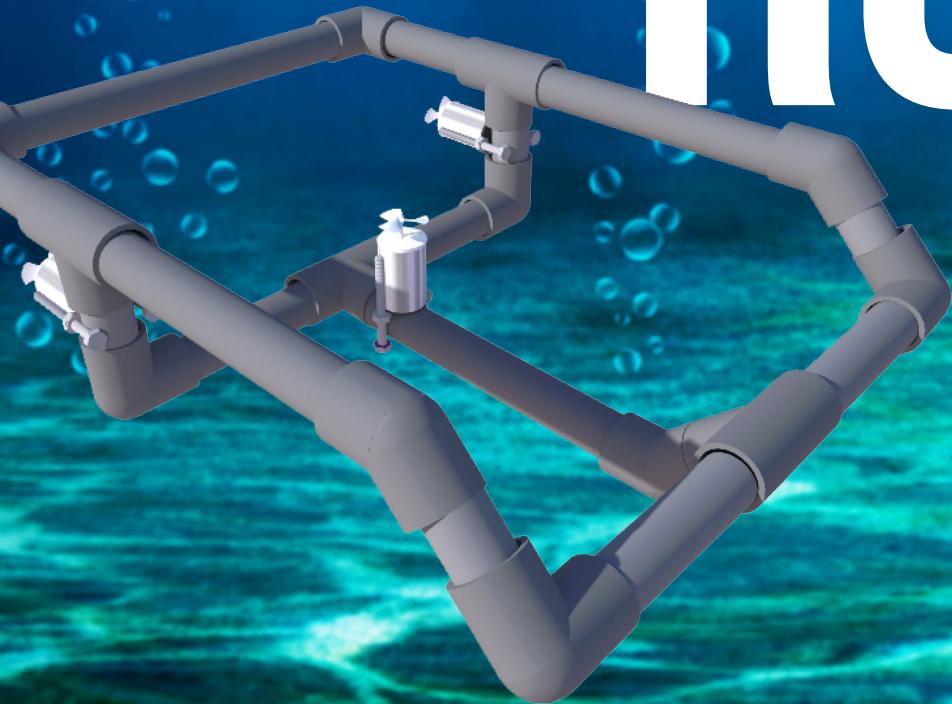


PROYECTO EDUCATIVO EDUROVs

MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN DE ARDUINO Y SCRATCH PARA EL CONTROL DE ROVs



PROYECTO EDUCATIVO EDUROVs

MANUAL
DE IMPLEMENTACIÓN DE
ARDUINO Y SCRATCH
PARA EL CONTROL DE
ROVs

Edita: Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN)

Autores: Saúl Robaina, Carlos Rodríguez, Eduardo Quevedo, Daura Vega, Iván Juanes y Xavier Cufí

Reservados todos los derechos. Queda autorizada la reproducción con fines educativos y divulgativos sin ánimo de lucro, siempre que se cite la procedencia.

Depósito Legal: GC 396-2016

ISBN: 978-84-608-6554-4

1. INTRODUCCIÓN**2. CONSTRUCCIÓN DE LA CONSOLA DE CONTROL**

2.1 Materiales necesarios	9
2.2 Construcción de la consola de control	10

3. CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS

3.1 Material y herramientas	15
3.2 Procedimiento.....	16
3.3 Modelo de chasis estándar.....	17
3.4 Otros modelos de chasis.....	18
3.5 Construcción del chasis	19

4. CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

4.1 Material y herramientas	21
4.2 Cableado de la consola de control	22
4.3 Preparación de los cables	23
4.4 Crimpar los conectores “fast-on”	25
4.5 Conmutadores del joystick y de los pulsadores	26
4.7 Motores eléctricos de corriente continua.....	28
4.8 El circuito inversor de giro	29
4.9 Asignación de los conmutadores del joystick.....	30
4.10 Conexión de los cables.....	31
4.11 Para el encendido de los pulsadores	33
4.12 Aislamiento de los motores.....	36
4.13 Montaje de las hélices.....	39
4.14 Montaje de los motores y de las hélices.....	40

