

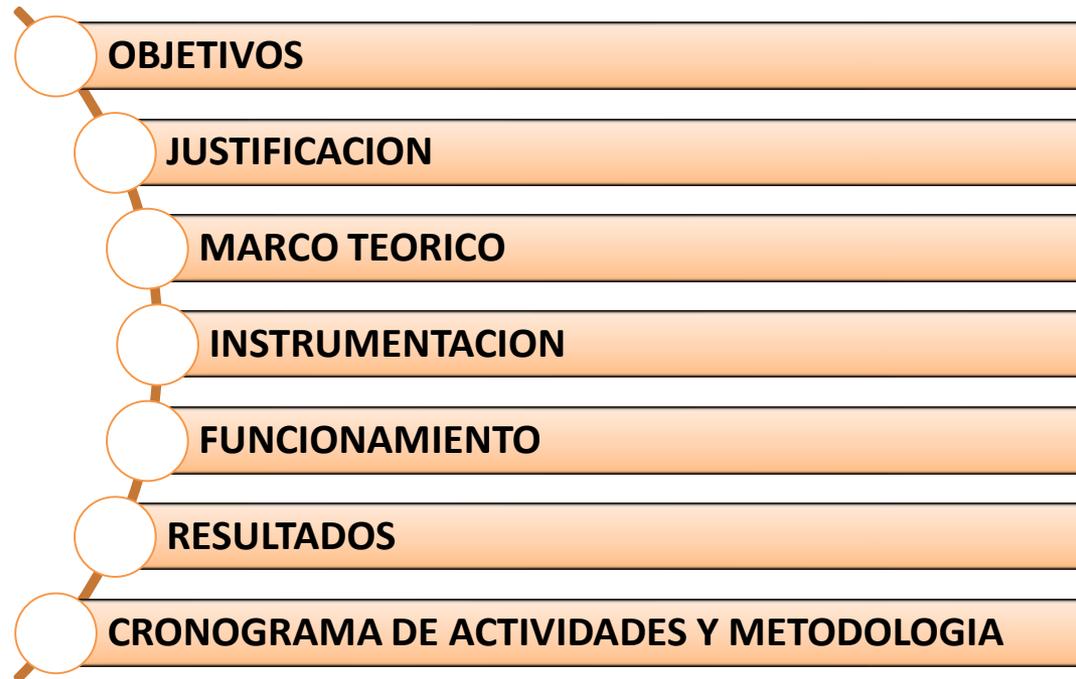


**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EXOESQUELETO
MAESTRO DE BRAZO PARA CONTROLAR UN
MANIPULADOR VIRTUAL TIPO ANTROPOMORFICO
DE 5 GRADOS DE LIBERTAD.**

**JAVIER SILVA
U0048676**



CONTENIDO



OBJETIVOS



OBJETIVO GENERAL

- ✿ Diseñar y construir un exoesqueleto maestro de brazo para controlar un manipulador virtual tipo antropomórfico de 5 grados de libertad.

OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECIFICOS



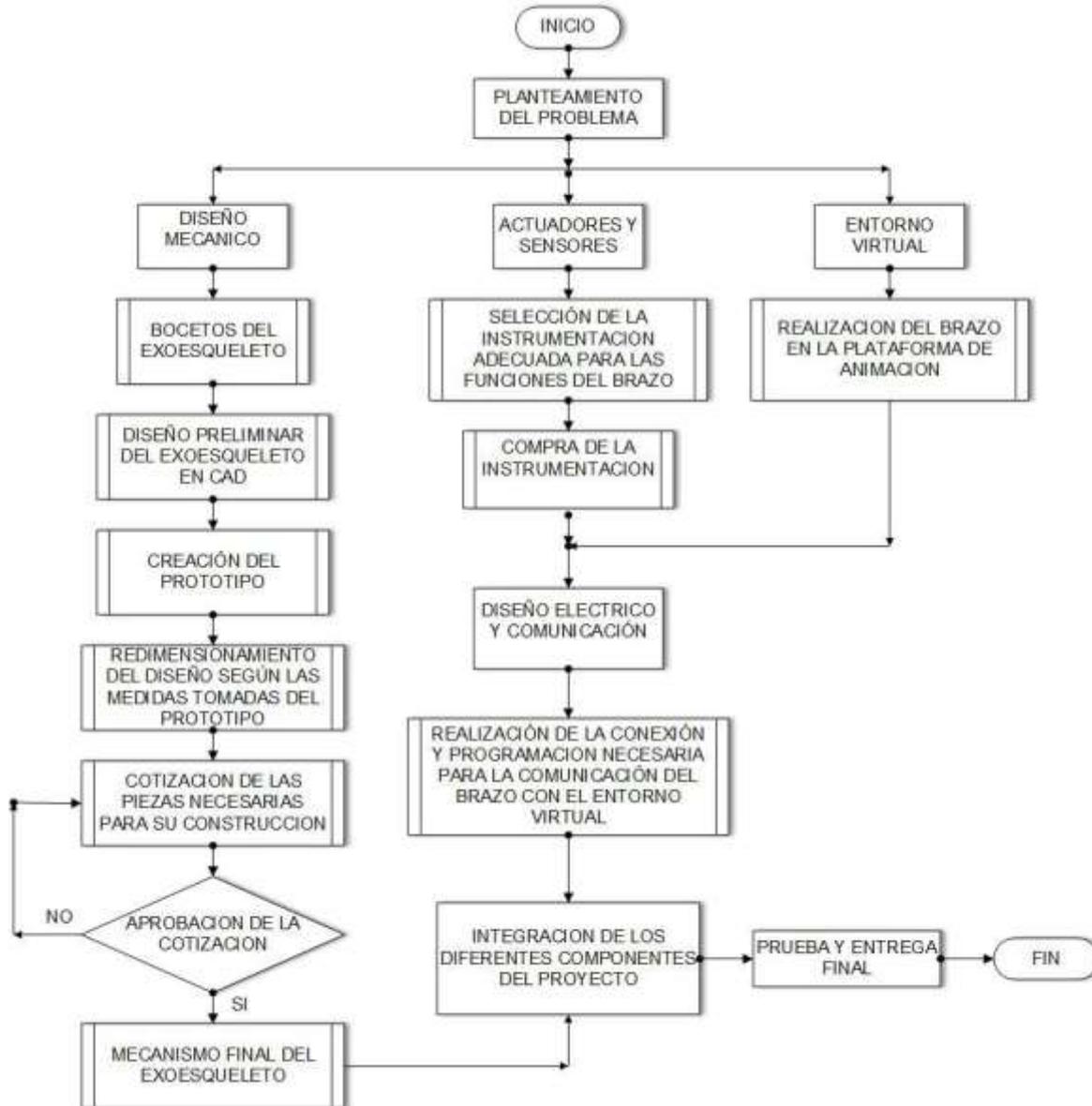
- ☞ Seleccionar la instrumentación que se utilizara en el prototipo del exoesqueleto maestro de brazo.
- ☞ Desarrollar los diseños del exoesqueleto maestro por medio de la herramienta CAD solid-works.
- ☞ Realizar la simulación del prototipo para el análisis de materiales a utilizar.
- ☞ Realizar la interfaz gráfica del manipulador virtual tipo antropomórfico de 5 grados de libertad.
- ☞ Realizar la cinemática directa del exoesqueleto maestro de brazo de 5 grados de libertad.
- ☞ Realizar la construcción y pruebas del prototipo.

