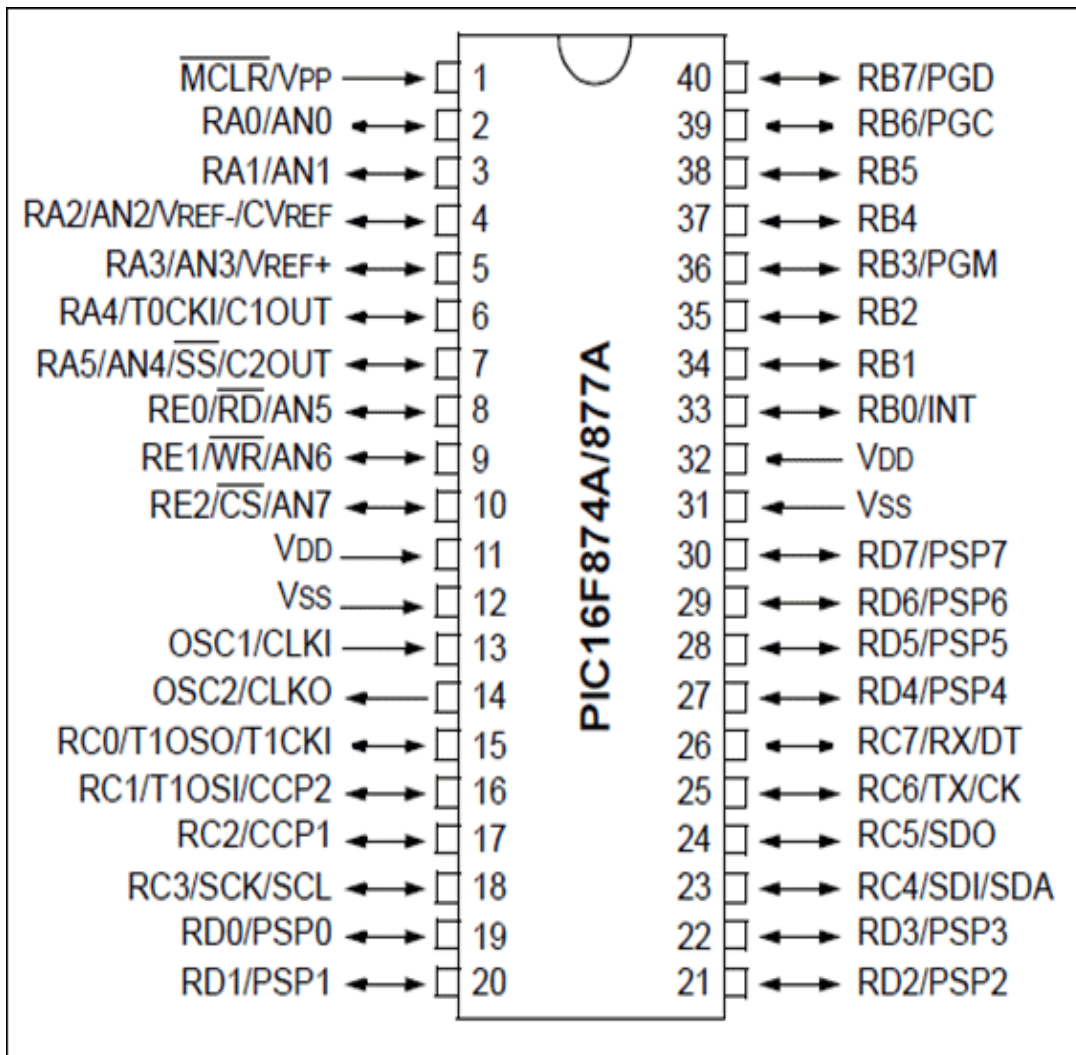


Figura 25 Diagrama de patitas del PIC 16F877A

#### 7.2.5.2. Servomotores (MG996R).

En este proyecto se utilizarán los tipos de motores conocidos como Servomotores de corriente continua ya que son máquinas que tienen la capacidad de convertir energía eléctrica continua en energía mecánica, estos dispositivos son muy versátiles porque son de fácil control, tanto en velocidad, par y posición (ángulo), lo que los hace ideales para las aplicaciones que se usan en el control y la automatización de procesos.



El servo es un potente dispositivo que dispone en su interior de un pequeño motor con un reductor de velocidad y multiplicador de fuerza, también dispone de un circuito que controla el sistema. El ángulo de giro del eje es de  $180^\circ$  en la mayoría de ellos, pero puede ser fácilmente modificado para tener un giro libre de  $360^\circ$ , como un motor standard.

Estos motores son muy utilizados en adaptaciones que impliquen potencia y precisión. Accionar un servomotor es muy simple, solo es necesario aplicar tensión de corriente continua en sus pines principales; para producir el giro de dicho motor basta con aplicar pulsos que varíen un ángulo preciso para que este pueda funcionar en ambas direcciones y ser enclavados gracias a su mecanismo interno, es por esto que se hará uso de dicho motor en el presente trabajo.



**Figura 26 Servomotor**

#### **7.2.5.2.1. Funcionamiento.**

Para controlar un servomotor se debe aplicar un pulso de duración y frecuencia específicas. Todos los servos disponen de tres cables, dos para alimentación Vcc y Gnd (4.8 a 6 [V]) y un tercero para aplicar el tren de pulsos de control, que hace que el circuito de control diferencial interno ponga el servo en la posición indicada, dependiendo del ancho del pulso. En la *figura 27* es posible apreciar ejemplos del posicionamiento del eje del servo dependiendo del ancho del pulso, donde se logra  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $180^\circ$  con anchos de pulso de 0.5, 1.5 y 2.5 [ms] respectivamente.

