

# DISEÑO DE UN BRAZO ROBÓTICO PARA LA ENSEÑANZA EDUCATIVA COMO INSTRUMENTO MOTIVADOR

Vejar J. Author, Student, UFPS and. Calderón S. Author, Student UFPS

**Abstract—** *En este informe resume el progreso realizado para el desarrollo de un prototipo de un brazo robótico automatizado que tenga componentes electrónicos que sean llamativos para los estudiantes de bachillerato de los colegios técnicos de Norte de Santander con el fin de que los estudiantes se incentiven por la tecnología. Además se desarrollarán guías de laboratorio que permitan usar el brazo robótico automatizado en escenarios académicos de las instituciones educativas de la región en conocimientos claves de física.*

**Palabras Clave —**Automatización, Arduino Nano, Brazo robótico, Potenciómetro, Servomotores.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo actual la juventud tiene un enfoque más tecnológico, puesto que se desenvuelve en una cultura más innovadora, esto ha creado un nuevo reto para los docentes, el cual es buscar nuevas formas de atraer la atención en clase. Debido a esto, surge desarrollar un brazo robótico automatizado que tenga componentes electrónicos que sean llamativos para los estudiantes de bachillerato de los colegios técnicos con el fin de que los estudiantes se incentiven por la tecnología. Además, se desarrollarán guías de laboratorio que permitan usar el brazo robótico automatizado en escenarios académicos de las instituciones educativas de la región en conocimientos claves de física.

El brazo robótico está diseñado a base de porcelanicon y madera balsa. Está constituido con un Arduino nano, cuatro potenciadores y su movilidad la ejecutan cuatro servomotores y una protoboard.

## PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la parte más llamativa del problema es con respecto a los nuevos ingresados a la carrera de ingeniería electrónica de la universidad Francisco de Paula Santander, los cuales la gran mayoría de ellos no la escogieron como primera opción, sino más bien al no ser admitidos, escogían como

segunda opción la carrera de la ingeniería electrónica. Es bastante increíble, como las personas que la escogen de esta forma ni siquiera conocen la carrera, ni en que se especializa.

Se necesita diseñar una manera indirecta de incentivar a los jóvenes para que desde el colegio tuvieran esa idea de estudiar ingeniería electrónica, aportar a la ciudad y a la UFPS; porque se debe tener en cuenta que específicamente se habla de la carrera de ingeniería electrónica, pues se nota que en ella cada vez que los semestres avanzan, las personas que siguen en ella son realmente pocas a diferencia de otras carreras, y las cifras llegan a ser alarmantes.

En Argentina en los Colegios Técnicos del sector de la Provincia el ministerio de educación hizo entrega de brazos robóticos de última generación a algunos colegios locales que servirán para capacitar tanto a estudiantes como operarios de empresas que así lo deseen.

Con base esto se tuvo la idea de realizar un proyecto de incentivar a los jóvenes a carreras tecnológicas específicamente a la ingeniería electrónica, dicho proyecto inició al ver la necesidad de una cultura más tecnológica en nuestra región y se ve que no se ha realizado ninguna campaña incentivación que relacione indirectamente a los jóvenes a estudiar la carrera de ingeniería electrónica en la ciudad de Cúcuta.

Adicionalmente se tomó una encuesta de conocimiento básico para poder afirmar lo contextualizado en el siguiente proyecto. Con una muestra de 107 estudiantes de 9º, 10º y 11º en el cual nos dio como resultado que más del 80% de los jóvenes entrevistados ni siquiera conoce la carrera de ingeniería electrónica.

Con base a la encuesta la gráfica da el resultado obtenido a la pregunta ¿sabe que es la ingeniería electrónica? .Que dio como resultado que más del 80% de los jóvenes entrevistados, como se muestra en la figura 1, ni siquiera conocen que es la ingeniería electrónica.

### ¿Sabe qué es la ingeniería electrónica?

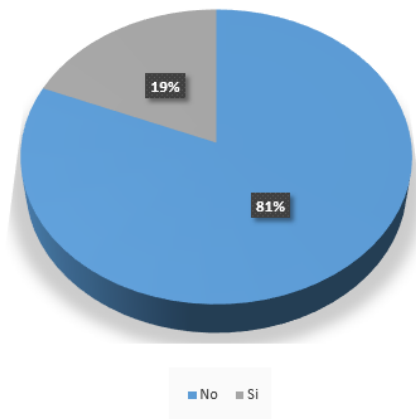


Figura. 1. Resultados porcentuales a la pregunta: ¿Sabe que es la ingeniería electrónica?

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Es posible desarrollar un brazo robótico amigable y llamativo para los estudiantes de instituciones educativas, que sirva como herramienta de motivación tecnológica en ellos?

## OBJETIVOS

### 1.3 OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un brazo robótico automatizado que tenga componentes electrónicos que sean llamativos para los estudiantes de bachillerato de los colegios técnicos con el fin de que los estudiantes se incentiven por la tecnología.

### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características de los colegios técnicos de Cúcuta donde se podría implementar un brazo robótico automatizado como herramienta de motivación.
- Diseñar un brazo robótico automatizado llamativo con los jóvenes estudiantes.
- Adquirir los instrumentos necesarios y que sean mecánicamente adaptables al brazo para solventar las necesidades programadas.

- Implementar y verificar a través de pruebas de movimiento que sea un brazo robótico automatizado adaptable y llamativo para los jóvenes estudiantes.
- Desarrollar guías de laboratorio que permitan usar el brazo robótico automatizado en escenarios académicos de las instituciones educativas de la región en conocimientos claves de física.

## JUSTIFICACIÓN

¿Para qué es importante este trabajo de investigación o proyecto?