JUSTIFICACION

Este proyecto está dirigido hacia el área de la biomedicina ofreciendo una solución viable para las personas con discapacidad física sobre sus miembros superiores para mejorar su calidad de vida y ofrecer nueva oportunidad dentro de la sociedad, basado en el diseño y la construcción de un exoesqueleto maestro de brazo, se ofrece un diseño adaptable a la anatomía de un brazo humano que se encargara de controlar un manipulador virtual tipo antropomórfico de 6 grados de libertad.



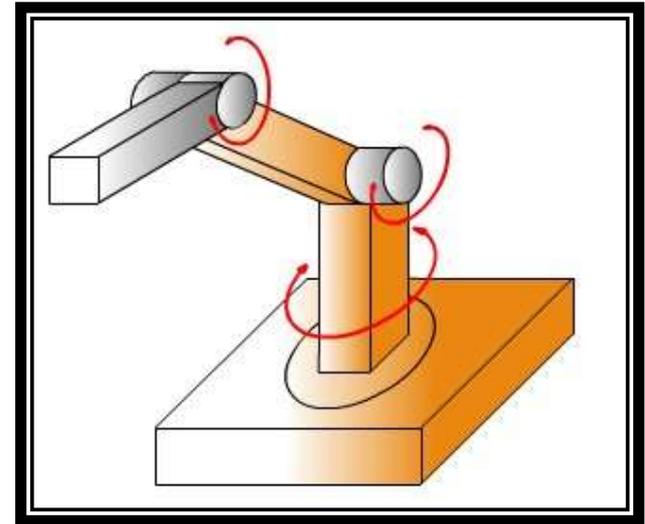
METODOLOGIA



¿QUE ES UN MANIPULADOR?

Un manipulador mecánico consiste en una secuencia de cuerpos rígidos llamados elementos, conectados mediante articulaciones prismáticas o de revolución. Donde cada par articulación-elemento constituye un grado de libertad.

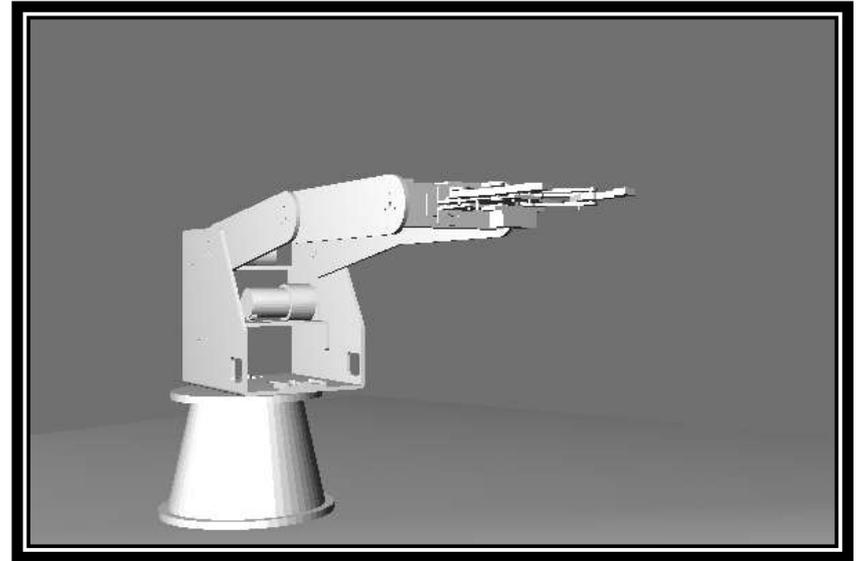
En la robótica, un manipulador es un dispositivo que se utiliza bajo control humano para manipular los materiales sin contacto directo.



MANIPULADOR VIRTUAL

El manipulador que será controlado por el exoesqueleto será de tipo antropomórfico. Ya que simula los movimientos del brazo humano.

Este tipo de robots poseen gran accesibilidad y maniobrabilidad, es rápido y ocupa poco espacio en relación al campo de trabajo que abarca. Debido a sus características es el modelo más versátil en aplicaciones y se ha impuesto a los demás tipos de robots.



¿QUE ES UN EXOESQUELETO?

Es una máquina móvil consistente principalmente en un armazón externo que lleva puesto una persona, y un sistema de potencia de motores o hidráulicos que proporciona al menos parte de la energía para el movimiento de los miembros. Ayuda a moverse a su portador y a realizar cierto tipo de actividades, como lo es el cargar peso.

De esta manera, podemos definir un exoesqueleto robótico como un mecanismo estructural externo cuyos segmentos y articulaciones se corresponden con las del cuerpo humano (estructura antropomórfica). Se adapta o acopla a una persona de modo que el contacto físico entre el operador y el exoesqueleto permite una transmisión directa de potencia mecánica y señales de información.



CLASIFICACION DE LOS EXOESQUELETOS DE BRAZO

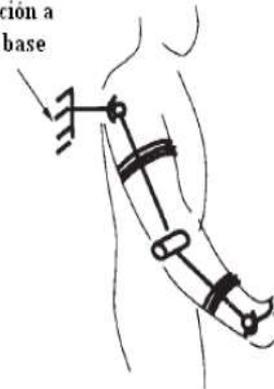
EXOESQUELETO NO PORTÁTIL

- Son estructuras ancladas a una base fija.
- Sus estructuras son más pesadas y complejas.
- tienen la capacidad de producir fuerzas de salida mayores.
- La seguridad en el diseño juega un papel muy importante.

EXOESQUELETO PORTÁTIL

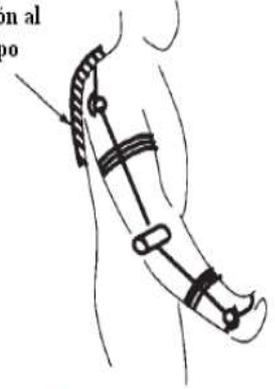
- El soporte sobre el que se apoya todo el peso del exoesqueleto es el propio usuario o un dispositivo móvil.
- Ejercen fuerzas de reacción sobre el usuario en los puntos de sujeción
- Sus estructuras deben ser de bajo peso y volumen.