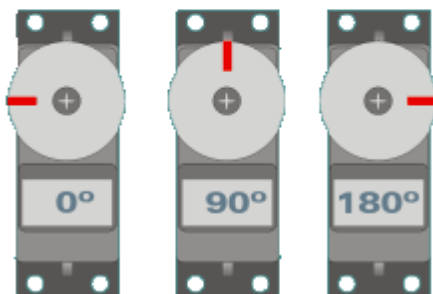


Figura 27 Ejemplo de posiciones de un Servomotor.

Dado que existen algunas pequeñas diferencias entre las distintas marcas de servos, en la *tabla 4* están indicados las características técnicas de varias marcas que comercializan este producto.

Fabricante	Duración del Pulso [ms]			Frec. [Hz]	Color de los cables		
	Mínima (0°)	Neutral (90°)	Máxima (180°)		Positivo	Negativo	Control
<b>Futaba</b>	0.9	1.5	2.1	50	Rojo	Negro	Blanco
<b>Hitech</b>	0.9	1.5	2.1	50	Rojo	Negro	Amarillo
<b>Graupner/Jr</b>	0.8	1.5	2.2	50	Rojo	Marrón	Naranja
<b>Multiplex</b>	1.05	1.6	2.15	40	Rojo	Negro	Amarillo
<b>Robbe</b>	0.65	1.3	1.95	50	Rojo	Negro	Blanco
<b>Simprop</b>	1.2	1.7	2.2	50	Rojo	Azul	Negro

Tabla 4 Características Técnicas de algunos Servomotores.

Además de su precisión, otra de las propiedades logrables es la capacidad de mantener un torque constante en toda su gama de revoluciones (hasta 3.000 rpm). Esta característica los diferencia de los motores asincrónicos convencionales, puesto que si quisiéramos mantener la posición en un motor común, necesitaríamos recurrir a dispositivos adicionales como ser frenos, frenos de polvo magnético, conjuntos frenos-embrague, reductores de velocidad, etcétera.

En cambio, un servomotor aplicaría todo su torque disponible para conservar la posición de la carga, independiente de la velocidad de funcionamiento del servomotor, es decir,

que se puede conservar la posición de la carga a cero revoluciones por minuto (0 rpm) sin la necesidad de dispositivos agregados. Esta facultad también es aplicable para mover cargas a velocidades bajas. Conjuntamente, se suma otra condición particular referida a los niveles de aceleración y desaceleración que se pueden adquirir, teniendo en cuenta que el torque es una relación entre el momento de inercia de la carga y la aceleración angular.

$$T = I \cdot a$$

- »» T: torque (newton metro —Nm—)
- »» I: momento de inercia (kilo-metro cuadrado —kg·m<sup>2</sup>—)
- »» a: aceleración angular (radián por segundo al cuadrado —rad/seg<sup>2</sup>—)

### 7.2.5.3. Servomotor MG996R (*High Torque Metal Gear Dual Ball Bearing Servo*).

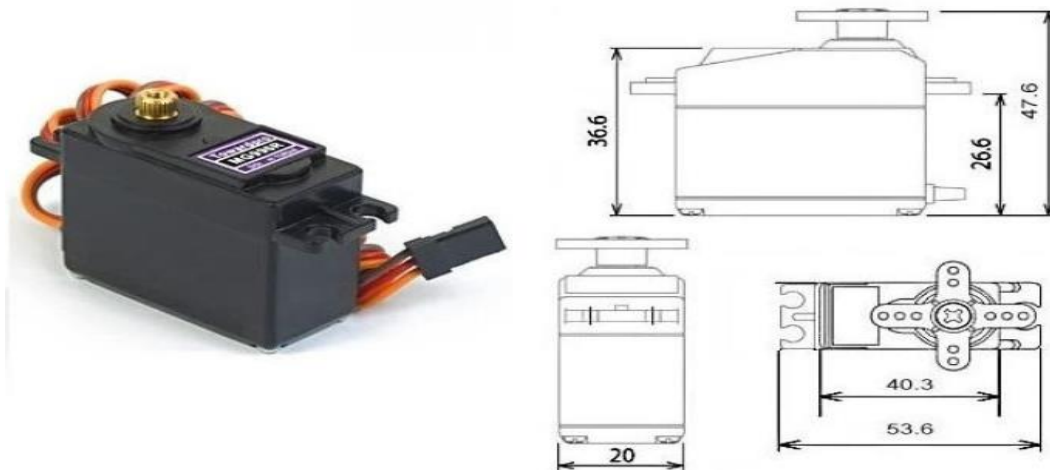


Figura 28 Estructura interna del Servomotor MG996R

El servomotor MG996R es un servomotor de alto torque con un controlador digital de engranaje el cual resulta por una alta tensión de 10 kg gracias a su par en su pequeño torque. El MG996R es una versión actualizada del famoso servomotor MG995, pero las características actualizadas que tiene este servomotor como anti choque, su PCB rediseñado, el CI de sistema de control lo hace más preciso y eficaz que su antes mencionado predecesor. El engranaje y el mismo motor al ser actualizado permiten mejorar la banda de fuerza ancha opaca y centrada que este posee.