5. ELABORACIÓN DEL UMBILICAL

5.1 Material y herramientas	43
5.2 Conexión consola-vehículo.....	44

6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y FLOTABILIDAD

6.1 Material y herramientas.....	47
6.2 Flotabilidad.....	48

7. IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA ARDUINO

7.1 Introducción.....	51
7.2 Objetivo.....	52
7.3 ¿Qué es Arduino?	53
7.4 ¿Por qué Arduino?.....	54
7.5 Utilización de Arduino en ROVs.....	55
7.6 Hardware utilizado.....	56
7.7 Consola del ROV con Arduino - Nivel Básico.....	57
7.7.1 Esquema eléctrico de la conexión de la unidad de control	59
7.7.2 Montaje de la carcasa de la consola.....	60
7.7.3 Resultado final de la consola de control.....	62
7.8 Consola del ROV con Arduino - Nivel Intermedio	64
7.8.1 Esquema eléctrico de la conexión de la unidad de control	64
7.8.2 Resultado final de la consola de control.....	66
7.9 Consola del ROV con Arduino - Nivel Avanzado.....	68
7.9.1 Esquema eléctrico de la conexión de la unidad de control	69
7.9.2 Resultado final de la consola de control.....	71
7.10 Consola del ROV con Arduino – Líneas Futuras.....	73
7.10.1 Esquema eléctrico de la conexión de la unidad de control.....	74
7.10.2 Resultado final de la consola de control	75

8. SCRATCH Y SCRATCH FOR ARDUINO (S4A) para la programación de EDUROVs

8.1 El lenguaje de programación Scratch.....	78
8.2 Scratch for Arduino (S4A)	80
8.3 El driver de los motores propuesto en edurovs.eu.....	81
8.4 Pequeños ejemplos de utilización de S4A... ¡para empezar!.....	82

9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS**10. ANEXOS**

10.1 Display LCD	88
------------------------	----

INTRODUCCIÓN

La exploración del océano profundo supone para la humanidad un inmenso desafío, que resulta muy atractivo y cuya utilización se plantea como estímulo de vocaciones de los jóvenes hacia las disciplinas técnicas y científicas.

El proyecto educativo EDUROVs está inspirado en el MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) Sea Perch Program (<http://seaperch.mit.edu/index.php>). Este programa trata de atraer y motivar a los estudiantes y público en general hacia la Tecnología mediante la Construcción y Operación Remota de Vehículos Submarinos (ROVs, Remotely Operated Vehicles). Además, se busca propiciar la imaginación de los participantes para que tengan en cuenta que los ROVs deben respetar el entorno marino en todos sus aspectos.

La idea principal es crear prototipos a pequeña escala, sencillos pero funcionales, utilizando materiales de uso cotidiano.

Un ROV es un vehículo submarino no tripulado controlado a través de una consola de mando unida al vehículo por un cordón umbilical. Estos vehículos deben ir equipados con motores para su propulsión, pudiendo además integrar sensores, brazos mecánicos o cámaras submarinas.

El presente manual contiene las instrucciones paso a paso para la construcción de un ROV, como se presenta en la Figura 1, a partir de materiales sencillos como la madera, plásticos, PVC y elementos electrónicos, en un tiempo medio de aproximadamente 15-20 horas de dedicación.