Sujeción a una base



A. EXOESQUELETO NO PORTATIL

Sujeción al cuerpo



B. EXOESQUELETO PORTATIL

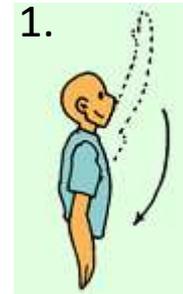
MOVIMIENTOS REALIZADOS POR EL BRAZO HUMANO

Movimientos articulares
para los hombros

1. Flexión
2. Abducción o alejamiento
3. Rotación interna
4. Extensión
5. Aducción o acercamiento
6. Rotación externa.

Movimientos del hombro
realizados por el
exoesqueleto diseñado.

1. Flexión
2. Abducción o alejamiento
3. Extensión
4. Aducción o acercamiento



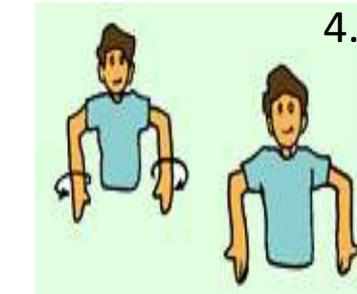
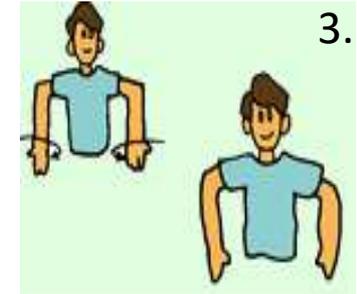
MOVIMIENTOS REALIZADOS POR EL BRAZO HUMANO

Movimientos articulares para los codos

1. Flexión
2. Extensión
3. Rotación interna
4. Rotación externa.

Movimientos del codo realizados por el exoesqueleto diseñado.

1. Flexión
2. Extensión
3. Rotación interna
4. Rotación externa.



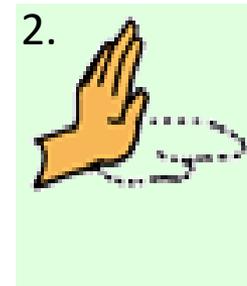
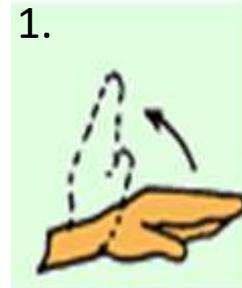
MOVIMIENTOS REALIZADOS POR EL BRAZO HUMANO

Movimientos
articulares para las
muñecas

1. Dorsiflexión o flexión dorsal
2. Palmiflexión o flexión palmar
3. Abducción o alejamiento
4. Aducción o acercamiento

Movimientos de la
muñeca realizados por
el exoesqueleto
diseñado.

1. Dorsiflexión o flexión dorsal
2. Palmiflexión o flexión palmar



¿QUE ES HAPTICA?

El termino háptico es el adjetivo usado para describir algo relacionado con el sentido del tacto, la tecnología háptica se refiere al conjunto de interfaces tecnológicos que interaccionan con el ser humano por medio del sentido del tacto, estos mecanismos son operadores que controlan herramientas de forma remota o realizando actividades en entornos virtuales.



EJEMPLO ROBOT HAPTICO



INSTRUMENTACION

Para la selección de los diferentes dispositivos para captar y realizar los movimientos, se le dio una calificación entre cero y cinco, tomando un cero como un valor mínimo y cinco al máximo valor de aplicación al proyecto.

Para el caso de los servomotores se tomaron piñonería, ángulo de operación, torque, retroalimentación y el precio como características principales para su selección y el porcentaje se dividió según las necesidades tomando un mayor valor el precio debido a que en este caso las características mecánicas no van a influir en mayor medida debido a que se va a tomar como receptor del movimiento; el CDS5516 fue el seleccionado ya que se adapta mejor a los requerimientos y presupuesto dispuesto para la construcción total del brazo.

SERVO-MOTORES						
NOMBRE	PIÑONERIA (15%)	ANGULO DE OPERACIÓN (15%)	TORQUE (15%)	RETROALIMEN- TACION (15%)	PRECIO (40%)	TOTAL
CDS5516 DINAMIXEL	4.0	4.0	4.6	4.0	4.5	4.3
HERKULEX DRS-0101	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
CDS55 SERVO	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.8
HERKULEX DRS-0601	4.5	4.5	2.0	4.5	1.0	2.7

SERVOMOTOR CDS5516

Robot Servo CDS5516 son mucho más que servos digitales, son sistemas robóticos sofisticados, ya que cada servo tiene la capacidad de controlar su velocidad, posición, entre otras, El algoritmo de control de posición de cada servo puede ajustarse individualmente, permitiendo control retroalimentado de variables como la velocidad y la Carga. Cada servomotor tiene un microcontrolador que entiende 50 comandos, la mayoría de los cuales fijan o leen parámetros que definen su comportamiento, el típico servo de radio-control solo puede configurar el ángulo de giro entre 0-180° por medio de una señal de PWM, mientras los Robot servo permiten utilizarlos como un actuador profesional con sensores de retroalimentación.



Piñonería: Engranajes metálicos

Voltaje nominal: 6-16V

Velocidad: 0.18sec/60°

Torque: 16kg.cm

Ángulo de operación: 300°

Resolución: 0.32°

Peso: 55g

Tamaño: 50 x 32 x 38 mm

Retroalimentación: Posición, Temperatura (Par) y tensión de entrada

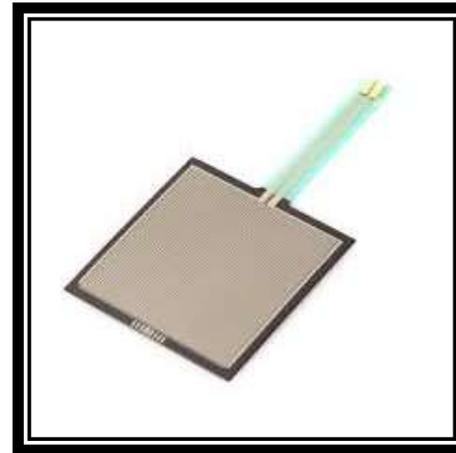
INSTRUMENTACION

Para el sensor de peso se tomaron características como la capacidad máxima, el área de contacto y el precio, para el porcentaje se tomó mayor valor para la capacidad de carga y su superficie de contacto y menor para el precio, llegando a seleccionar el sensor piezo resistivo de 10 kg de carga, ya que es un peso que se puede trabajar en el área donde va a ser ensamblado.