Este Servomotor trae consigo sus 3 cables tanto de alimentación como el de datos y 3 pernos tipos hembras que encajan en el conector central del servomotor más receptores, incluyendo Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg , Spektrum and Hitec.

Este servomotor puede rotar 120 grados aproximadamente (60 grados en cada dirección), se puede utilizar cualquier código de programación para controlar dicho servomotor. Este servomotor es muy útil para principiantes que quieran realizar trabajos con movimiento pero de igual manera trabajos donde se necesite gran fuerza.

#### **7.2.5.4. Cálculos realizados en la elaboración del dispositivo.**

En este acápite se dará a conocer las especificaciones técnicas tanto de alimentación del circuito como de los servomotores, estos anteriormente mencionados se encargarán de permitir el movimiento de los miembros inferiores por medio de la ortesis.

Especificaciones técnicas del servomotor

- Modelo: MG996R
- Torque: 9.4kg/cm (4.8V), 11kg/cm (6V)
- Voltaje de operación: 4.8 – 7.2V
- Velocidad de Operación (4.8V): 0.2 seg / 60 grados
- Velocidad de Operación (6V): 0.16 seg / 60 grados
- Tamaño:40,6 x 19,8 x 42,9 mm
- Peso: 55g
- Corriente que consume 500mA-900mA
- Plug: JR, FUTABA general
- Angulo de Rotación: 180° máximo
- Material engranajes: Metal
- Pulso ciclo: 20mS
- Ancho del pulso: entre 600uS y 2400uS
- Rango de Temperatura: -30 a +60 °C

Para conocer la potencia mecánica con la que puede trabajar el motor primero se debe conocer la velocidad angular la cual va a ser igual a:

$$\omega = \frac{\text{angulos de grados}}{t} \times \frac{2\pi}{360}$$

Ya que este cuenta con dos torques uno que trabaja con 4.8v y el otro con 6v se obtendrá dos velocidades angulares

$$\omega_1 = \frac{60}{0.2s} \times \frac{2\pi}{360} = \frac{60 \times 2\pi}{72} = 1.66 \text{ rad/s}$$

$$\omega_2 = \frac{60}{0.16s} \times \frac{2\pi}{360} = \frac{60 \times 2\pi}{57.6} = 2.08 \text{ rad/s}$$

Luego se hará la conversión de torque de kg/cm a Nm la cual será igual a:

M= masa x la aceleración de gravedad

$$M_1 = 9.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} \times 9.8\text{m/s}^2 = 0.92 \text{ kgm.m/s}^2$$

$$M_2 = 11 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} \times 9.8\text{m/s}^2 = 1.078 \text{ kgm.m/s}^2$$

Con estos datos podemos sacar la Potencia mecánica la cual va a ser igual a:

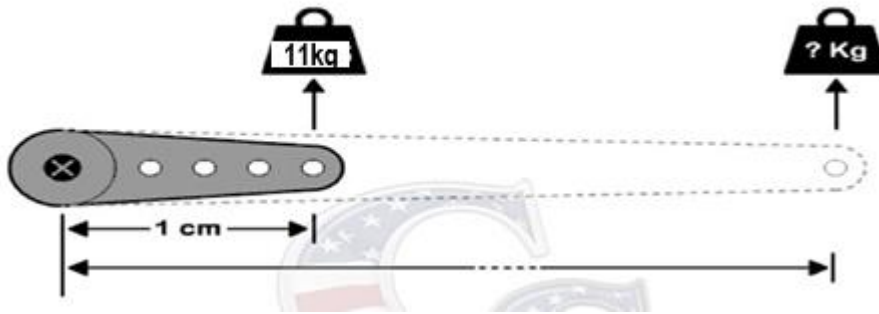
W=M x W

$$\omega_1 = 0.92\text{Nm} \times 1.66 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 1.52 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} \text{ m}$$

$$\omega = 1.52\text{watts}$$

$$\omega_2 = 1.078\text{Nm} \times 2.08 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 2.24 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} \text{ m}$$

$$\omega = 2.24\text{watts}$$



El servomotor es capaz de mover 11kg conectado a 1cm de distancia de su eje es por esto que se utilizarán dos servomotores los cuales serán capaz de levantar 22kg.

### 7.3. Creación de un prototipo para la rehabilitación muscular en miembros superiores utilizando componentes electrónicos.

En este apartado se abarcará cómo será la construcción del dispositivo y las características tanto químicas como físicas con que será elaborado el dispositivo.