Es de gran importancia puesto que será una herramienta en la educación y ayudara a muchos docentes a solucionar una problemática que afecta en nuestra sociedad, que es la falta de atención en clase. Con ella se trabajara en una nueva metodología de educación puesto que es algo innovador que no se ha implementado en ningún lado del país. La juventud actual tiene un enfoque más tecnológico, puesto que se desenvuelve en una cultura más innovadora, esto ha creado un nuevo reto para los docentes, el cual es buscar nuevas formas de atraer la atención en clase.

Las metodologías antiguas no serán de gran ayuda ya que la nueva manera de ver las cosas tendrá un papel importante enfocado en la nueva generación del futuro, el cual espera tener presente la tecnología como medio de aprendizaje. Inicio este proyecto con la idea de implementar esta gran herramienta no solo para la educación sino como el inicio a una nueva generación que tiene ansias de la innovación tecnológica, es posible que se considere que esta generación será fundamental para giro drástico que conlleva la tecnología; puesto que se tiene pronosticado que la innovación tecnológica será parte de nuestra vida diaria más de la que actualmente se presenta.

## DELIMITACIÓN

Este proyecto tiene como duración un semestre educativo y será realizado para los colegios técnicos de la ciudad de Cúcuta.

## 5.1 LIMITACIÓN

Realizar un brazo robótico automatizado viable económicamente y que sea lo suficientemente llamativo para los jóvenes. Debida a la pandemia los elementos

electrónicos comprados en línea se han demorado más de lo usual, por lo que el desarrollo se ha detenido por ello, también el proyecto se ha limitado debido que los integrantes no se han podido reunir para aclarar la situación del proyecto, por otra parte, no se tiene acceso a ningún equipo de medición de los laboratorios.

## 5.2 ALCANCE

Tiene como alcance los colegios técnicos de la ciudad de Cúcuta.

### 1.1 ANTECEDENTES

#### 1.1.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

El Brazo Robótico como herramienta pedagógica en el aula de clase. Un sistema de componente tecnológico, para la formación de los futuros ingenieros industriales de Universidad Católica. El desarrollo de esta interfaz se hará, principalmente-te, en el marco de la filosofía del software libre. Con la construcción e implementación del brazo robótico, los estudiantes podrán realizar actividades, como transporte de objetos o selección de piezas defectuosas en una línea de producción; entre otras. Se trata de una solución de carácter tecnológico que, además de innovar, contribuye a los procesos de enseñanza y es un motor motivacional para los estudiantes en el aula de clase. En el proceso se desarrollarán circuitos de control de los motores que le darán los diferentes grados de libertad al sistema. Para esto, se usará la plataforma de hardware libre Arduino. El resultado de esta implementación se verá reflejado en los egresados, quienes con esta formación, podrán destacar-se en el ámbito laboral, tan competitivo actualmente. [1]

#### 1.1.3 ANTECEDENTES NACIONALES:

Implementación de línea robótica escolar Colegio Técnico Jaime Pardo Leal. Algunos colegios distritales del país adquirieron módulos de robótica LEGO ® MINDSTORM NXT, y en algunos casos, como lo es el del colegio Jaime Pardo Leal, cuentan con el recurso físico, pero no con el conocimiento para su utilización. Además, se apoyaría de manera eficiente la actividad con este material si se contara con la infraestructura de comunicación multimedia, con la cual los participantes puedan entrar en un aplicativo web donde encontrarán unas guías sobre temáticas basadas en LEGO ® MINDSTORM. Allí podrán evaluar su conocimiento referente al tema a través de cuestionarios sobre lo tratado en guías en las instituciones, por parte del

profesor, él tendrá la capacidad de añadir participantes al aplicativo web, editar la información de los participantes, crear guías adicionales a las incluidas en este trabajo, agregar cuestionarios en los cuales puede añadir y editar las preguntas y respuestas referentes a cada una de las guías, además de tener un control de tiempo de entrada/salida por cada partícipe del aplicativo web y tener un informe del número de respuestas correctas de todos los participantes en cada una de las guías. [2].

### 1.1.4 ANTECEDENTES REGIONALES

A nivel regional no existe investigaciones relacionadas con la temáticas por lo tanto es una tema novedoso.

## 6. METODOLOGÍA DE DISEÑO

### 6.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

El brazo robótico está diseñado a base de porcelanicon y madera balso. Está constituido con un Arduino nano( ATMEGA328) que es el encargado de procesar los pulsos eléctricos y enviar esa información a los servomotores (sg90) los cuales los expresa en movimiento, además posee cuatro Potenciómetros (B20k de 3 pines) los cuales controlan la intensidad de corriente a lo largo de un circuito, todos los componentes se conectan a una protoboard (400 Puntos).a lo largo del brazo tiene 6 led (RGB 2 pines) multicolor y parpadeo automático

### 6.2 DISEÑO DEL SISTEMA

#### 6.2.1 DIAGRAMA DE BLOQUE

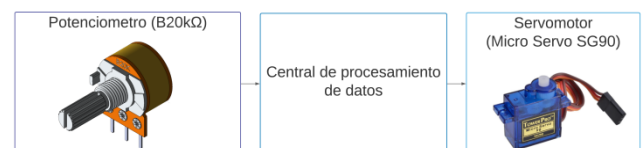


Fig. 2. Conexión interior del brazo robótico.

Con base a los componentes electrónicos que conforman el circuito esta es la representación del funcionamiento interno del sistema, que se hace mediante bloques y las relaciones entre ellos, y que, además, definen la organización de todo el proceso interno desde su entrada hasta su salida. . Como se muestra en la figura 2.