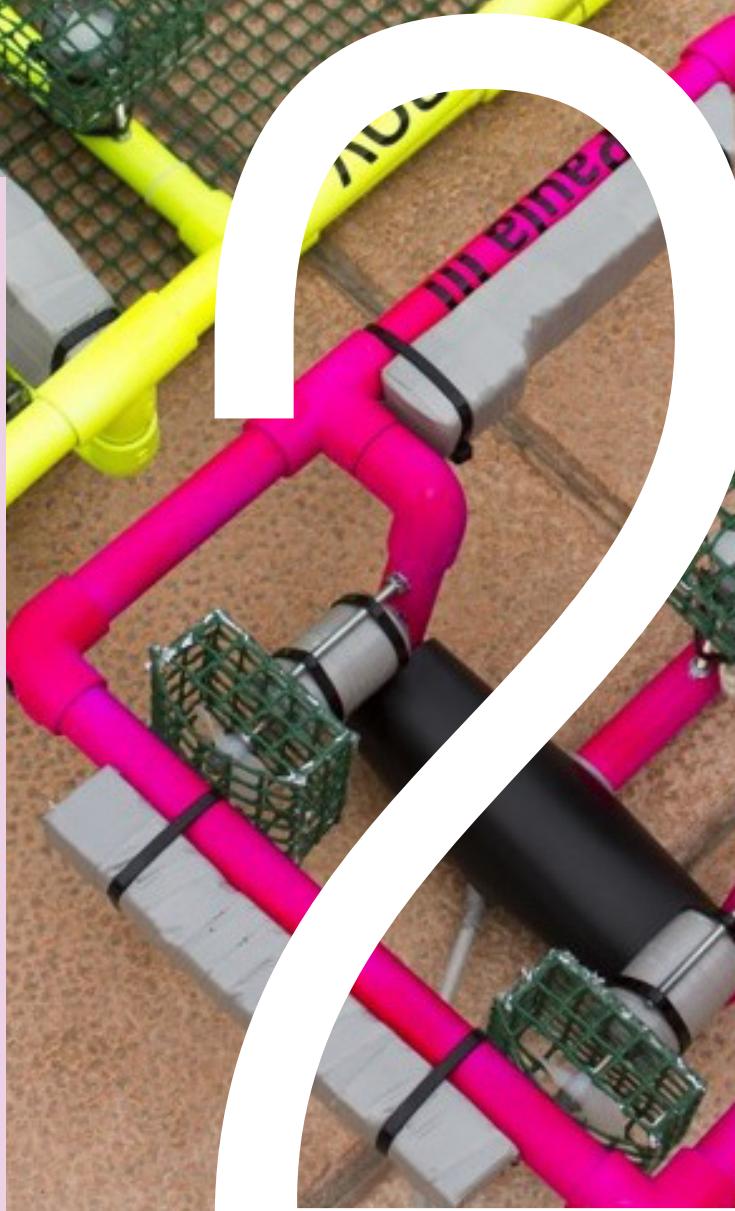


Figura 1| ROV y consola de control.

CONSTRUCCIÓN DE LA CONSOLA DE CONTROL

2.1 MATERIALES NECESARIOS

- ▶ Madera u otro material consistente.
- ▶ Elementos de fijación: Adhesivos, Clavos, Tornillería...
- ▶ Elementos para pintar: Pinceles, Pintura,...
- ▶ Elementos de control: Joystick y 2 Pulsadores.



2.2**CONSTRUCCIÓN DE LA CONSOLA DE CONTROL****2 | CONSTRUCCIÓN DE LA CONSOLA DE CONTROL**

La consola de control o centro de mando puede fabricarse en cualquier material y dimensiones, siempre que permita incluir los dos botones de control vertical del vehículo (botón verde y rojo de la Figura 2.5) y el joystick de control horizontal. A su vez debe ser cómoda de sostener mientras se pilota el vehículo. Para su construcción puede utilizarse madera, cartón, metacrilato, plástico o cualquier otro tipo de material que cumpla con dicha función.

Como ejemplo se mostrará la preparación de la consola en madera.

1

Utilizar una pieza de madera rectangular para instalar los botones y el joystick de control. Con la ayuda de la plantilla (ver Figura 2.1), marcar en la madera las medidas de la consola y de los elementos. Tener en cuenta la ubicación del joystick: en función si el piloto es diestro o zurdo, se coloca a la derecha o izquierda respectivamente.