#### 7.3.1. Proceso de diseño de Ortesis

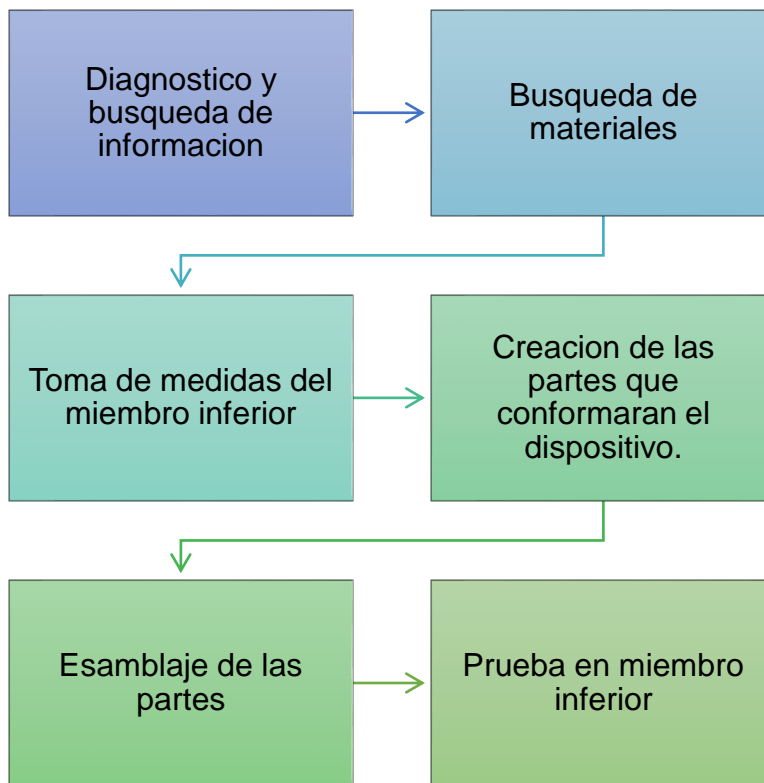
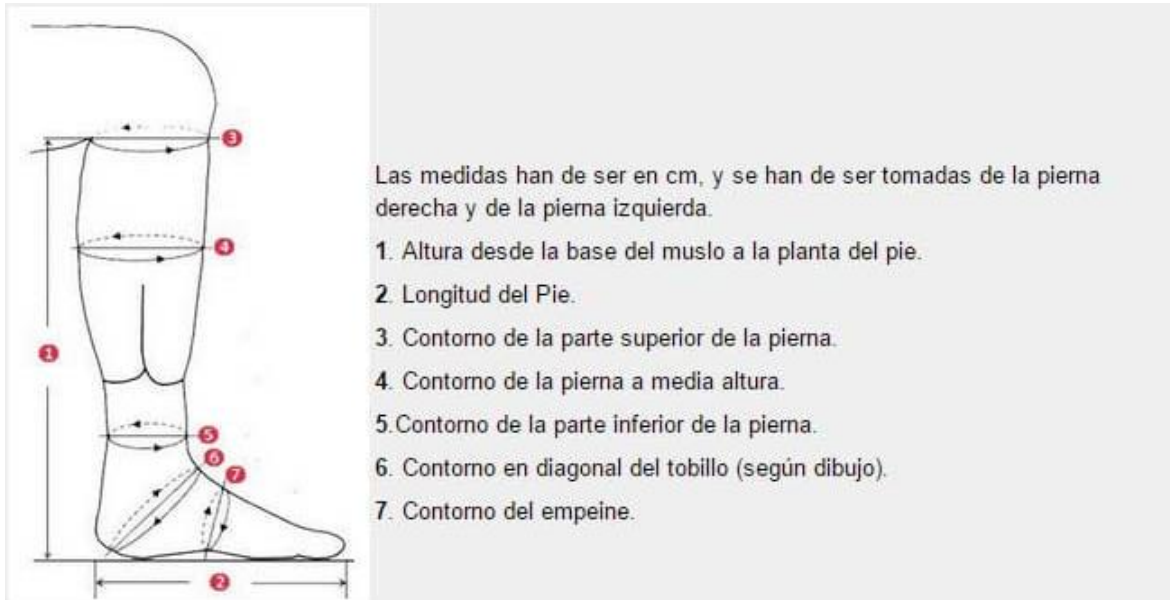


Figura 29 Proceso de diseño de Ortesis

### 7.3.2. Antropometría tomada para la elaboración de la ortesis.



**Figura 30 Antropometría del miembro inferior.**

Las medidas se tomaron en cm, las cuales se tomaron en una medida estandar de una persona de 1.70 m

1. 48 cm
2. 23 cm
3. 40 cm
4. 39 cm
5. 25 cm
6. 34 cm
7. 27 cm

### 7.3.3. Material del prototipo.

Para la construcción del prototipo se hará uso de un material como lo es el aluminio, ya que cubre las necesidades de resistencia que se necesitan, así como de fuerza al impacto, además de ser un material muy fácil de trabajar.

#### **Características químicas:**

- Resistencia a la fatiga.
- Dureza y rigidez
- Resistencia al impacto.
- Facilidad de procesado.

- Brillo.
- Resistencia a la fusión

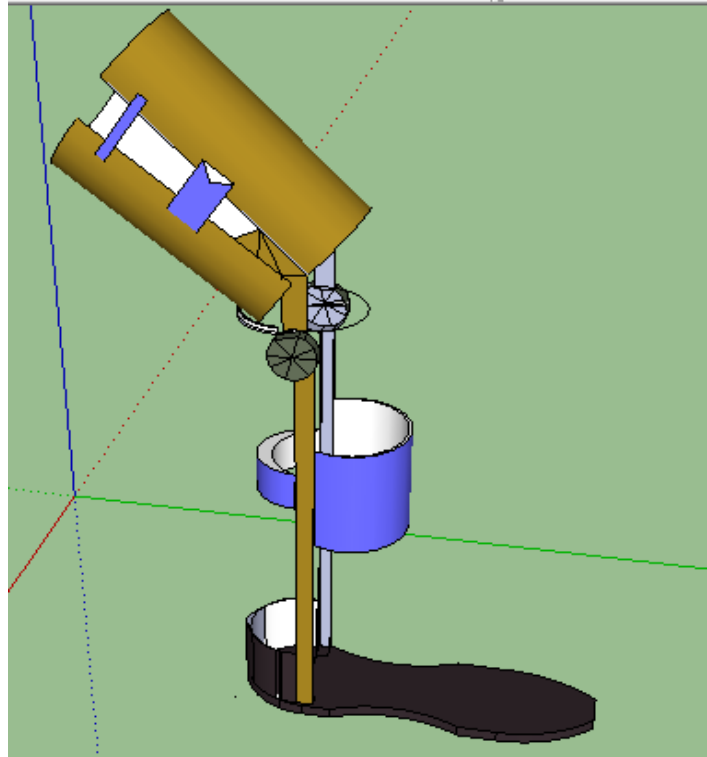
**Características Físicas:**

- Fuerza al impacto
- Temperatura de uso máximo (80-95 °C)