### 6.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO



Fig. 3. Funcionamiento interno del brazo robótico.

Teniendo en cuenta el funcionamiento del brazo robótico automatizado se crea un diagrama de flujo que demuestra el comportamiento de los componentes y que actividad realizan secuencialmente. Como se muestra en la figura 3.

### 6.2.3 ELEMENTOS DEL PROYECTO

Arduino: es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de Hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembras. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla.

Servomotores: es un motor electrónico que lleva incorporado un sistema de regulación que puede ser controlado tanto en velocidad como en posición.

Potenciometro: es un resistor electrónico con un valor de resistencia variable y generalmente ajustable manualmente,

entre otras palabras, es una resistencia que puede cambiar su valor.

Protoboard: es una placa de pruebas que permite interconectar elementos electrónicos sin la necesidad de soldar componentes. Logrando así que se facilite el armado de circuitos o sistemas electrónicos.

### 6.2.4 PRESUPUESTO

PRESUPUESTO PARA EL DISEÑO DE UN BRAZO ROBÓTICO PARA LA ENSEÑANZA EDUCATIVA COMO INSTRUMENTO MOTIVADOR			
Elemento	Unidades	Precio por unidad	Costo
Servomotor (TowerPro)	4	\$ 6.500	\$ 26.000
Arduino nano ( ATMEGA328)	1	\$ 16.500	\$ 16.500
Potenciometro (B20k) (3 pines)	4	\$ 1.000	\$ 4.000
LED RGB 2 PINES MULTICOLOR Y PARPADEO AUTOMATICO	4	\$ 600	\$ 2.400
Cable Jumper	30	\$ 200	\$ 6.000
Protoboard (400 Puntos)	1	\$ 7.500	\$ 7.500
Porcelanicon	1	\$ 3.500	\$ 3.500
Palo De Balso Cuadrado 10mm	1	\$ 2.500	\$ 2.500
Estaño para soldar(100cm)	1	\$ 1.300	\$ 1.300
Costo Parcial			\$ 69.700

Tabla 1. Presupuesto para el diseño de un brazo robótico para la enseñanza educativa como instrumento motivador.

Con base a lo anterior se obtuvo que el costo total de realización del brazo robótico será de \$ 69.700 (sesenta y nueve mil setecientos.) más los accesorios que constan de: un Cautín y una silicona en barra con costos de 20.000 (veinte mil) y 500 (quinientos) respectivamente.

### 6.2.5 Cronograma

ACTIVIDADES	CRONOGRAMA															
	MESES															
	MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Definir el anteproyecto																
Estudio de las instituciones																
Encuestas																
Presentación primer informe																
Confirmación y financiación																
Modo de ejecución																
Presentación segundo informe																
Diagrama de flujo y bloques																
Pruebas piloto																
Sustentación de informe final																

Tabla 2. Cronograma de actividades.

### Referencias:

- [1] I. J. Henao, J. A. Giraldo, F. A. Meza, C. W. Sánchez, and J. E. Ordoñez, “El Brazo Robótico como herramienta pedagógica en el aula de clase,” *Rev. Lumen Gentium*, vol. 1, no. 1, pp. 82–90, Jun. 2017, doi: 10.52525/lg.v1n1a8.
- [2] “Colegio Tecnico Jaime Pardo Leal (IED) - Red Académica.” <https://www.redacademica.edu.co/colegios/colegio-tecnico-jaime-pardo-leal-ied> (accessed Jun. 25, 2021).

### RECOMENDACIONES

- Implementar guías de laboratorio en el área de la física para promover los conocimientos en el área de la física y la tecnología. Esto se debe crear de tal forma que los colegios tengan las mismas temáticas con respecto al brazo robótico automatizado.
- Antes de comprar los componentes, revisar todos los lugares posibles de compras tanto por le región como por internet, esto con la idea de conseguir precios más económicos y que posean todos los materiales requeridos.
- Una de las recomendaciones más importantes es no creerle todo a los simuladores de internet. Puede ser que en teoría todo este bien conectado y parezca funcional, pero a la hora de pasarlo a físico se deben tener en cuenta otros factores como lo es la resistencia o capacidad de los materiales. En nuestro proyecto nos pasó que el brazo robótico en principio era muy grande y pesado y no nos permitía moverlo adecuadamente.

### CONCLUSIONES

- Se puede concluir que el brazo robótico automatizado es funcional y requiere mas potencia de la mencionada en la teoría.
- Las guías de laboratorio de física quedan listas para la enseñanza en los colegios técnicos en la ciudad Cúcuta.
- Se creó un brazo robótico automatizado viablemente económico para su adquisición y producción en masa.