SENSORES DE ESFUERZO				
NOMBRE	PESO SENSADO (35%)	AREA DE CONTACTO (35%)	PRECIO (25%)	TOTAL
Sensor de fuerza piezo resistivo 50 kg	50 kg= 2.0	22 cm = 2.0	\$ 66.500= 2.0	2.0
Sensor de fuerza piezo resistivo 10 kg	10 kg= 4.0	3.8 cm = 2.5	\$ 15.600= 4.0	3,5
Sensor de fuerza piezo cuadrado 10 kg	10 kg= 4.0	3.8 cm ² = 4.5	\$ 24.000= 3.5	4,0

SENSOR DE FUERZA PIEZO CUADRADO 10 KG

Sensor de fuerza piezo resistivo , el cual se implementa en pinzas robóticas o sistemas de electromecánicos para saber si se está aplicando fuerza sobre una superficie, la señal de salida es un cambio en la resistencia medida entre los dos pines de salida, y entre más se fuerza se ejerza menor será la resistencia.



Peso sensado: 100gr-10Kg

Área de sensado : 3.8cmx3.8cm

Tipo de salida: 2 pines cambio resistivo

INSTRUMENTACION

El display LCD es el que permite visualizar el peso que se encuentra en la mano, para la selección se realizó según la necesidad requerida, para esto se eligió el alfanumérico de 4x20 azul.

DISPLAYS LCD				
NOMBRE	TAMAÑO (30%)	TIPO (20%)	PRECIO (50%)	TOTAL
LCD TFT TACTIL 2.8" SHIELD	7.25* 5.47 cm= 3.0	4.0	\$ 170.000= 1.5	2.75
LCD ALFANUMERICA 2*16 VERDE	2*16 cm= 3.5	3.5	\$ 13.000= 4.0	4.1
LCD ALFANUMERICA 4*20 AZUL	4*20 cm= 4.5	3.5	\$ 32.000= 3.5	4.25

LCD ALFANUMERICA 4*20 AZUL

LCD alfanumérica 4x20 con caracteres en color blanco y fondo azul con back Light, controlador equivalente al HD44780, con 4 u 8 líneas de datos, y 3 de control, estas lcds de bajo costo son ideales para cualquier proyecto académico o comercial en el cual se deban desplegar pocos datos, la pantalla viene con caracteres ASCII pre programados, y se tiene la posibilidad de programar otros, sus aplicaciones son diversas.



Pantalla: LCD 4x20

Backligh: azul

Tipo: Alfanumérica

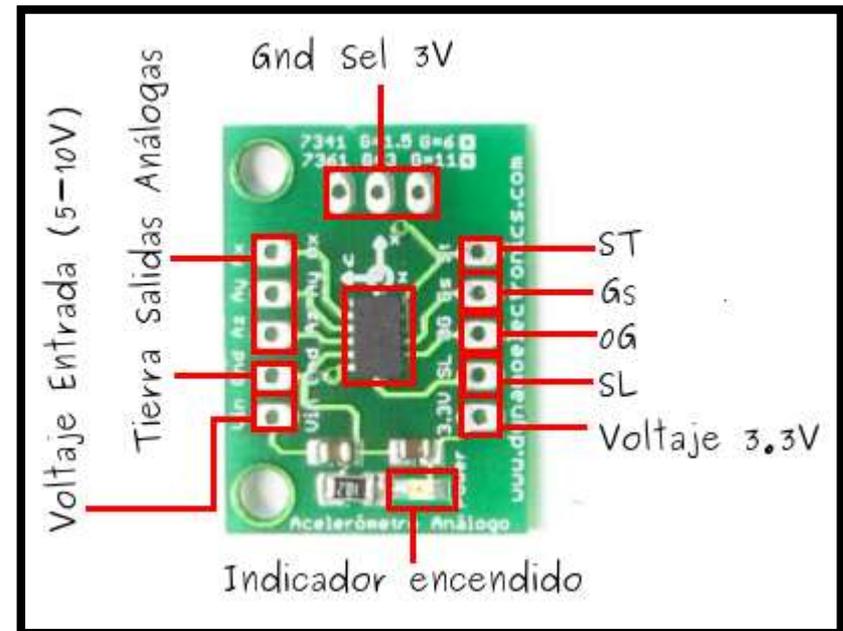
INSTRUMENTACION

Para la selección de los sensores encargados de medir el movimiento de la muñeca se analizaron diferentes opciones como potenciómetros acoplados mecánicamente y acelerómetros. Los potenciómetros por su fácil manejo se consideraron la principal opción pero su mecánica aumentaba en mayor medida el costo de la construcción y se reemplazó el mecanismo por el acelerómetro, a pesar de tener un costo más elevado que los potenciómetros, su acople es más sencillo a las aplicaciones requeridas.

POTENCIOMETROS					
NOMBRE	RESISTENCIA (20%)	FACIL ACOPLA AL MECANISMO	TAMAÑO (30%)	PRECIO (30%)	TOTAL
Acelerómetro MMA 7361	4.5	5.0	4.5	4.0	4.5
Potenciómetro lineal 10k 10 vueltas	5.0	1.0	3.5	3.5	3.3
Potenciómetro lineal 10k 1 vuelta	4.8	1.0	3.5	4.0	3.3

ACELEROMETRO MMA 7361

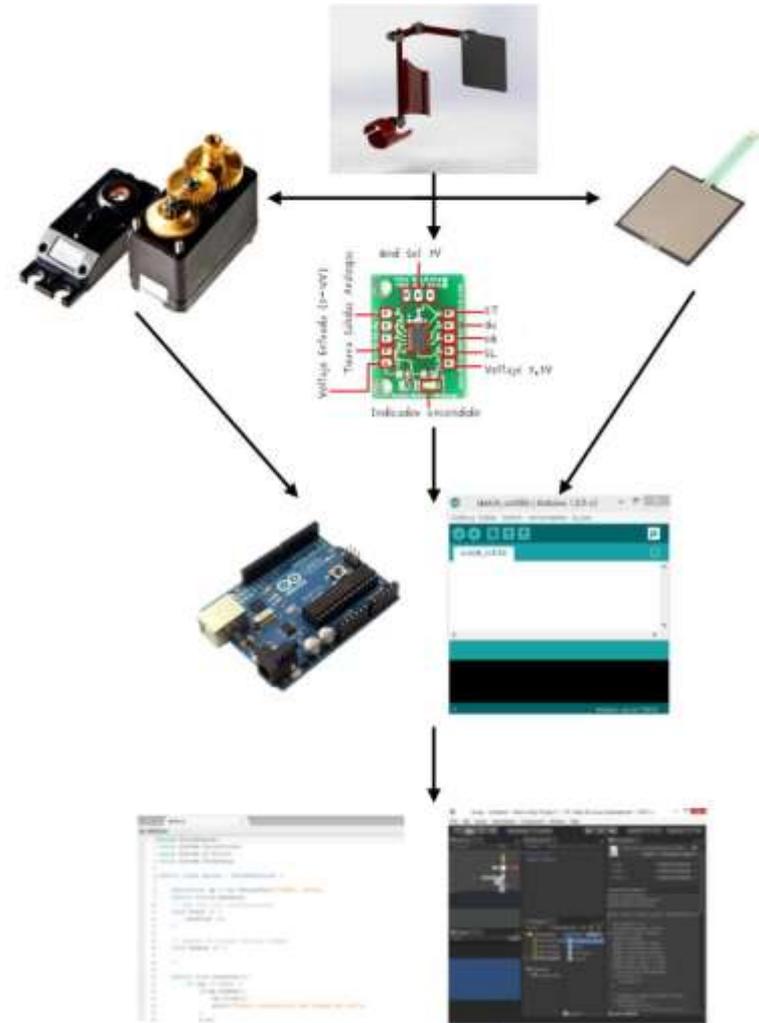
Acelerómetro de 3 ejes MMA7361, con sensibilidad ajustable a $\pm 1.5g$ o $\pm 6g$. Este acelerómetro en board, está listo para usar, integra a su vez filtro pasa bajos de un polo en cada una de sus salidas y un regulador de 3.3V, lo que hace mas fácil su integración con sistemas de 5V.



