



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY®**

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES  
DE MONTERREY CAMPUS TOLUCA

PROYECTO FINAL: ROBOT “SEAPERCH”

*Profesor:*

Alfredo Santana Díaz  
PhD

*Alumnos:*

Eric Pazos León  
A011848199  
Juan Carlos Mendoza  
A01360412  
Mario Cid Mayorga  
A01460287  
Isaac Ayala Lozano  
A01184862

*Fecha de realización:*

Miércoles 27 de abril de 2016

Toluca, Estado de México  
Viernes 29 de abril de 2016

## **1. Introducción**

La competencia de Seaperch es un evento organizado por la guardia naval de Estados Unidos, con el fin de promover en los estudiantes el interés por carreras de STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Lo logra a través del reto acuático que consiste en la construcción de un submarino y la superación de obstáculos.

## **2. Objetivos**

- Diseñar en un software de CAD el modelo de un submarino Seaperch
- Fabricar un submarino Seaperch
- Diseñar y construir el sistema de control del submarino

## **3. Descripción y Presentación**

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en tres etapas:

- Diseño virtual
- Prototipo
- Producto final

## **4. Diseño Asistido por Computadora**

Para el diseño en CAD, se realizaron dos versiones del submarino: una en Siemens NX 10 y otra en FreeCAD 0.17. El modelo en FreeCAD se elaboró durante el fin de semana, por lo que su disponibilidad permitió diseñar y construir la estructura del submarino durante un único fin de semana. En la figura 1 se muestra la vista isométrica del submarino en FreeCAD.

Asimismo, se utilizó FreeCAD para diseñar los contenedores de los motores, y el apéndice que movería los aros del reto. Los contenedores se fabricaron mediante impresión 3D de PLA en colores azul y transparente. Se contrataron dos proveedores para reducir el tiempo de espera para obtener todas las

impresiones necesarias. La figura 2 muestra la vista isométrica del contenedor de los motores.