## ANEXOS

		Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Predecesores	Nombres del Recurso
1		<b>Estudio en las instituciones</b>	4 days	23/03/21 08:00 AM	26/03/21 05:00 PM		
2		Dialogo con la institución	1 day	23/03/21 08:00 AM	23/03/21 05:00 PM		Auxilio de transporte;Practicante
3		Estudio en las instalaciones	1 day	24/03/21 08:00 AM	24/03/21 05:00 PM	2	Herramientas básicas;Metro;Técnico
4		Encuestas	2 days	24/03/21 08:00 AM	25/03/21 05:00 PM	2	Ayudante 1;Ayudante 2;Libretas auxiliares
5		Análisis	1 day	26/03/21 08:00 AM	26/03/21 05:00 PM	4	Practicante
6		<b>Presentación del primer informe</b>	17 days	29/03/21 08:00 AM	20/04/21 05:00 PM	5	
7		Conclusiones de las encuestas	7 days	29/03/21 08:00 AM	6/04/21 05:00 PM	5	Fuente primaria;Practicante
8		Análisis del problema	7 days	29/03/21 08:00 AM	6/04/21 05:00 PM	5	Fuente primaria;Practicante
9		Lluvia de ideas	7 days	29/03/21 08:00 AM	6/04/21 05:00 PM	5	Fuente primaria;Practicante
10		Planteamiento de posible solución	7 days	29/03/21 08:00 AM	6/04/21 05:00 PM	5	Fuente primaria;Practicante
11		Presupuesto inicial para el prototipo	7 days	29/03/21 08:00 AM	6/04/21 05:00 PM	5	Fuente primaria;Practicante
12		Formulación del problema	7 days	7/04/21 08:00 AM	15/04/21 05:00 PM	11	Fuente primaria;Practicante
13		Construcción de objetivos	10 days	7/04/21 08:00 AM	20/04/21 05:00 PM	11	Fuente primaria;Practicante
14		Justificación del proyecto	7 days	7/04/21 08:00 AM	15/04/21 05:00 PM	11	Fuente primaria;Practicante
15		Delimitaciones	10 days	7/04/21 08:00 AM	20/04/21 05:00 PM	11	Fuente primaria;Practicante
16		<b>Confirmación y financiación</b>	4 days	21/04/21 08:00 AM	26/04/21 05:00 PM	15	
17		Proyectar conclusión del análisis	1 day	21/04/21 08:00 AM	21/04/21 05:00 PM	15	Auxilio de transporte;Practicante;Técnico
18		Plantear estrategias	1 day	22/04/21 08:00 AM	22/04/21 05:00 PM	17	Libretas auxiliares;Practicante;Técnico
19		Solución financiera	1 day	23/04/21 08:00 AM	23/04/21 05:00 PM	18	Practicante
20		Escoger modo de ejecución	1 day	26/04/21 08:00 AM	26/04/21 05:00 PM	19	Practicante
21		<b>Presentación del segundo informe</b>	21 days	27/04/21 08:00 AM	25/05/21 05:00 PM	20	
22		Busqueda de proveedores	1 day	27/04/21 08:00 AM	27/04/21 05:00 PM	20	Fuente primaria;Practicante
23		Análisis de costos	5 days	27/04/21 08:00 AM	3/05/21 05:00 PM	20	Fuente primaria;Practicante
24		Comparación con el mercado	5 days	27/04/21 08:00 AM	3/05/21 05:00 PM	20	Fuente primaria;Practicante
25		Diadrama de flujos	5 days	4/05/21 08:00 AM	10/05/21 05:00 PM	24	Fuente primaria;Practicante
26		Diagrama de bloques	5 days	4/05/21 08:00 AM	10/05/21 05:00 PM	24	Fuente primaria;Practicante
27		Presupuesto	5 days	4/05/21 08:00 AM	10/05/21 05:00 PM	24	Fuente primaria;Practicante
28		Cronograma	5 days	11/05/21 08:00 AM	17/05/21 05:00 PM	26	Fuente primaria;Practicante
29		Contrucción del codigo	5 days	11/05/21 08:00 AM	17/05/21 05:00 PM	26	Fuente primaria;Practicante
30		Contrucción de prototipo	5 days	11/05/21 08:00 AM	17/05/21 05:00 PM	26	Fuente primaria;Practicante
31		Comprobación de Software	5 days	18/05/21 08:00 AM	24/05/21 05:00 PM	30	Fuente primaria;Practicante
32		Comprobación de Hardware	5 days	18/05/21 08:00 AM	24/05/21 05:00 PM	30	Fuente primaria;Practicante
33		Anexos fotograficos	1 day	25/05/21 08:00 AM	25/05/21 05:00 PM	32	Fuente primaria;Practicante
34		<b>Estudio de la zona de producción</b>	3 days	11/05/21 08:00 AM	13/05/21 05:00 PM	27	
38		<b>Producción en masa</b>	18 days	13/05/21 08:00 AM	7/06/21 05:00 PM	37	
43		<b>Implementación en las instituciones</b>	4 days	8/06/21 08:00 AM	11/06/21 05:00 PM	42	

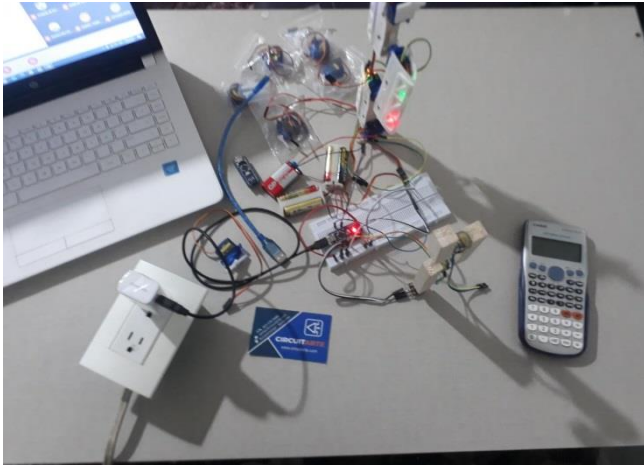
Anexo. A.1. Cronograma de actividades hasta la fecha 25/06/2021 en el programa Openproj