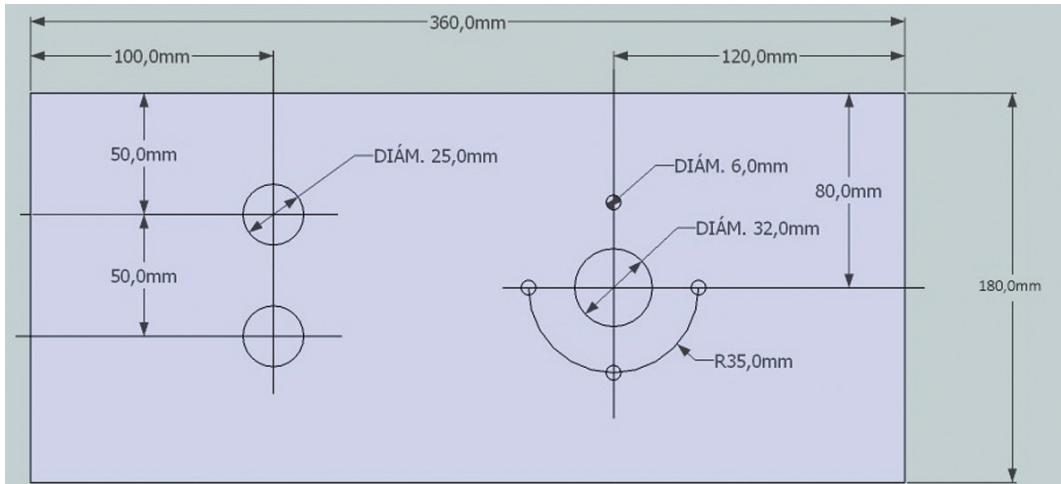


Figura 2.1| Plantilla con las medidas de la parte superior de la consola.

2

Una vez dibujadas las marcas, realizar los orificios para los pulsadores y el joystick con la ayuda de un taladro (ver Figura 2.2).



Figura 2.2| Realización de los orificios.

2 | CONSTRUCCIÓN DE LA CONSOLA DE CONTROL

3

Para facilitar el pilotaje del ROV, los laterales se han realizado en forma trapezoidal; para conseguir dicha forma utilizar la plantilla de la *Figura 2.3*.

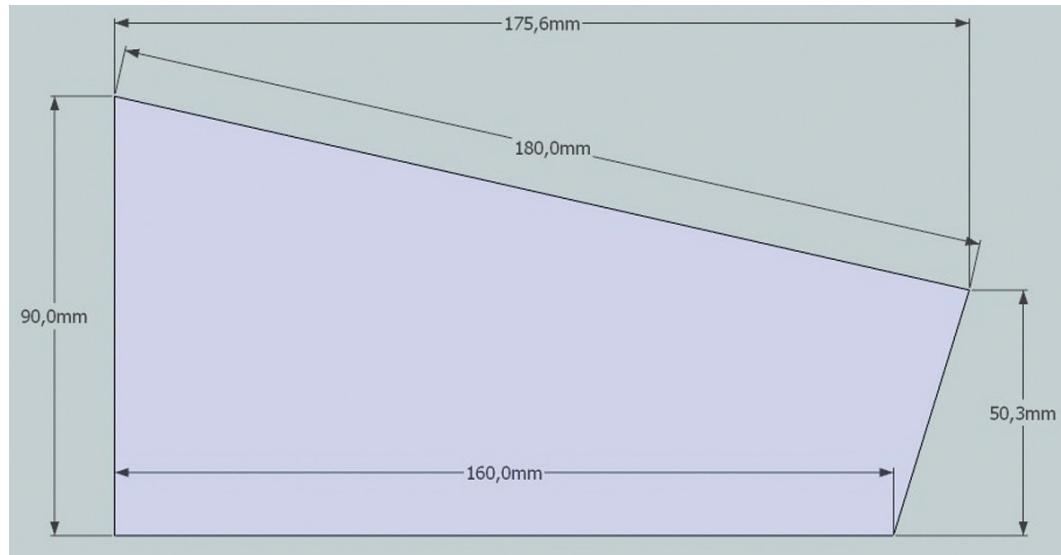
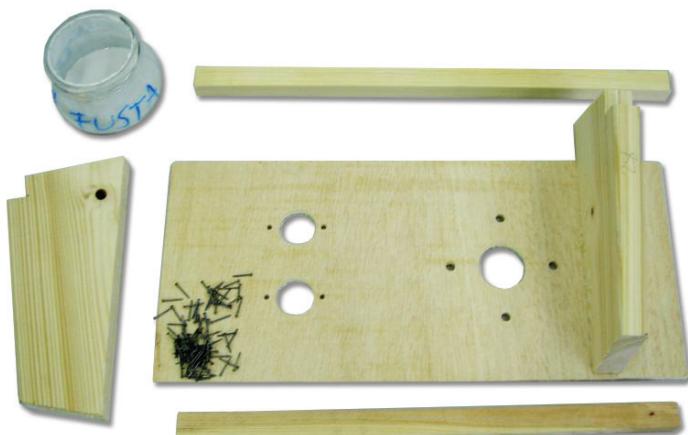