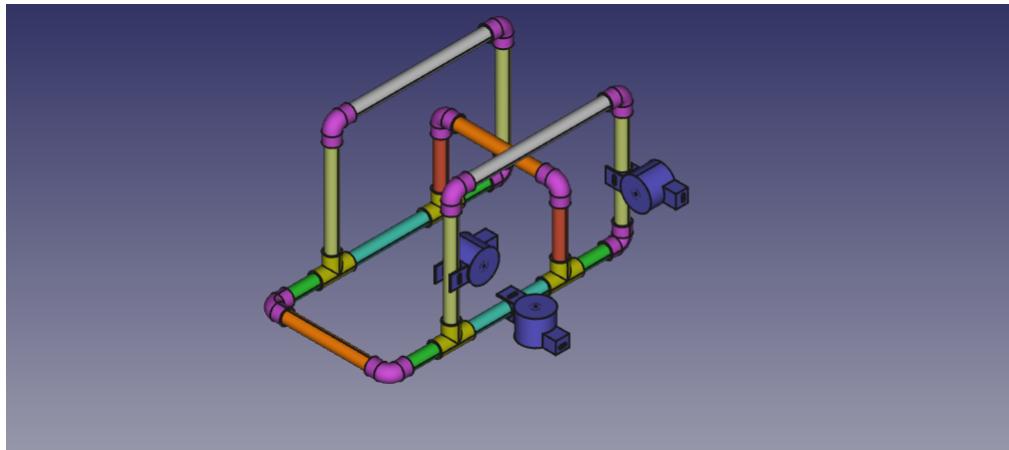


Figura 1: Modelo en FreeCAD

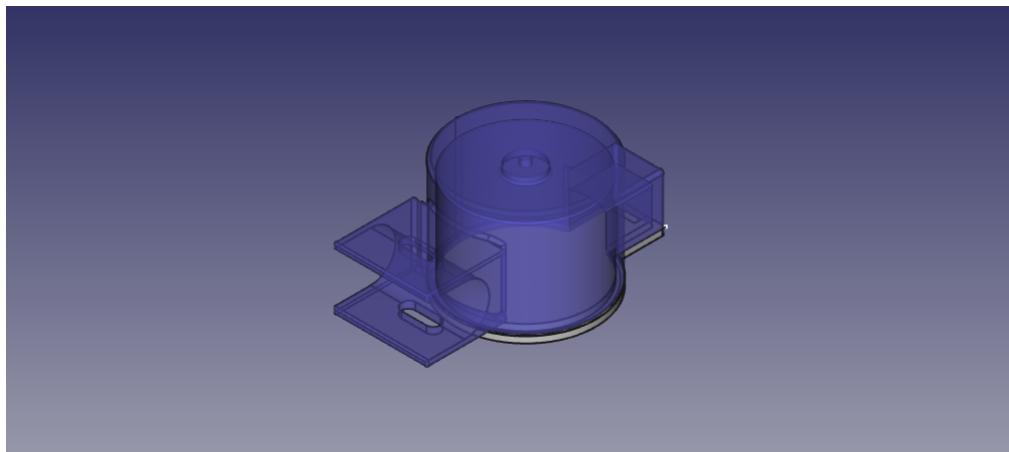


Figura 2: Modelo en FreeCAD

Se utilizó NX para generar un render de alta calidad del modelo, generar el layout del submarino y las proyecciones del mismo para su posible armado. En las figuras 3, 4, y 5 se muestran los resultados.