FUNCIONAMIENTO

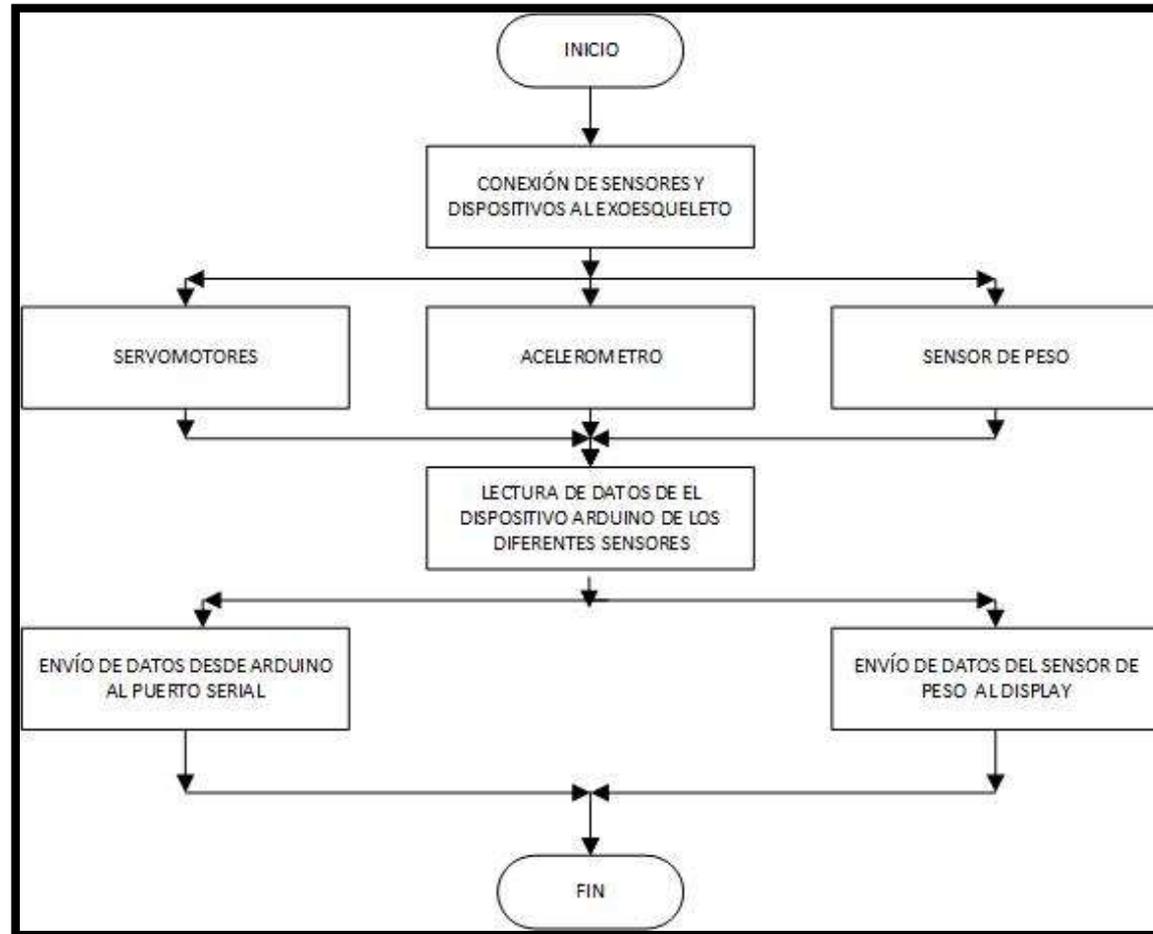
La comunicación serial consiste en el envío de bits de información de manera secuencial, esto es un bit a la vez y a un ritmo acordado entre el emisor y receptor, la comunicación serial se utiliza para la comunicación entre la placa Arduino, el ordenador u otros dispositivos, estas placas tienen al menos un puerto serie.

La comunicación del brazo se realiza entre sensores, la placa Arduino, ordenador y la interfaz de realidad virtual; al acoplarse el exoesqueleto al brazo del usuario los sensores como servomotores, acelerómetro y el sensor de fuerza piezo eléctrico perciben las diferentes variaciones presentes, estos datos son enviados a la tarjeta encargada de recibir y hacer la matemática para enviar la información y la recibe el código en C SHARP y se integran con el entorno de realidad virtual realizado en Blender en la plataforma de Unity, que realiza la parte final de la comunicación y su visualización.



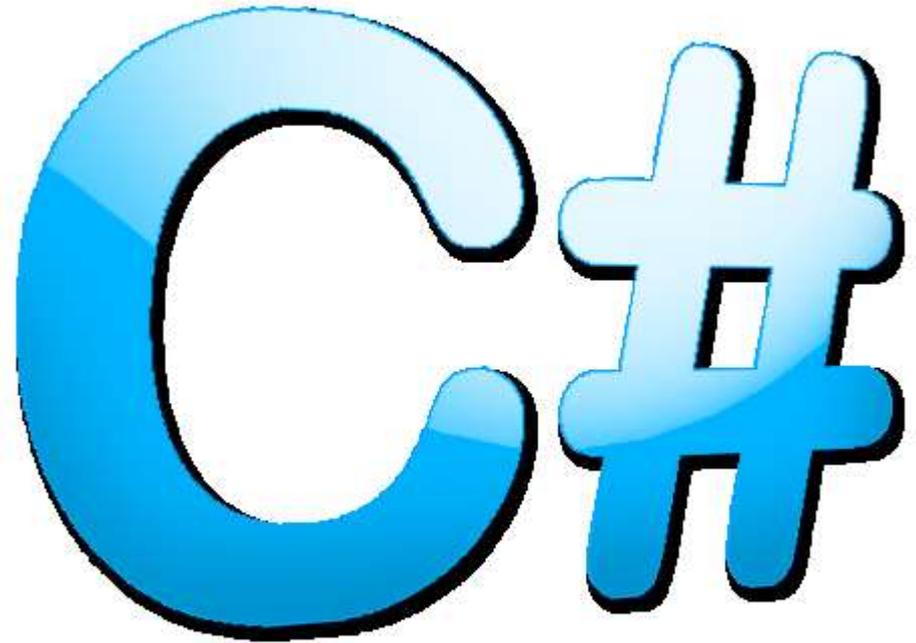
FUNCIONAMIENTO

Recepción de la señal de los sensores y envío de los datos para realizar el movimiento en el entorno virtual.