Figura 2.3| Plantilla con las medidas de los laterales de la consola.



4

Una vez cortadas todas las piezas (ver *Figura 2.4*), pegar con cola y añadir clavos a la estructura para que quede más rígida.

Figura 2.4| Imagen de las piezas cortadas.

5

Dejar secar; cuando esté seca, limpiar los cantos de la consola para suavizarlos y finalmente, personalizarla.

A continuación instalar los pulsadores y el joystick a la consola para su posterior cableado y conexión del circuito eléctrico. Es crucial que el joystick se sitúe en la consola con una distribución romboidal como se muestra en la Figura 2.5 y no cuadrada, ya que ese hecho será determinante para su correcto funcionamiento.

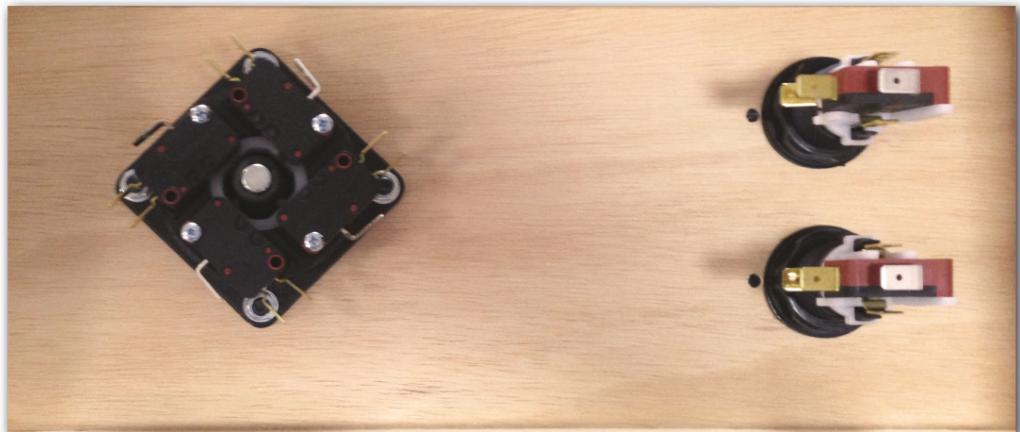
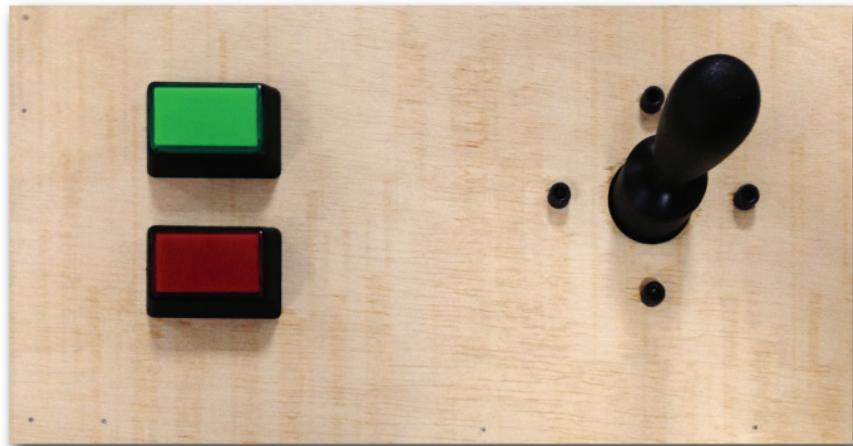