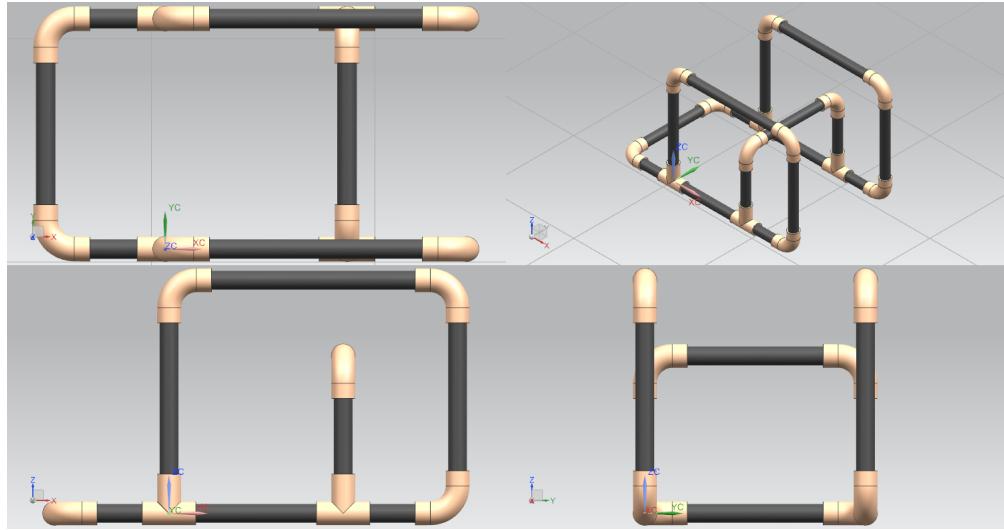


Figura 3: Modelo en NX

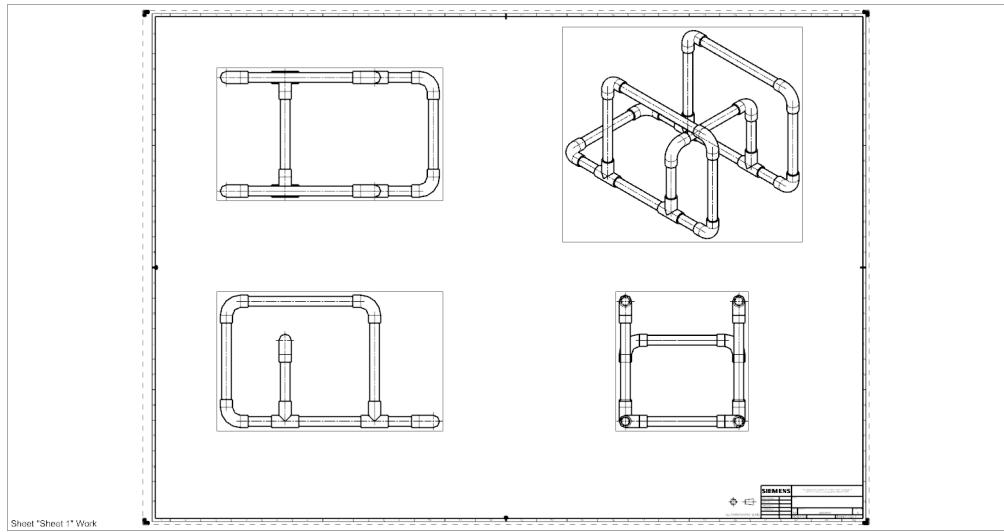


Figura 4: Proyecciones del modelo

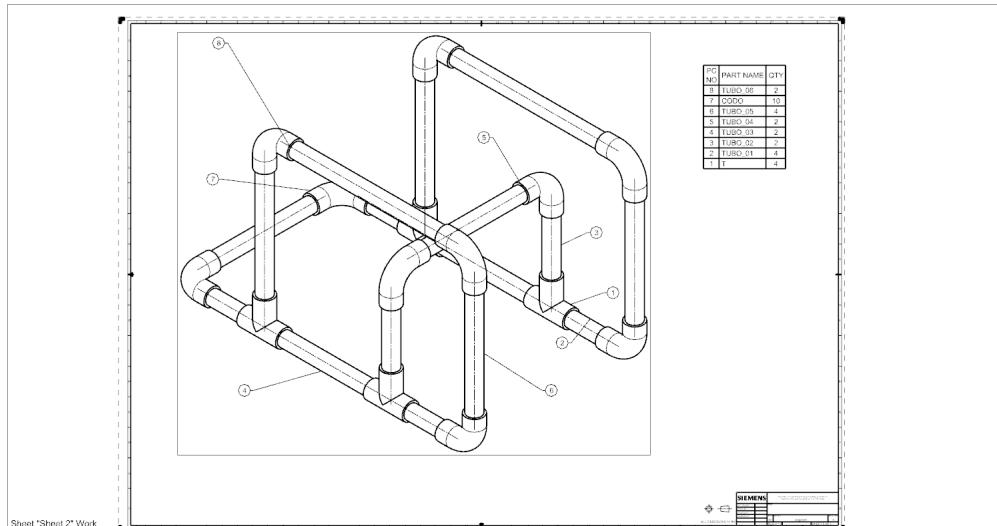


Figura 5: Distribución de piezas

## 5. Electrónica

Se utilizó Proteus para diseñar el circuito electrónico para controlar el submarino. Se optó por utilizar un microcontrolador como el corazón del sistema de control. El PIC 16F877, posee una presentación insertable en protoboards de 40 pines, la cual facilita su uso en prototipos y una programación rápida con hardware disponible en la escuela.

Se diseñó una PCB de 10 cm de alto por 15 cm de largo para contener todo el sistema de control. Se empleó la técnica de transferencia por acetato para asegurarse que las pistas se fijaran en la placa de cobre. La placa de cobre se trató previamente para remover suciedad y grasa que se encontraba en su superficie.

## 6. Programación

Se hizo uso de la suite de programación de Mikrobasic para diseñar y compilar el código que se programó en el PIC. Para cargar el código en el PIC se hizo uso de un PIC Kit 2 de Microchip.