C-SHARP (Recepción de los datos de arduino)

Para su inicialización se realiza el llamado de las librerías necesarias para la lectura de los datos enviados por el puerto serial, los puertos de entrada y salida y el motor de realidad virtual, se configura el puerto por el que se están enviando los datos, se realiza el cambio del tipo de datos de string a flotante para poder realizar la modificación de los datos de los ángulos del brazo virtual.



Modelo de realidad virtual en blender

Blender es un programa informático multi plataforma, dedicado especialmente al modelado, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales. También de composición digital utilizando la técnica procesal de nodos, edición de vídeo, escultura (incluye topología dinámica) y pintura digital. En Blender, además, se puede desarrollar vídeo juegos ya que posee un motor de juegos interno.



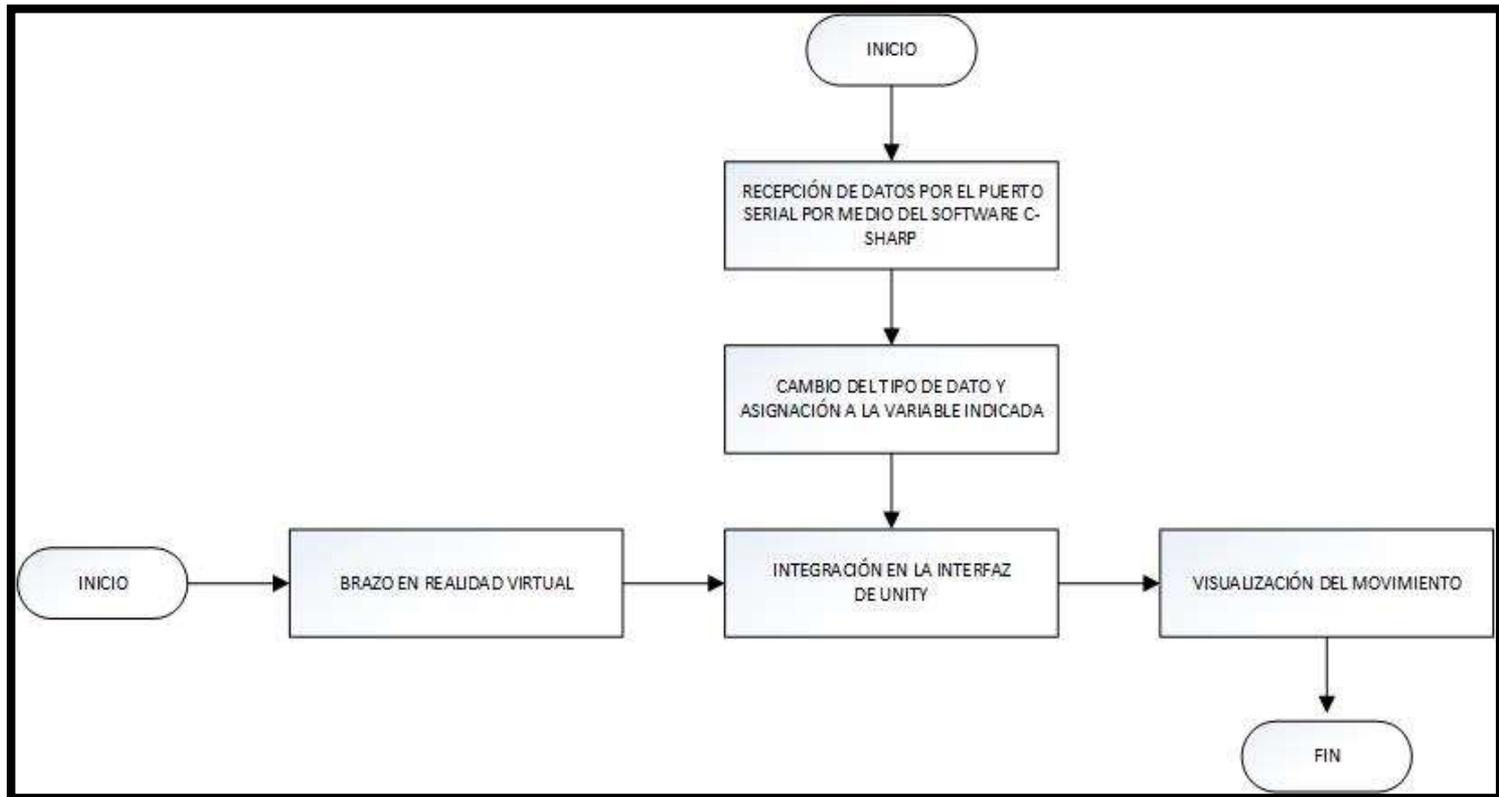
SOFTWARE UNITY

Unity es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies. Unity está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows y OS X, y permite crear juegos para Windows, OS X, Linux, Xbox 360, PlayStation 3, PlayStation Vita, Wii, Wii U, iPad, iPhone, Android y Windows Phone. Gracias al plugin web de Unity, también se pueden desarrollar videojuegos de navegador para Windows y Mac. Desde el sitio web oficial se pueden descargar dos versiones: Unity y Unity Pro.

Esta plataforma vincula el software en C SHARP Y Blender para realizar la visualización y modificaciones de movimiento y ángulos realizada por el brazo háptico en el entorno virtual.