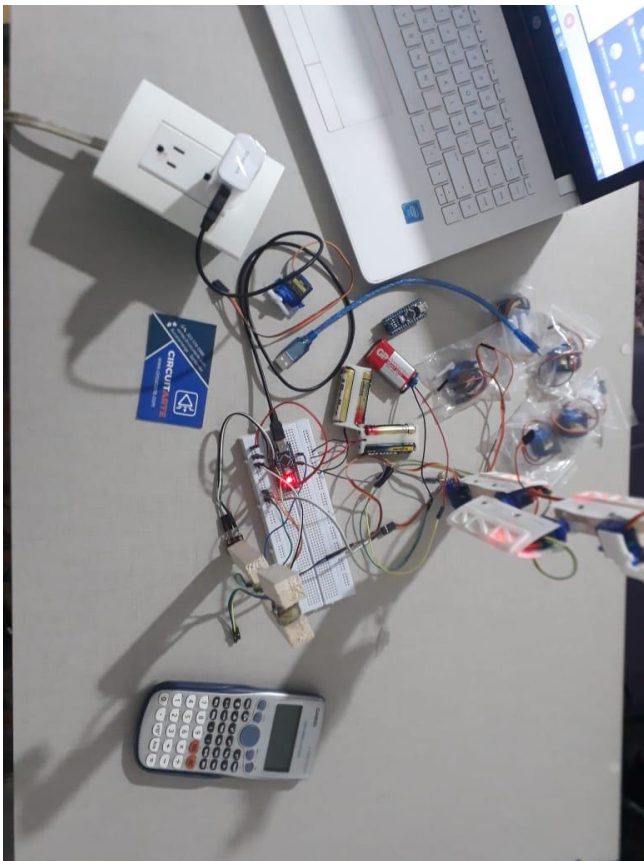
Anexo A.2. Diagrama de Gantt en el cronograma de actividades en el programa Openproj

	⊗	Nombre	Tipo	...	...	...	Iniciales	...	Unidades Max	Tasa Estándar	Tasa sobretiempo	Costo Por Uso	Aumente a	Calendario Base
1	⊗	Ingeniero	Trabajo				I		100%	\$13846,00/hora	\$16615,00/hora	\$0,00	Prorrrateado	Estandar
2	⊗	Seguridad	Trabajo				S		100%	\$3785,00/hora	\$4542,00/hora	\$0,00	Prorrrateado	Estandar
3	⊗	Técnico	Trabajo				A		100%	\$6154,00/hora	\$7384,00/hora	\$0,00	Prorrrateado	Estandar
4	⊗	Ayudante 1	Trabajo				A		100%	\$4722,00/hora	\$5666,00/hora	\$0,00	Prorrrateado	Estandar
5	⊗	Ayudante 2	Trabajo				A		100%	\$4722,00/hora	\$5666,00/hora	\$0,00	Prorrrateado	Estandar
6	⊗	Practicante	Trabajo				E		100%	\$3785,00/hora	\$4542,00/hora	\$0,00	Prorrrateado	Estandar
7	⊗	Arduino nano	Material				A			\$840000,00		\$0,00	Prorrrateado	
8	⊗	Servomotores	Material				S			\$102000,00		\$0,00	Prorrrateado	
9	⊗	Herramientas básicas	Material				P			\$113000,00		\$0,00	Prorrrateado	
10	⊗	Bateria de 9v	Material				B			\$42000,00		\$0,00	Prorrrateado	
11	⊗	Protoboard	Material				P			\$168000,00		\$0,00	Prorrrateado	
12	⊗	Estaño	Material				P			\$39000,00		\$0,00	Prorrrateado	
13	⊗	Cable	Material				C			\$21000,00		\$0,00	Prorrrateado	
14	⊗	Jumper	Material				J			\$15000,00		\$0,00	Prorrrateado	
15	⊗	Metro	Material				M			\$70000,00		\$0,00	Prorrrateado	
16	⊗	Libretas auxiliares	Material				L			\$12000,00		\$0,00	Prorrrateado	
17	⊗	Auxilio de transporte	Material				A			\$22000,00		\$0,00	Prorrrateado	
18	⊗	Equipo de limpieza	Material				E			\$67000,00		\$0,00	Prorrrateado	
19	⊗	Cautín	Material				C			\$117000,00		\$0,00	Prorrrateado	
20	⊗	Fuente primaria	Material				F			\$0,00		\$0,00	Prorrrateado	

Anexo. 3.A. Recursos del cronograma de actividades en el programa Openproj

**Evidencias:**

Anexo. 1.A. Proceso de ensamblaje del brazo robótico automatizado (frontal)



Anexo. 2.A. Proceso de ensamblaje del brazo robótico automatizado (lateral)

**Código 1:**

```
#include <Servo.h>

/*DISEÑO DE UN BRAZO ROBÓTICO PARA LA
ENSEÑANZA EDUCATIVA COMO INSTRUMENTO
MOTIVADOR*/

/*Vejar J. Author, Student, UFPS and.
Calderon S. Author, Student UFPS*/

/* Curso Integrador I, Programa
Ingeniería Electrónica, Universidad
Francisco de Paula Santander, I-2021 */

Servo servo_base;
Servo servo_Garra;
Servo servo_seccion1;
Servo servo_seccion2;

int pot_pin_base = A0;
int pot_pin_Garra= A1;
int pot_pin_seccion1 = A2;
int pot_pin_seccion2 = A3;

int value_base;
int value_Garra;
int value_seccion1;
int value_seccion2;

/*Este es el código para nuestro
proyecto cabe de mencionar que todavía
está en proceso de mejora mientras
acomodamos algunas funciones*/

void setup() {

    servo_base.attach(8);
    servo_Garra.attach(9);
    servo_seccion1.attach(4);
    servo_seccion2.attach(5);
    Serial.begin(9600);

}

void loop() {
    int pot_inputs[4];
    pot_inputs[0] =
    analogRead(pot_pin_base);
    pot_inputs[1] =
    analogRead(pot_pin_Garra);
    pot_inputs[2] =
    analogRead(pot_pin_seccion1);
    pot_inputs[3] =
    analogRead(pot_pin_seccion2);
```



```

        if(pot_inputs[0] > 511) {
            val
ue_base = 1;
        }
    else {
        value_base = 0;
    }

    value_Garra =
map(pot_inputs[1], 110, 800, 180, 0);
    value_seccion1 =
map(pot_inputs[2], 1023, 600, 30, 160);
    value_seccion2 =
map(pot_inputs[3], 170, 880, 180, 0);

    if(value_base) {
        servo_base.w
rite(80);
    } else {
        servo
_base.write(50);
    }

    servo_Garra.write(value_Garra
);
    servo_seccion1.write(value_se
ccion1);
    servo_seccion2.write(value_se
ccion2);

    delay(10);
}