## 6.1. Código de programación

```
program SUBMARINO

symbol goleft=64
symbol goright=32
symbol up=16
symbol forward=8
symbol backwards=4
symbol turnleft=2
symbol turnright=1

dim estado as byte

main:
    ADCON1=$07

    TRISB=255
    TRISC=0
    TRISD=0
    PORTB=0
    estado=1

    WHILE TRUE
        PORTD=0
        PORTC=0
        'delay_ms(70)
        while(PORTB=goleft)
            PORTD=32
            'PORTC.2=1
        wend

        while(PORTB=goright)
            PORTD=128
        wend
        while(PORTB=up)
            PORTD=10
        wend
        while(PORTB=forward)
            'PORTC=80
        wend
    end
```

```
PORTC.3=0
PORTC.4=1
PORTC.5=0
PORTC.6=1

wend
while(PORTB=backwards)
'PORTC=160
PORTC.3=1
PORTC.4=0
PORTC.5=1
PORTC.6=0
wend
while(PORTB=turnleft)
PORTC.3=1
PORTC.4=0
PORTC.5=0
PORTC.6=1
wend
while(PORTB=turnright)
PORTC.3=0
PORTC.4=1
PORTC.5=1
PORTC.6=0
wend
wend
end.
```

## 6.2. Materiales y Equipo

- 1.5 metros de tubo de PVC de 1/2 in
- 10 codos de PVC de 1/2 in
- 4 t's de PVC de 1/2 in
- 1 PIC 16F877A
- 1 cristal de 4MHz
- 3 L293D
- 7 bornes de 2 entradas
- 60 metros de cable calibre 20
- 1 placa de cobre de 10x15 cm
- 8 push button
- 1 7805
- 1 batería 12V 5.5 Ah
- 20 cm de tubo flotador para natación
- 10 cinchos
- 6 hélices
- 6 motores DC

### 6.3. Diagrama esquemático del circuito

Se presentan el diagrama esquemático del circuito electrónico y las vistas de la baquelita que se elaboró.

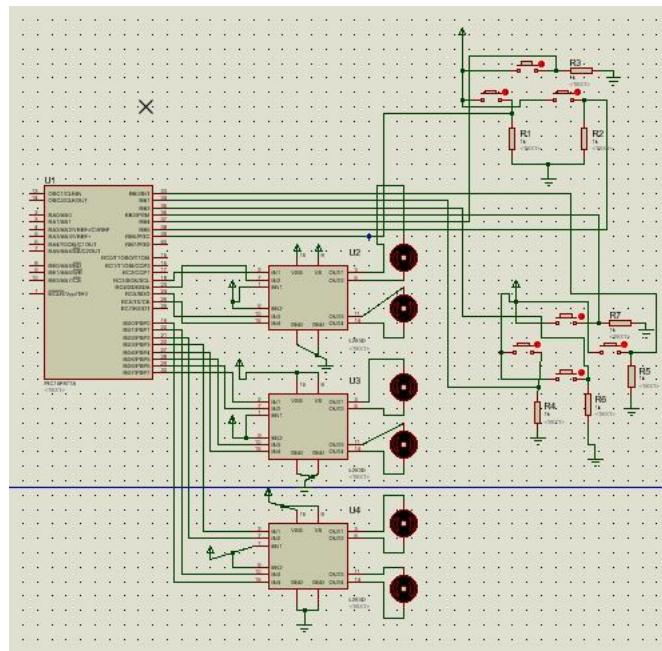


Figura 6: Diagrama esquemático del circuito.

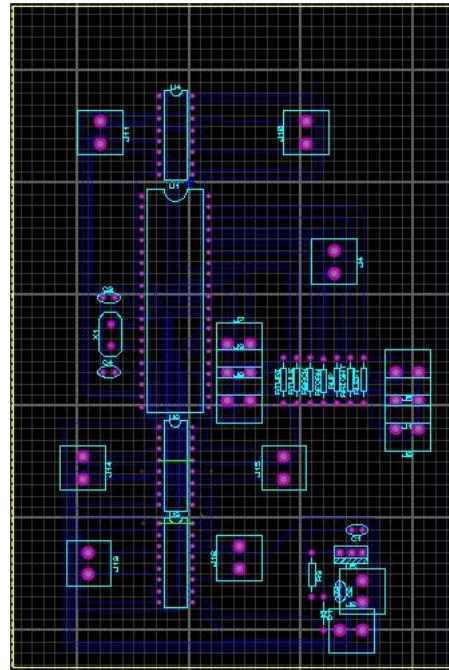


Figura 7: Layout del PCB.