Figura 2.5| Imagen de la consola con los elementos instalados.

2 | CONSTRUCCIÓN DE LA CONSOLA DE CONTROL

No hay un único modelo de consola válido, todos los modelos pueden ser igualmente útiles.

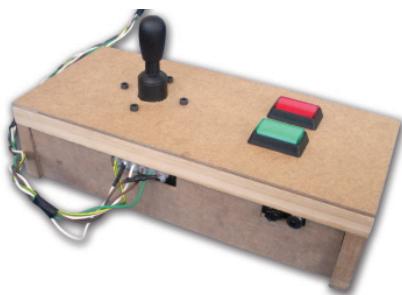


Figura 2.6| Imágenes de distintos modelos de consola.

CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS

3.1 MATERIAL Y HERRAMIENTAS

- ▶ 1,6 metros de tubo PVC de 20 mm.
- ▶ Codos de 90º y 45º de 20 mm.
- ▶ Uniones "T" de 20 mm.
- ▶ Elementos de corte: Cortatubos o sierra.
- ▶ Papel de lija.



3.2

PROCEDIMIENTO

3 | CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS

El chasis debe ser una estructura ligera pero al mismo tiempo robusta, que soporte todos los elementos que forman parte del ROV. Debe mantener los motores rigidamente acoplados para que el vehículo pueda maniobrar adecuadamente sin deformarse; un material óptimo para ello y fácilmente manipulable es el tubo de PVC.



Figura 3.1| Imagen del montaje del ROV con tubos PVC.

Será necesario disponer de un boceto del modelo que se desea construir, para determinar el número de codos y uniones "T", además de los metros de tubo necesarios. Es totalmente personalizable, pudiendo crear nuestro propio diseño y pintarlo de colores vivos para que el ROV se vea bien dentro del agua.

¡ANÍMATE A CREAR UN DISEÑO PROPIO!

Una vez que se ha decidido el modelo que se quiere construir, se corta cada tramo recto de tubo de PVC que forma la estructura: midiendo primero el tamaño, marcando y finalmente cortando.

Para garantizar la propia integridad en el corte de los tubos es imprescindible respetar las normas básicas de seguridad personal en el uso de herramientas, no colocando nunca ninguna parte del cuerpo delante de la trayectoria de la herramienta. Cuando se utilice una sierra para cortar será conveniente sujetar la pieza a la mesa utilizando un tornillo de banco o un sargento.



Figura 3.2| Imagen donde se visualiza cómo se cortan los tubos de PVC.