**7.3.4. Creación del prototipo.**

Para la realización y estructura del dispositivo se estará haciendo uso de un software de diseño como lo es en este caso SolidWork, lo cual nos permitirá tener una idea más clara de cómo se debe visualizar el dispositivo en la vida real.

En la siguiente figura se puede observar el diseño 3D del dispositivo.



*Figura 31 Diseño 3D del dispositivo*

En la siguiente figura se observa las partes del diseño por separado lo cual nos da una idea más clara de cómo estará estructurado el dispositivo de rehabilitación muscular en miembros inferiores.



### 7.3.4.1. Partes de la Ortesis

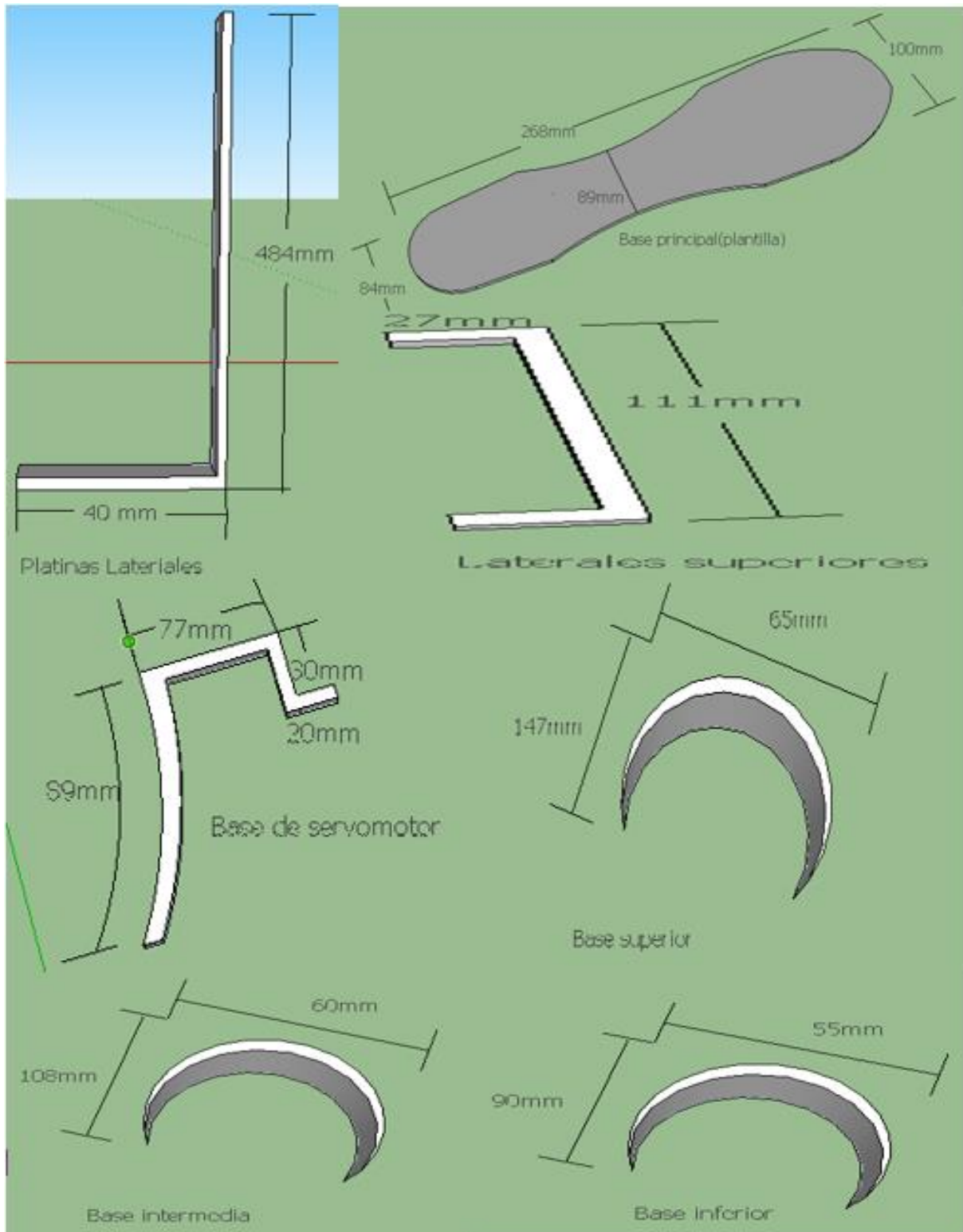


Figura 32 Partes de la Ortesis

### 7.3.5. Presupuesto.

En esta sección se hará un análisis de los costos parciales y totales de los vendría valiendo en dispositivo, se tomará en cuenta tanto el costo en el diseño, materiales, y de control para su adecuada implementación.