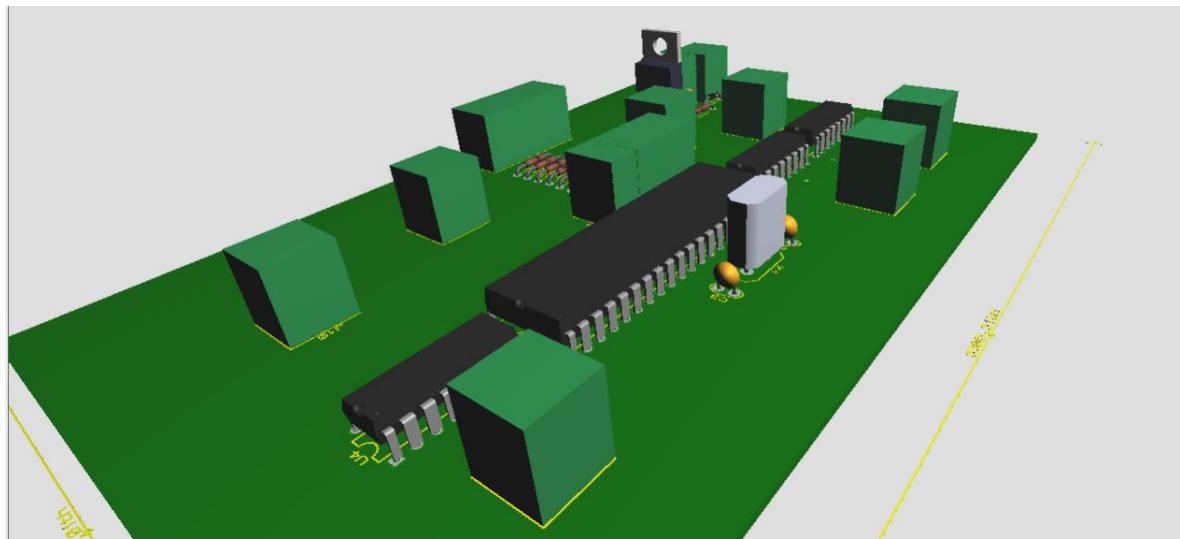


Figura 8: Vista 3D del PCB.

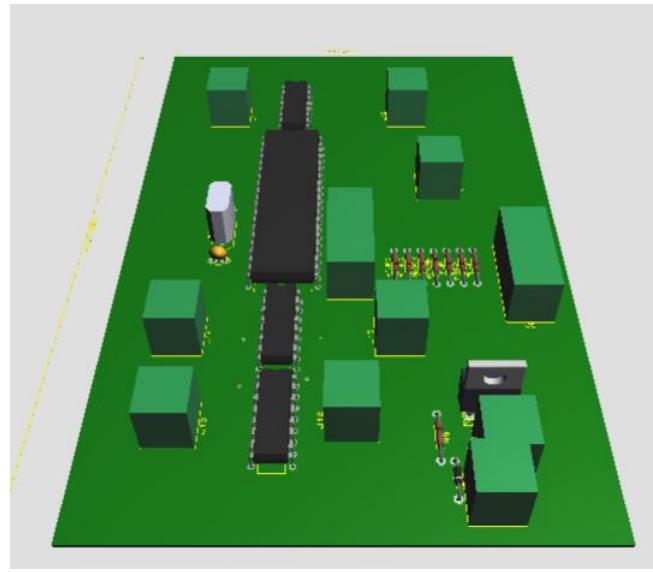


Figura 9: Vista 3D del PCB.