```

*Anexo 1.C. Primer Código del brazo robótico.*

## Código 2:

```

#include < Servo . h >
/ * DISEÑO DE UN BRAZO ROBÓTICO PARA LA
ENSEÑANZA EDUCATIVA COMO INSTRUMENTO
MOTIVADOR * /
/ * Vejar J. Autor, Alumno, UFPS y.
Calderon S. Autor, Estudiante UFPS * /
/ * Curso Integrador I, Programa
Ingeniería Electrónica, Universidad
Francisco de Paula Santander, I-2021 * /

Servo servo_0 ;
Servo servo_1 ;
Servo servo_2 ;
Servo servo_3 ;

int sensorPin0 = A0 ;
int sensorPin1 = A1 ;

```

```

int sensorPin2 = A2 ;
int sensorPin3 = A3 ;
int count0 , arrayStep , arrayMax ,
countverz , Taster , stepsMax , steps
, time = 1000 , del = 1000 , temp
;

unsigned int verz = 0 ;

long previousMillis1 = 0 ;
long previousMillis2 = 0 ;
long previousMillis3 = 0 ;
long previousMillis4 = 0 ;
long previousMicros = 0 ;
unsigned largo currentMillis =
millis ( ) ;
unsigned largos currentMicros =
micros ( ) ;

int Delay [ 7 ] = { 0 , 0 , 1 , 3 ,
15 , 60 , 300 } ;
int SensVal [ 4 ] ; // valor del
sensor
float dif [ 4 ] , ist [ 4 ] , sol [ 4
] , dir [ 4 ] ;
int joint0 [ 180 ] ; // matriz para
servo (s)
int joint1 [ 180 ] ;
int joint2 [ 180 ] ;
int joint3 [ 180 ] ;
int top = 179 ;
modo de juego booleano = falso ,
Paso = falso ;

configuración vacía ( )
{
    pinMode ( 4 , ENTRADA ) ;
    pinMode ( 6 , ENTRADA ) ;
    pinMode ( 13 , SALIDA ) ;
    escritura digital ( 13 , ALTA ) ;
    servo_0 . adjuntar ( 3 ) ;
    servo_1 . adjuntar ( 10 ) ;
    servo_2 . adjuntar ( 9 ) ;
    servo_3 . adjuntar ( 11 ) ;
    Serial . comenzar ( 115200 ) ;
    Serial . println ( "Listo" ) ;
    // retraso (1000);
    digitalWrite ( 13 , BAJO ) ;
}

bucle vacío ( )
{
    currentMillis = millis ( ) ; //
todo se trata de cronometrar
    currentMicros = micros ( ) ;

    Botón ( ) ;

    if ( ! playmode )
    {

```

```

10
    if ( currentMillis -
previousMillis1 > 25 )
    {
        if ( arrayStep < top )
        {
            previousMillis1 =
currentMillis ;
            readPot ( ) ;
            mapeo ( ) ;
            move_servo ( ) ;

        }
    }

else if (modo de reproducción )
{
    if ( Step )
    {
        digitalWrite ( 13 , HIGH ) ;
        if ( ArrayStep < arrayMax )
        {
            ArrayStep + = 1 ; //
siguiente arreglo pos
            Read ( ) ; // de las matrices
            calcular ( ) ; // Encuentra la
mayor distancia de viaje y calcula los
otros 3 servos (¡tienes que hacer pasos
más pequeños para terminar al mismo
tiempo!)
            Step = 0 ;
            digitalWrite ( 13 , LOW ) ;
        }
        else // lectura de matriz
finalizada> comenzar de nuevo
        {
            paso de matriz = 0 ; //
            calc_pause ( ) ; // retardo
entre movimientos leídos del
potenciómetro
            countverz = 0 ; // usado para
el retraso
            while ( countverz < verz ) //
verz = tiempo obteniendo de calc_pause
( );
            { // aquí hacemos un bucle y
esperamos hasta el próximo inicio de
            countverz + = 1 ;
            calc_pause ( ) ;
            escritura digital ( 13 , ALTA
) ; retraso ( 25 ) ;
            digitalWrite ( 13 , BAJO ) ;
retraso ( 975 ) ;
            }
        }
    }
else
{
        if ( currentMicros -
previousMicros > time )
        { //
            previousMicros = currentMicros
;
            play_servo ( ) ;
        }
    } // modo de juego final

    while ( lectura digital ( 4 ) ==
falso )
    {
        escritura digital ( 13 , ALTA )
; demora ( 500 ) ;
        digitalWrite ( 13 , BAJO ) ;
retraso ( 500 ) ;
    }

    // serie ausgabe 1 sek
}

vacío calc_pause ( )
{
    readPot ( ) ;
    temp = SensVal [ 3 ] ;
    si ( temp < 0 ) temp = 0 ;
    temp = mapa ( temp , 0 , 680 ,
0 , 6 ) ;
    verz = Retraso [ temp ] ; // verz
= retraso en el segundo
}

void readPot ( ) // leer entradas
analógicas y agregar algunas
compensaciones (correcciones mecánicas)
{
    SensVal [ 0 ] = analogRead (
sensorPin0 ) ; // SensVal [0] + = -10;
// rotar
    SensVal [ 1 ] = analogRead (
sensorPin1 ) ; // SensVal [1] + = 280;
// Hombro
    SensVal [ 2 ] = analogRead (
sensorPin2 ) ; // SensVal [2] + = -50;
// mano
    SensVal [ 3 ] = analogRead (
sensorPin3 ) ; // SensVal [3] + = 0; //
pinza
    Serial . imprimir ( SensVal [ 2 ] )
; Serial . imprimir ( "" ) ; //
COMPROBAR
}

void mapping ( ) // necesitamos
microsegundos para los servos en lugar
de los valores del potenciómetro
{