El material electrónico que se utilizara es fabricado por diferentes firmas comerciales por lo que su precio y disponibilidad puede variar en dependencia del distribuidor o del lugar del envío en caso de hacer las compras vía internet. En la siguiente tabla se muestra el costo de los principales componentes que se utilizaran para la elaboración del dispositivo.

<b>Presupuesto de materiales electrónicos</b>		
<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo \$</b>
PIC 16F877A	1	10.60
Servomotor MG 996R	2	32
Tarjeta Programadora	1	9
Pantalla LCD 16X2	1	8
Batería de 9V	2	6
Terminales de bloque	4	3
Capacitores Electrolíticos	2	1.20
Capacitores Cerámicos	2	1
Resistencias	5	0.50
Potenciómetro 5k	1	1
Switch	4	2.50
<b>Presupuesto del materiales de dispositivo</b>		
Velcro		10.6
Aluminio, Pernos		8
<b>Presupuesto de elaboración del Dispositivo</b>		
Encapsulado del circuito		5
Mano de Obra		30
	<b>Total</b>	<b>130</b>

Tabla 5 Costo de materiales y armado del dispositivo.

#### **7.3.5.1. Mano de obra.**

Para la realización del proyecto se ha necesitado dos etapas de desarrollo las cuales cada una tiene un costo diferente, la primera etapa consiste en la búsqueda de la información, análisis de la información y diseño del prototipo.

Precio del trabajo de investigación y diseño: 30\$

El precio total calculado de la elaboración del dispositivo es de \$130, este presupuesto es para la realización de un prototipo de Ortésis de rehabilitación en miembros inferiores. Y el precio de comercialización del dispositivo sería de 150\$. Aunque como se había mencionado anteriormente su segunda etapa se encuentra en proceso por lo que en la realización puede haber variantes en el uso de algunos materiales lo que necesitaría un estudio de mercado y un nuevo presupuesto que se adapte a esas nuevas condiciones.

## **VIII. Conclusión**

En el presente trabajo, se presentó una investigación acerca del miembro inferior y de los principales conceptos para la creación y desarrollo de prótesis, ortésis y exoesqueletos que le permiten tener una mejor calidad de vida a pacientes con lesiones en miembros inferiores. Se realizó un estudio en la clínica universitaria de la UNAN-Managua donde se realizarán las pruebas (terapias) lo que nos permitió obtener una idea clara acerca del sector necesitado que necesitan tratar las lesiones en sus miembros inferiores.

Gracias a esta investigación se pudieron determinar muchos parámetros tanto en el aspecto médico como electrónico para la creación del diseño electrónico y los parámetros de funcionalidad del dispositivo. Se diseñó un mecanismo capaz de ser adaptable al miembro inferior desde un punto de vista electrónico y mecánico.

Los análisis propuestos en esta investigación nos permitieron identificar nuevas áreas dentro del campo de la electrónica, tales como la mecánica, el dibujo asistido por computado, bioRóbotica, etc.

## **IX. Recomendaciones**

En el proceso del diagnóstico de la necesidad del dispositivo de rehabilitación en la clínica universitaria de la UNAN-Managua se recolecto información haciendo uso de entrevista, de igual manera se realizó una encuesta a pacientes de la clínica, pero debido a que los resultados del dispositivo son a un plazo de semanas no se pudieron obtener resultados claros de recuperación de los pacientes por lo que se recomienda realizar una nueva encuesta para observar los resultados del dispositivo.

De igual manera en el proceso de del diseño electrónico del prototipo se tomó como función del dispositivo lo que es la flexión y extensión, pero para futuras mejoras se pueden anexar nuevas funciones como los pueden ser las vibraciones o electro estimulaciones que permitirán una mejor rehabilitación al paciente y de igual manera se puede hacer uso de sensores, estos para crear una interfaz gráfica, que le permitan al fisioterapeuta ver de una manera más dinámica los avances que ha tenido el paciente.

En la creación del dispositivo se tomó como material base el aluminio gracias a su facilidad de procesado, pero de igual forma se puede hacer uso de diferentes materiales que cuenten con características físicas aptas para la elaboración de tal dispositivo un ejemplo puede ser el ASB (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), el cual es un termoplástico duro, resistente al calor y los impactos.

## X. Bibliografía

(<http://www.unan.edu.ni/index.php/presentacion/>). (s.f.).

ASINFUNCIONA. (s.f.). Obtenido de [http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af\\_motor\\_cd/img\\_motor\\_cd/img19\\_mot\\_cd\\_250px.jpg](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_motor_cd/img_motor_cd/img19_mot_cd_250px.jpg)

Carlos Arturo Orozco, F. A. (2015). *Control de motores de corriente continua a traves del puerto USB, usando una interfaz web.*

Fernando E. Valdéz pérez, R. P. (2007). *Microcontroladores, Fundamentos y Aplicaciones.*

GARCIA, E. (2008). *COMPILADOR C CCS Y SIMULADOR PROTEUS PARA MICROCONTROLADORES PIC.* MEXICO: ALFAOMEGA.

GLOBU.NET. (s.f.). Obtenido de [http://www.globu.net/ES/circuito\\_puente.JPG](http://www.globu.net/ES/circuito_puente.JPG)

GUADALBOT. (s.f.). *CONTROL DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA-PUENTE EN H.*

<http://www.unan.edu.ni/index.php/organos-de-gobierno/>. (s.f.).

[https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad\\_Nacional\\_Aut%C3%B3noma\\_de\\_Nicaragua](https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad_Nacional_Aut%C3%B3noma_de_Nicaragua). (s.f.).