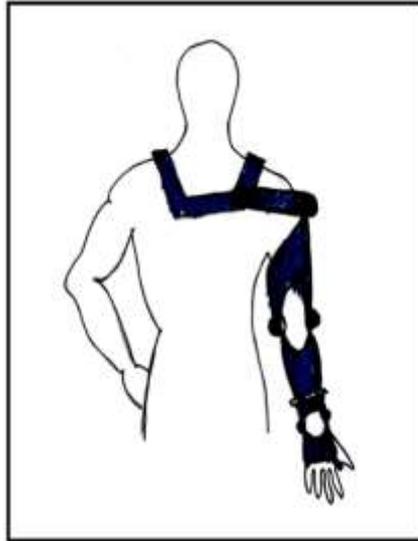


INTERFAZ GRAFICA

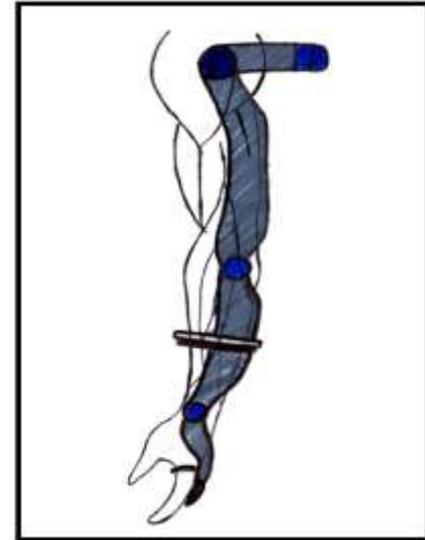


FUNCIONAMIENTO

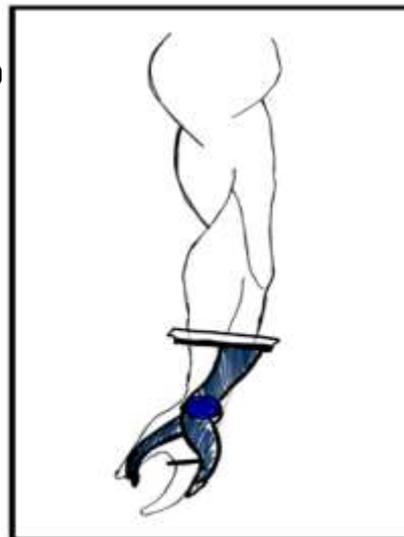
DISEÑOS INICIALES



EXOESQUELETO DE BRAZO COMPLETO



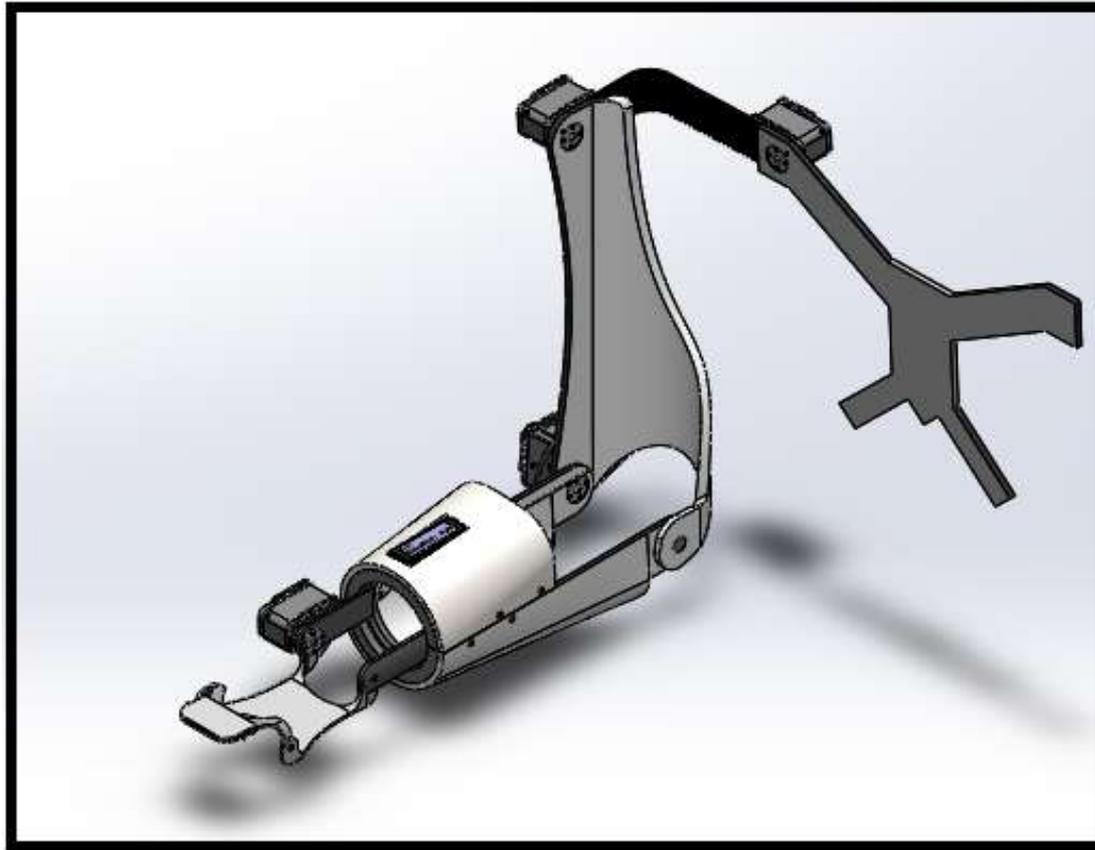
EXOESQUELETO DE BRAZO VISTA LATERAL.



EXOESQUELETO DE BRAZO VISTA MUÑECA-GRIPPER.