```

```

11
    ist [ 0 ] = map ( SensVal [ 0 ] ,
150 , 900 , 600 , 2400 ) ;
    ist [ 1 ] = mapa ( SensVal [ 1 ] ,
1000 , 100 , 550 , 2400 ) ;
    ist [ 2 ] = mapa ( SensVal [ 2 ] ,
120 , 860 , 400 , 2500 ) ;
    ist [ 3 ] = mapa ( SensVal [ 3 ] ,
1023 , 0 , 500 , 2500 ) ;
    Serial . println ( ist [ 2 ] ) ;
}
registro vacío ( ) { joint0 [ arrayStep
] = ist [ 0 ] ; joint1 [ arrayStep ] =
ist [ 1 ] ; joint2 [ arrayStep ] = ist [
2 ] ;

    joint3 [ arrayStep ] = ist [ 3 ] ;
}
vacío Read ( )
{
    sol [ 0 ] = joint0 [ arrayStep ] ;
    sol [ 1 ] = joint1 [ arrayStep ] ;
    sol [ 2 ] = joint2 [ arrayStep ] ;
    sol [ 3 ] = joint3 [ arrayStep ] ;
}
void move_servo ( )
{
    servo_0 . writeMicroseconds ( ist [ 3
] ) ;
    servo_1 . writeMicroseconds ( ist [ 2
] ) ;
    servo_2 . writeMicroseconds ( ist [ 0
] ) ;
    servo_3 . writeMicroseconds ( ist [ 1
] ) ;
}

void calcular ( )
{
    // distancia de recorrido para
cada servo
    dif [ 0 ] = abs ( ist [ 0 ] -
sol [ 0 ] ) ;
    dif [ 1 ] = abs ( ist [ 1 ] -
sol [ 1 ] ) ;
    dif [ 2 ] = abs ( ist [ 2 ] -
sol [ 2 ] ) ;
    dif [ 3 ] = abs ( ist [ 3 ] -
sol [ 3 ] ) ;

    // mayor recorrido de los 4 servos
stepsMax = max ( dif [ 0 ] , dif
[ 1 ] ) ;
    stepsMax = max ( stepsMax , dif
[ 2 ] ) ;
    stepsMax = max ( stepsMax , dif
[ 3 ] ) ;

    si ( stepsMax < 500 )
        del = 1200 ;
    else
        del = 600 ;

    // cálculo de un solo (micro)
paso para cada servo
    // es necesario que mueva todos
los servos en un bucle (pasos, tiempos
máximos realizados) con diferentes
valores.
    // Esto hace que todos los servos
hayan recorrido la distancia de viaje al
mismo tiempo
    if ( sol [ 0 ] < ist [ 0 ] )
dir [ 0 ] = 0 - dif [ 0 ] / stepsMax ;
    else dir [ 0 ] = dif [ 0 ] / stepsMax
;
    si ( sol [ 1 ] < ist [ 1 ] )
dir [ 1 ] = 0 - dif [ 1 ] / stepsMax ;
    else dir [ 1 ] = dif [ 1 ] / stepsMax
;
    si ( sol [ 2 ] < ist [ 2 ] )
dir [ 2 ] = 0 - dif [ 2 ] / stepsMax ;
    else dir [ 2 ] = dif [ 2 ] / stepsMax
;
    if ( sol [ 3 ] < ist [ 3 ] )
dir [ 3 ] = 0 - dif [ 3 ] / stepsMax ;
    else dir [ 3 ] = dif [ 3 ] / stepsMax
;
}
void play_servo ( )
{
    pasos += 1 ;
    if ( steps < stepsMax ) //
seguro que no llegamos al final de un
movimiento
    {
        // time = del * 5; // anfahr rampe
        if ( steps == 20 ) time = del
* 4 ;
        else if ( pasos == 40 ) tiempo
= del * 3 ;
        más si ( pasos == 80 ) time =
del*2;
        else if(steps == 100) time = del-
1;

        if(steps == stepsMax-200) time =
del*2;
        else if(steps == stepsMax-80) time
= del*3;
        else if(steps == stepsMax-40) time
= del*4;
        else if(steps == stepsMax-20) time
= del*5;
    }
}