MIKROE. (s.f.). Obtenido de <http://www.mikroe.com/img/publication/spa/pic-books/programming-in-c/chapter/01/fig0-1.gif>

Nicaragua, U. N. (s.f.). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad\\_Nacional\\_Aut%C3%B3noma\\_de\\_Nicaragua](https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad_Nacional_Aut%C3%B3noma_de_Nicaragua)

UNAN. (s.f.). Obtenido de <http://www.unan.edu.ni/index.php/organos-de-gobierno/>, s.f.

UNAN. (s.f.). Obtenido de <http://www.unan.edu.ni/index.php/organos-de-gobierno/>, s.f.

WIKIPEDIA. (s.f.). Obtenido de [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/02/Principio\\_motor\\_c.c.jpg/245px-Principio\\_motor\\_c.c.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/02/Principio_motor_c.c.jpg/245px-Principio_motor_c.c.jpg)

## **XI. Anexos**

### **1. Proceso de elaboración de dispositivo de rehabilitación.**

#### **Entrevista**

**“Clínica Universitaria UNAN-Magua”.**

**Nombre:**

**Cargo:**

**Desarrollo de la entrevista.**

#### **Preguntas:**

- 1. ¿Qué tipo de terapias para miembros inferiores existe actualmente en la Clínica?**
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 2. ¿Qué herramientas utilizan para dar terapias en miembros inferiores?**
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 3. ¿Existen equipos que permitan dar terapias de forma autónoma en la Clínica Universitaria?**

- 4. ¿Aproximadamente cuantos pacientes hay en la clínica que sufren de alguna deficiencia en los miembros superiores?**
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 5. ¿Un equipo que permita dar terapias de manera autónoma que ventajas podría permitir?**
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 6. ¿Qué tipos de patologías podemos abarcar con este dispositivo?**
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 7. ¿Cuáles son las más frecuentes en el área de rehabilitación?**
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 8. ¿Quiénes son los más afectados con estas patologías?**



**9. ¿Entre que edades se encuentran estos pacientes?**

**10. ¿Cuándo tiempo dilata una persona en rehabilitarse dependiendo de su patología?**

**11. ¿Qué tipo de métodos o técnicas se utilizan en la rehabilitación?**

**12. ¿En qué momento del proceso de rehabilitación se incluir el uso del dispositivo?**

**13. ¿Cuáles son las contraindicaciones que se podría encontrar al aplicar este dispositivo?**

## Encuesta

**Nombre:**

**Edad:**

**¿Cuál es su género?**

Femenino

Masculino

**¿Qué deporte practicas?**

Futbol

Baloncesto

Vóleibol

Otros

**¿Cuántas veces sueles lesionarte por temporada?**

Ninguna

Entre 1 y 3

Entre 4 y 6

Más de 7

**Lesiones producidas como consecuencia del atletismo.**

Ninguna

Una

Dos o tres

Cuatro o más

**¿Qué miembros es que más se lesiona?**

Piernas

Rodillas

Tobillo

Otro

**¿Considera que los métodos de rehabilitación brindado en la clínica son 100% efectivos?**

Si

No

Talvez

**¿Cree usted que es útil el desarrollo de un dispositivo para rehabilitación en miembros inferiores?**

Si

No

Talvez

**¿Cuántos días a la semana recibe terapia?**

1 vez a la semana

2 veces a la semana

3 veces a la semana

4 veces a la semana

5 veces a la semana


**¿Considera que la clínica cuenta con los dispositivos necesarios para realizar terapias?**

si

no

## Anexo B

### Carta de solicitud de permiso para la elaboración de la investigación en la clínica universitaria UNAN-Managua

  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA

2018: "AÑO DE LA INTERNACIONALIZACIÓN DE LA UNIVERSIDAD"  
Managua, 29 de octubre 2018  
DT/375291018P

**MSc. Wilber Altamirano**  
Director  
Departamento de Departes  
UNAN-Managua  
Sus manos.-

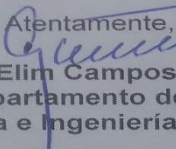
Reciba un cordial saludo Maestro Altamirano:


El motivo de la presente, es para solicitarle sus amable servicios y gestione autorización de ser posible, para que los **Br. Yeser Espinoza Hernández No. Carné estudiantil 14041096** y **Br. Félix Carranza Valle Carné estudiantil 14040227**, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica V año del turno matutino, puedan ingresar a la Dirección que usted representa y les proporcionen información referente al quehacer diario de la Clínica Universitaria UNAN-Managua.

No omito manifestarle que los estudiantes antes detallados actualmente están en el proceso de culminar informe de la asignatura de Investigación Aplicada, que lleva como título: "Dispositivos de Rehabilitación Muscular en Miembros Inferiores para Pacientes de la Clínica Universitaria UNAN-Managua". Es por ello que requieren de su apoyo, y se les brinden información sobre el tema a concluir.

Cabe mencionarle que parte de nuestra función dentro del quehacer educativo diario, tiene inmersa las acciones necesarias formativas a los estudiantes en el ámbito de la formación profesional y académica que conlleva a vincular con la práctica los conocimientos teóricos adquiridos.

Agradeciéndole de antemano su atención y apoyo, y que puedan brindar a los estudiantes la oportunidad de desarrollarse profesionalmente, me despido.