#### 6.4. Evidencia de realización

Como evidencia de realización se presentan:

- Video del submarino en funcionamiento: <https://youtu.be/SB8qP86GZPc>
- Imágenes de la construcción del submarino



Figura 10: Tubos de PVC cortados a la medida.



Figura 11: Tubo de PVC antes de ser cortado a la medida.

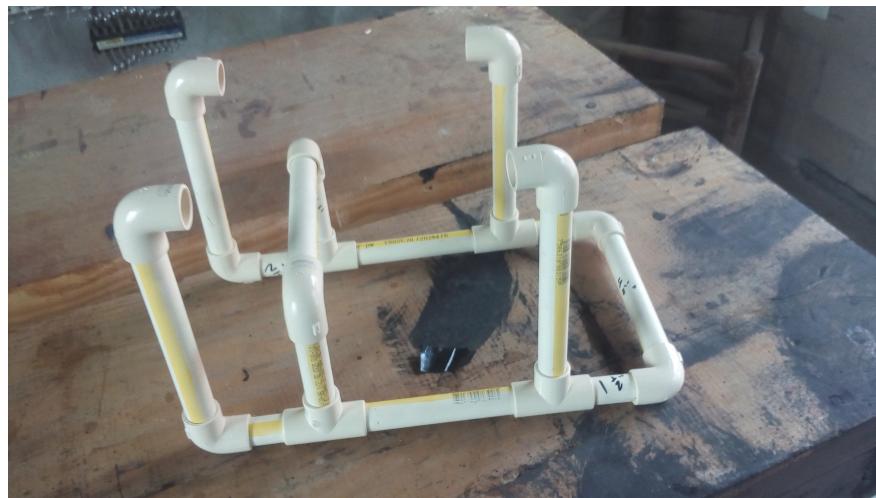


Figura 12: Ensamblaje del submarino.



Figura 13: Contenedores de motores impresos en PLA.



Figura 14: Transporte del submarino.



Figura 15: Fabricación de PCB.

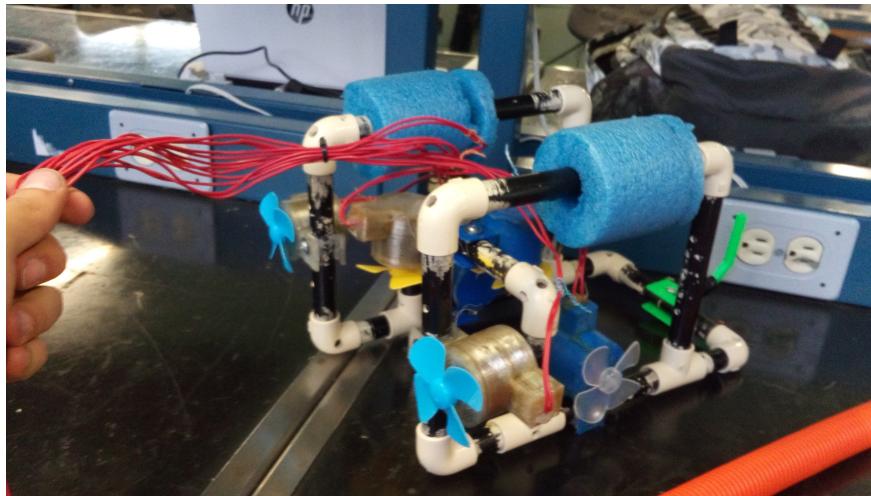


Figura 16: Submarino completado.

## 7. Análisis de resultados

El proyecto del submarino Seaperch fue una oportunidad para poner en práctica las diversas áreas de conocimiento que se esperan de un alumno de mecatrónica: diseño, fabricación, programación y documentación de proyectos. Existieron dificultades en la reacondicionamiento del proyecto debido a fallas de componentes eléctricos y retrasos con la entrega de piezas impresas. Sin embargo, el resultado final fue un modelo funcional capaz de desplazarse a través del agua en los tres ejes de movimiento, siendo limitado solamente por el bajo nivel de agua del contenedor empleado para las pruebas.