```

12

```

    ist[0] += dir[0];
    ist[1] += dir[1];
    ist[2] += dir[2];
    ist[3] += dir[3];

    servo_0.writeMicroseconds(ist[3]);
    servo_1.writeMicroseconds(ist[2]);
    servo_2.writeMicroseconds(ist[0]);
    servo_3.writeMicroseconds(ist[1]);
}
else
{
    Step = 1;
    steps = 0;
}
}

void data_out()
{
    int I = 0;
    while(I < arrayMax)
    {
        digitalWrite(13, HIGH);
        I += 1;
        Serial.print(joint0[i]);
        Serial.print(", ");
    }
    Serial.println("Joint0");
    I = 0;
    while(I < arrayMax)
    {
        digitalWrite(13, HIGH);
        I += 1;
        Serial.print(joint1[i]);
        Serial.print(", ");
    }
    Serial.println("Joint1");
    I = 0;
    while(I < arrayMax)
    {
        digitalWrite(13, HIGH);
        I += 1;
        Serial.print(joint2[i]);
        Serial.print(", ");
    }
    Serial.println("Joint2");
    I = 0;
    while(I < arrayMax)
    {
        digitalWrite(13, HIGH);
        I += 1;
        Serial . imprimir ( joint3 [ I ] ) ;
        Serial . imprimir ( "," ) ;
    }
    Serie . println ( "Conjunto3" ) ;
}

void Botón ( )
{
    si ( digitalRead ( 6 ) == false )

```

```

{
    retardo ( 1 ) ;
    if ( digitalRead ( 6 ) == true )
    {
        if ( Catador == 0 )
        {
            Catador = 1 ;
            previousMillis3 =
currentMillis ;
            //Serial.print("Status Record
"); Serial.println (Catador);
        }
        más si ( (Taster == 1) &&
(currentMillis - previousMillis3 < 250))
        {
            Taster = 2;
            //Serial.println(Taster);
        }
    }
}

    if ((Taster == 1) && (currentMillis
- previousMillis3 > 1000)) // write to
array
    {
        arrayStep += 1;
        arrayMax = arrayStep;
        record();
        Taster = 0;
        playmode = false;
        Serial.print("Record Step: ");
        Serial.println(arrayStep);
        digitalWrite(13, HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(13, LOW);
    }
    else if (Taster == 2)
    {
        arrayStep = 0;
        playmode = true;
        Taster = 0;
        Step = 1;
        Serial.println("playmode ");
        data_out();
        delay(250);
        digitalWrite(13, LOW);
    }

    if (currentMillis - previousMillis3
> 2000)
    {
        Taster = 0;
        //Serial.println("restart ");
    }
}

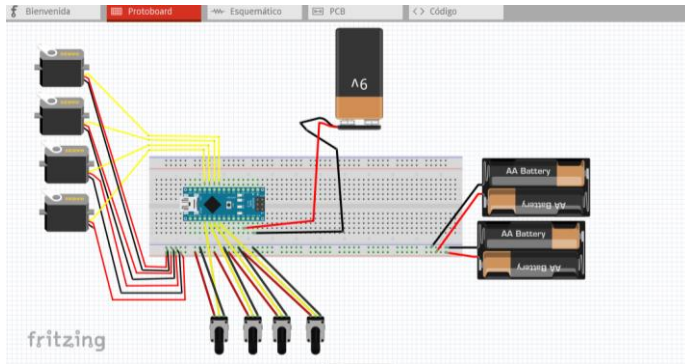
```

Anexo 3.C. Código del brazo robótico automatizado.

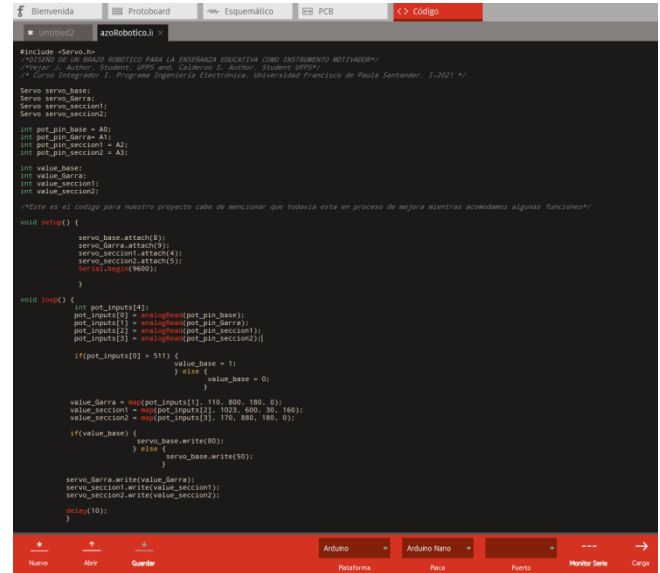


## Esquemáticos:

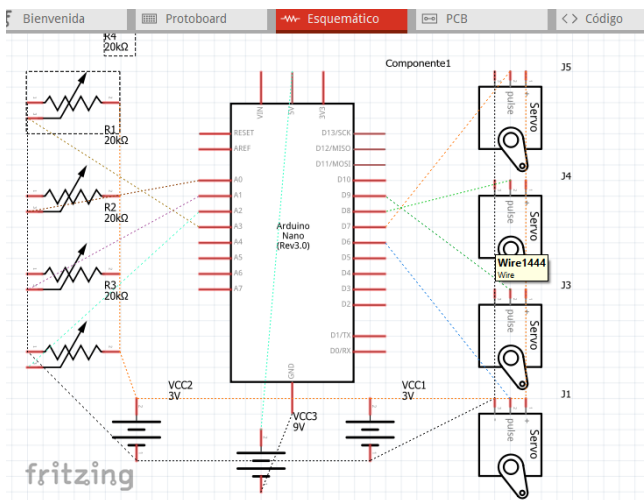
Con ayuda de Fritzing, programa libre de automatización de diseño electrónico, se realizó diferentes tipos de diagramas.



Anexo D.1. Diagrama en Fritzing



Anexo D.4. Código en Fritzing



Anexo D.2. Diagrama esquemático en Fritzing