Atentamente,  
  
**MSc. Elin Campos Pérez**  
Director Departamento de Tecnología  
Facultad Ciencia e Ingeniería UNAN-Managua



Cc. Dra. Lorena Garay.- Responsable de la Clínica Universitaria UNAN-Managua  
Cc. Lic. Frances Fletes.- Coordinador de Fisioterapia  
Cc. Archivo  
EECP/edvm

*¡A la libertad, por la Universidad!*

Rotonda Universitaria Rigoberto López Pérez, 150 metros al Este. | Recinto Universitario "Rubén Darío"  
Cod. Postal 663 - Managua, Nicaragua | Telf.: 2278 6769 / Ext. 6008 | www.unan.edu.ni

## Anexo C

Programación de sistema del dispositivo de rehabilitación.

```
#include <16F877A.h>
#use delay(clock=4000000)
#fuses XT,NOWDT,PUT
#byte puerto_a=0x05
#byte puerto_b=0x06
#use standard_io(a)

# define lcd_rs_pin    pin_d1 // esto es en caso que yo quiero especificar los
# define lcd_rw_pin    pin_d2
# define lcd_enable_pin pin_d3
# define lcd_data4     pin_d4
# define lcd_data5     pin_d5
# define lcd_data6     pin_d6
# define lcd_data7     pin_d7
#include <lcd.c>

//variable de tipo global que hara el parpadeo personalizado
int conteo=0,i=0,conteo2=0;

void ciclo1(){
    output_high(PIN_B0);
    output_high(PIN_B1);
    delay_us(1223);    // 40 grados aprox.
    output_low(PIN_B0);
    output_low(PIN_B1);
    delay_us(18777);
}

void ciclo2(){
    output_high(PIN_B0);
    output_high(PIN_B1);
    delay_us(600);    // 0 grados
    output_low(PIN_B0);
    output_low(PIN_B1);
    delay_us(19400);
}

void servo1(){
    output_high(PIN_B0);
    output_high(PIN_B1);
    delay_us(1334);    // 60 grados
    output_low(PIN_B0);
    output_low(PIN_B1);
```

```

        delay_us(18666);
    }

void servo2(){
    output_high(PIN_B0);
    output_high(PIN_B1);
    delay_us(600);    // 0 grados
    output_low(PIN_B0);
    output_low(PIN_B1);
    delay_us(19400);
}

void alto(){
    output_high(PIN_B0);
    output_high(PIN_B1);
    delay_us(1500);    // 90 grados
    output_low(PIN_B0);
    output_low(PIN_B1);
    delay_us(17500);
}
}

void bajo(){
    output_high(PIN_B0);
    output_high(PIN_B1);
    delay_us(600);    // 0 grados
    output_low(PIN_B0);
    output_low(PIN_B1);
    delay_us(19400);
}

}

void main(void){
    set_tris_A(0x1F); // port a como entradas
    set_tris_B(0x00); // por b como salidas
    output_a(0x00); // borra port a

    set_tris_d(0); // esto es si en caso que yo quiero poner pines D como salida
    lcd_init();

    lcd_gotoxy (1,1); //ubicamos la palabra en la segunda fila y la primera
columna
    printf(lcd_putc, " BIENVENIDOS ");
    delay_ms(5000); // le damos un retardo de 500 ms
    lcd_putc("\f"); // borramos la palabra para entrar a otra instruccion
    lcd_gotoxy (1,1); //ubicamos la palabra en la primera fila y la primera
columna
    printf(lcd_putc, " INICIANDO.. ");

```

```

        lcd_gotoxy (1,2); //ubicamos la palabra en la segunda fila y la primera
columna
        printf(lcd_putc, "  SESION ");
        delay_ms(2000); // le damos un retardo de 500 ms
        lcd_putc("\f"); // borramos la palabra para entrar a otra instruccion

```

```

While(1){

```

```

    if(input(PIN_A0)==1){
        lcd_gotoxy (1,1); //ubicamos la palabra en la primera fila y la primera columna
        printf(lcd_putc, "  TERAPIA 1 ");
        delay_ms(500); // le damos un retardo de 500 ms
        lcd_putc("\f"); // borramos la palabra para entrar a otra instruccion
        for(conteo=1;conteo<=10;conteo++)
        {
            ciclo1();
        }
        delay_ms(500);
        for(conteo=1;conteo<=10;conteo++)
        {
            ciclo2();
        }
    }

```

```

    if(input(PIN_A1)==1){
        lcd_gotoxy (1,1); //ubicamos la palabra en la primera fila y la primera columna
        printf(lcd_putc, "  TERAPIA 2 ");
        delay_ms(500); // le damos un retardo de 500 ms
        lcd_putc("\f"); // borramos la palabra para entrar a otra instruccion
        for(i=1;i<=20;i++)
        {
            servo1();
        }
        delay_ms(500);
        for(i=1;i<=20;i++)
        {
            servo2();
        }
    }

```

```

    if(input(PIN_A2)==1){
        lcd_gotoxy (1,1); //ubicamos la palabra en la primera fila y la primera columna
        printf(lcd_putc, "  TERAPIA 3 ");
        delay_ms(500); // le damos un retardo de 500 ms
        lcd_putc("\f"); // borramos la palabra para entrar a otra instruccion
    }

```

```

for(conteo2=1;conteo2<=20;conteo2++)
{
alto();
}
delay_ms(500);
for(conteo2=1;conteo2<=20;conteo2++)
{
bajo();
}
}
else{
output_low(PIN_B0);
output_low(PIN_B1);
}
}
}

```

## Anexo D

Proceso de elaboración del dispositivo de rehabilitación