3.3 MODELO DE CHASIS ESTÁNDAR

Se muestra el desglose de la parte estructural del modelo del chasis básico (*Figura 3.3*):

- ▶ 1 – 210 mm (detrás centro)
- ▶ 1 – 185 mm (central inferior)
- ▶ 2 – 165 mm (laterales centrales)
- ▶ 4 – 95 mm (horizontales)
- ▶ 2 – 85 mm (laterales detrás)
- ▶ 2 – 70 mm (verticales)
- ▶ 2 – 60 mm (oblicuos delante)
- ▶ 1 – 30 mm (oblicuo central)
- ▶ 6 codos de 90°
- ▶ 3 codos de 45°
- ▶ 4 uniones "T"

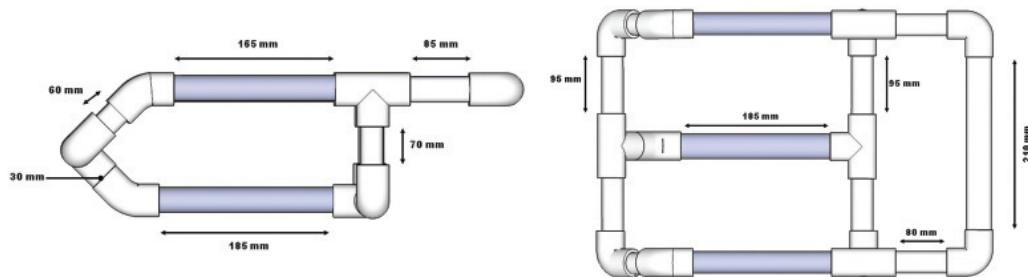


Figura 3.3| Medidas del modelo básico de chasis (MODELO A).

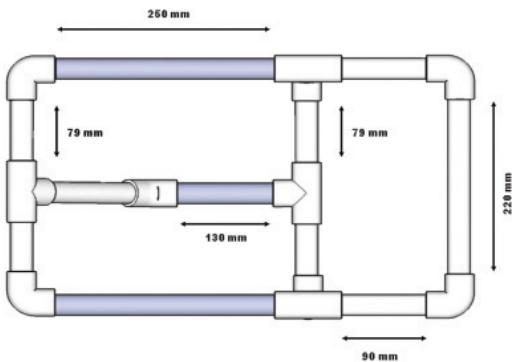
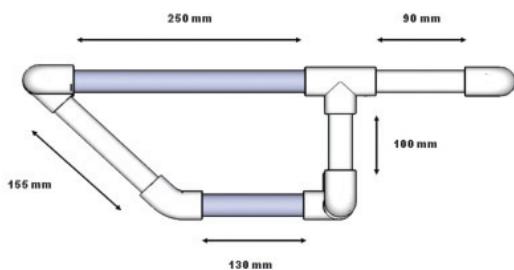


Figura 3.4| : Imagen real del modelo del chasis básico montado.

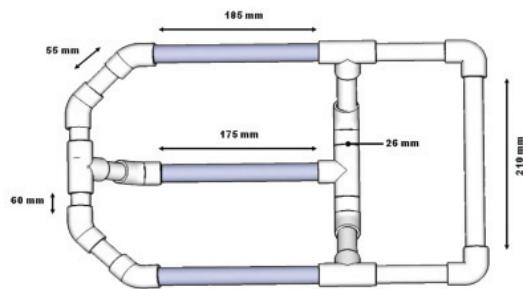
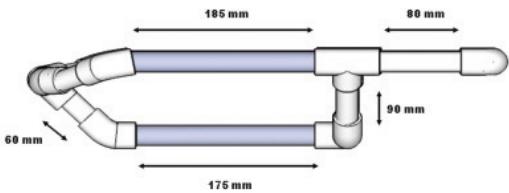
3.4

Se muestran algunos modelos de chasis con sus medidas correspondientes.

OTROS MODELOS DE CHASIS



MODELO B



MODELO C

Figura 3.5| Medidas de un modelo de chasis.

3.5 CONSTRUCCIÓN DE CHASIS

Este manual se ha desarrollado basándose en el modelo de chasis estándar mostrado en la Figura 3.3, pero es igualmente válido para cualquier otro modelo. Sólo se debe tener en cuenta que hay que instalar las dos barras laterales traseras para poder acoplar los motores traseros y una barra central para instalar el motor vertical (ver apartado de conexión de motores).