FUNCIONAMIENTO

DISEÑO CAD INICIAL



EXOESQUELETO DE BRAZO VISTA ISOMETRICA
CAD

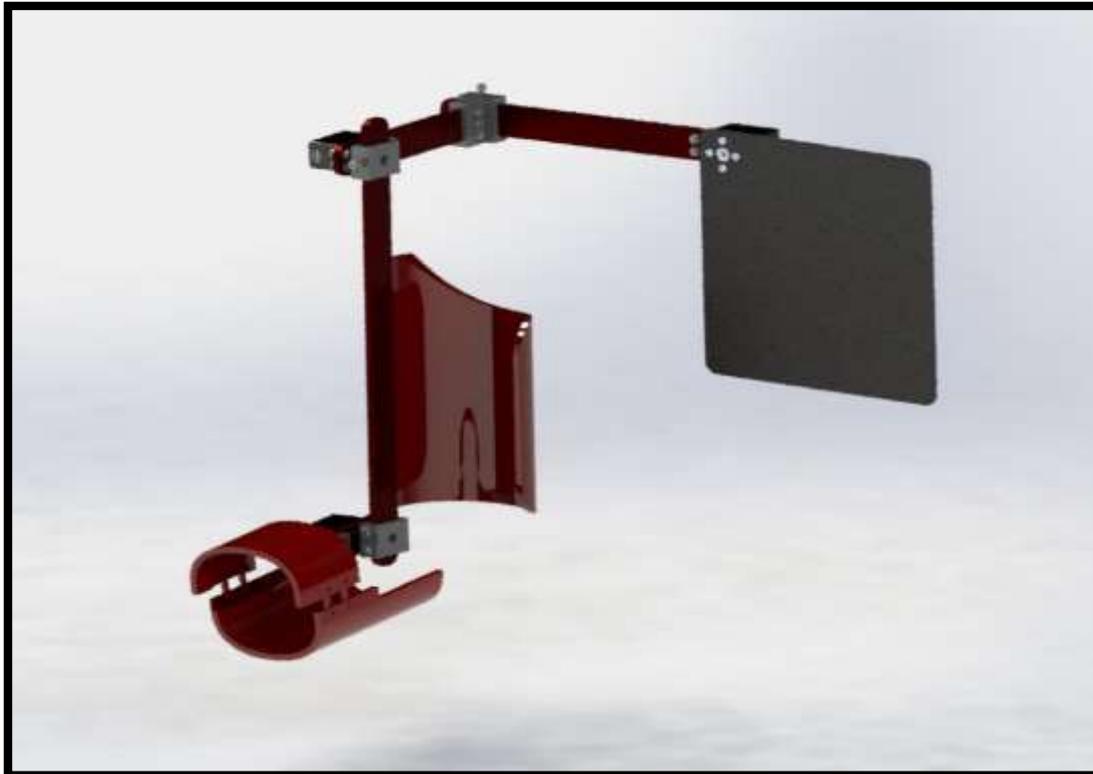
PROTOTIPO PRUEBA



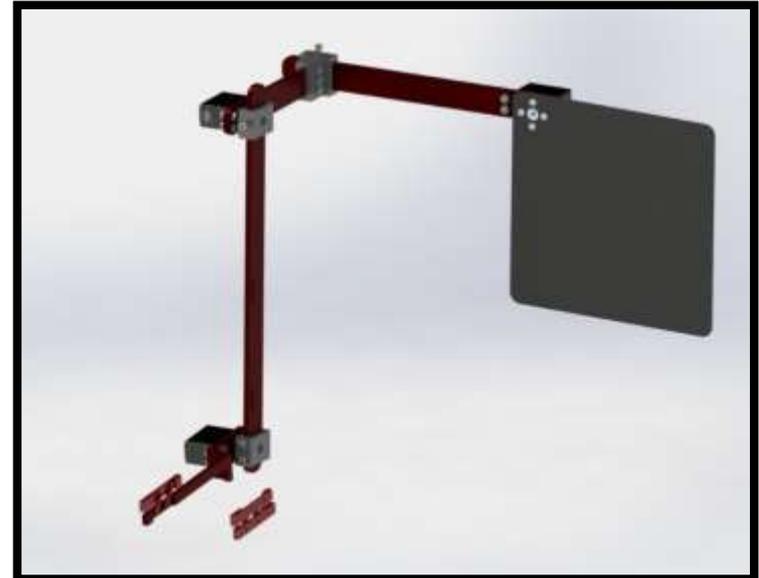
FUNCIONAMIENTO

DISEÑO FINAL CAD

Los materiales seleccionados para la construcción será platina de aluminio de dimensiones 1 pulgada x $\frac{1}{4}$ de pulgada que servirán de soporte a los servomotores y al movimiento que realizara el brazo



FUNCIONAMIENTO



FUNCIONAMIENTO

PROTOTIPO FINAL



FUNCIONAMIENTO



FUNCIONAMIENTO

VIDEO DE FUNCIONAMIENTO



CRONOGRAMA

id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	enero							marzo			mayo			julio			septiembre				
					P	F	M	P	F	M	P	F	M	P	F	M	P	F	M						
1	Proyecto Exoesqueleto para brazo	10 mss	lun 03/02/14	vie 07/11/14	[Red bar spanning the entire duration]																				
2	Planteamiento del problema	1 ms	lun 03/02/14	vie 28/02/14	[Light blue bar]																				
3	Recopilacion de la información	1 ms	lun 17/02/14	vie 14/03/14	[Light blue bar]																				
4	Diseño mecanico	7 mss	lun 17/03/14	vie 26/09/14	[Dark blue bar]																				
5	Bocetos del exoesqueleto	10 días	vie 14/03/14	vie 28/03/14	[Light blue bar]																				
6	Diseño preliminar en CAD	24,88 días	vie 28/03/14	vie 02/05/14	[Light blue bar]																				
7	Creacion del prototipo	24,88 días	sáb 21/06/14	jue 24/07/14	[Light blue bar]																				
8	Redimensionamiento con referencia al prototipo	20,88 días	vie 25/07/14	vie 22/08/14	[Light blue bar]																				
9	Cotización de los materiales	1 sem	vie 22/08/14	vie 29/08/14	[Light blue bar]																				
10	Contruccion del mecanismo final	1 ms	vie 29/08/14	vie 26/09/14	[Light blue bar]																				
11	Actuadores y sensores	105,88 días	lun 31/03/14	lun 25/08/14	[Yellow bar]																				
12	Selección de la instrumentacion	84,88 días	vie 28/03/14	vie 25/07/14	[Light blue bar]																				
13	Compra de la instrumentacion	20,88 días	vie 25/07/14	lun 25/08/14	[Light blue bar]																				
14	Entorno Virtual	45 días	mar 26/08/14	lun 27/10/14	[Green bar]																				
15	Realizacion del prototipo en la plataforma virtual	45 días	lun 25/08/14	lun 27/10/14	[Light blue bar]																				
16	Diseño electrico y comunicación	45 días	mar 26/08/14	lun 27/10/14	[Orange bar]																				
17	Conexión y programacion para la comunicación del	45 días	lun 25/08/14	lun 27/10/14	[Light blue bar]																				
18	Integración de los diferentes componentes del	1 ms	lun 29/09/14	vie 24/10/14	[Dark blue bar]																				
19	Pruebas finales	1 ms	vie 26/09/14	vie 24/10/14	[Dark blue bar]																				
20	Entrega final	29,88 días	lun 29/09/14	vie 07/11/14	[Light blue bar]																				
21	Informe y exposicion del proyecto	29,88 días	lun 29/09/14	vie 07/11/14	[Light blue bar]																				



CONCLUSIONES



- ❖ En este trabajo se diseñó y se construyó un exoesqueleto de brazo para controlar un manipulador virtual tipo antropomórfico de 5 grados de libertad, debido al alto costo que representaba la construcción del prototipo con varias empresas de la ciudad de Bucaramanga se tomó la decisión de realizar un prototipo económico el cual cumple con las necesidades planteadas del proyecto.
- ❖ El proyecto se llevó a cabo según como estaba estipulado en el cronograma de manera exitosa cumpliendo con los tiempos de trabajo y realizando cada diseño y modificación requerida.
- ❖ A lo largo de este proyecto se logró cumplir con todos los objetivos propuestos, respetando las especificaciones planteadas.