## 8. Comentarios, observaciones y conclusiones

### 8.1. Eric Pazos

#### 8.1.1. Comentarios, Observaciones y Conclusiones

De mi parte puedo decir que este proyecto tuvo tanto altas como bajas; ya que en ciertos aspectos de la problemática, la solución no presentó mayor problema, ya que utilizamos gran parte de lo aprendido a lo largo de la carrera (programación, electrónica, microcontroladores, etc.). Por otro lado también nos encontramos con situaciones en las que parecía no haber solu-

ción: cuando arreglábamos una cosa, otra dejaba de funcionar. Los problemas se presentaron en algunos de los integrados utilizados para hacer la lógica. A pesar de todos los inconvenientes, la insistencia en no rendirse, pensar de manera optimista y responder ante la presión de forma eficiente; resolvimos la problemática de los integrados defectuosos paso por paso, y de manera ordenada (un L293d no funcionaba correctamente). Finalmente obtuvimos como resultado un submarino que respondía tal como se planeó.

## **8.2. Isaac Ayala Lozano**

### **8.2.1. Comentarios**

Las áreas de diseño por computadora y manufactura fueron mis responsabilidades principales, actividades en las que me considero bastante hábil. Tuve la oportunidad de poner a prueba una nueva técnica de manufactura que reflejó la calidad de diseño de la que soy capaz. A pesar de haber sido piezas relativamente sencillas, el hecho permanece de que las impresiones fueron un éxito en su primer impresión, no hubo necesidad de realizar modificaciones a ellas.

### **8.2.2. Observaciones**

### **8.2.3. Conclusiones**

## **8.3. Juan Carlos Mendoza**

### **8.3.1. Comentarios y Observaciones**

Al ser este el proyecto final nos enfrentamos a múltiples retos que involucraban la aplicación de múltiples áreas de estudio como electrónica, mecánica, e incluso programación. Nuestro modelo buscaba una simplicidad al momento de controlar el sistema del submarino, por lo cual decidimos que lo más eficiente sería el uso de un PIC, lo cual fue una buena elección desde el aspecto de programación pues el sistema se controlaba tal y como lo deseamos, ofreciendo un control estable y acertado.

Sin embargo la aplicación del PIC también implicó ciertos problemas con la electrónica debido a las múltiples entradas (7 botones) y salidas, las cuales fueron 12 debido a que cada uno de los 6 motores que se usaron

se controló mediante un puente H. Los problemas encontrados fueron casi siempre fallos en los componentes, así como varios problemas eléctricos que dañaron el PIC. Afortunadamente al final el montaje de los motores en la estructura en conjunto con la lógica programada, nos dieron un excelente control sobre el submarino, por lo que cumplimos el objetivo principal.

### **8.3.2. Conclusiones**

Considero que proyectos como este son los que nos dan un aprendizaje real, lidiar con problemas de todo tipo nos da una visión diferente, así como también una experiencia considerable para el desarrollo de futuros proyectos.

## **8.4. Mario Cid Mayorga**

### **8.4.1. Comentarios, Observaciones y Conclusiones**

Este proyecto resultó un gran reto en el que pudimos aplicar conocimientos adquiridos a lo largo del semestre y de la carrera. Se invirtió una gran cantidad de tiempo, pero al final se pudo manufacturar. Decidimos hacer la parte de control con un microcontrolador PIC16F877A, lo cual fue relativamente sencillo.

Se realizó el programa en lenguaje Basic y una vez programado el PIC no hubo mayor problema. El único problema que enfrentamos fue que uno de los pines, al presionar el botón para activar el motor, tardaba aproximadamente 10 segundos en reaccionar; esto se solucionó reemplazando uno de los puentes H. Sin embargo, el PIC se dañó debido a que este puente H estaba dañado también; se reemplazaron ambos componentes nuevamente y funcionó correctamente.

Una vez sellados los motores, colocados en su lugar y conectados al control, el manejo del submarino fue sencillo y resultó ser más maniobrable de lo esperado.