- ▶ Una vez cortados los tubos de PVC, lijárs los extremos para eliminar el material sobrante y obtener un mejor acabado antes de realizar las uniones.

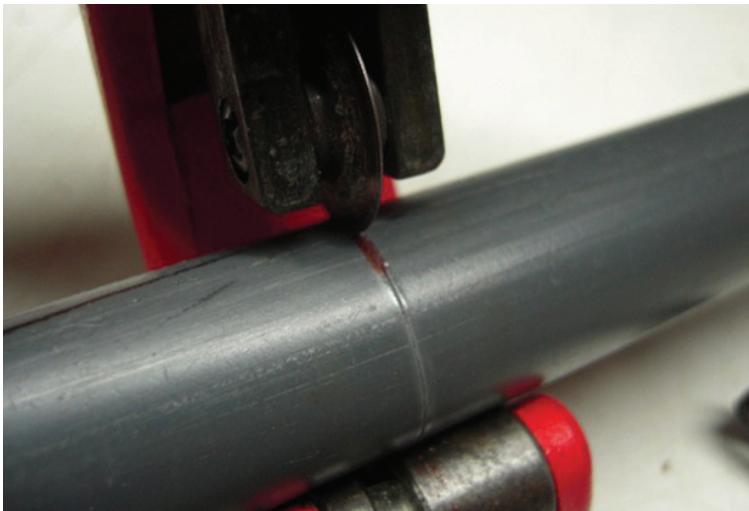


Figura 3.6| Imagen donde se visualiza cómo se corta un tubo de PVC.

Para el montaje del conjunto del chasis se puede optar por ensamblar las piezas según se van cortando, o por el contrario, cortarlas todas antes de empezar el montaje.

Para esta última opción es recomendable marcar cada pieza cortada con su longitud para su posterior identificación. Al final de esta etapa se dispondrá del chasis completamente montado, con la posibilidad de desmontar alguna parte en caso necesario para corregir posibles errores. Dado que los tubos pueden agarrotarse insertados en los codos y uniones, será a veces necesario girarlos mientras se tira de ellos para extraerlos.

! Una vez montada toda la estructura, taladrar en los codos y uniones para crear agujeros que permitan la entrada de agua una vez el vehículo se sumerja; en caso contrario, se producirá la flotación del vehículo por contener aire en su interior y será muy difícil pilotarlo.



Figura 3.7| Chasis del ROV.

CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

4.1 MATERIAL Y HERRAMIENTAS

- ▶ Cable de 1-1,5 mm de diámetro de distintos colores.
- ▶ Motor de C.C. 12 V - 0,27 A, 5500 rpm (o similar).
- ▶ Conectores "Fast-on" hembra.
- ▶ Clema grande (2 puertos).
- ▶ Clema mediana (12 puertos).
- ▶ Bridas.
- ▶ Soldador de estaño.
- ▶ Alicates.
- ▶ Pistola de silicona.
- ▶ Cera caliente para depilación.





4 | CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

4.2

CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

Este modelo de vehículo submarino dispone de dos motores situados en el plano horizontal y uno en el plano vertical, de forma que permite la navegación en las tres dimensiones del espacio subacuático.

Básicamente se conseguirán los movimientos de *subir-bajar*, *avanzar-retroceder* en la horizontal y *girar* a la izquierda o a la derecha. Para la conducción adecuada se dispone de un *joystick* (que controla los movimientos en el plano horizontal) y de *dos pulsadores* (asociados al movimiento en el plano vertical). Estos elementos, adecuadamente combinados, harán que cada motor proporcione el empuje necesario para permitir la maniobrabilidad del vehículo.



Figura 4.1| Imagen representativa del posicionamiento de los motores.

Para las conexiones entre el joystick, los pulsadores y los motores se utilizará cable aislado de 1 ó 1,5 mm de sección en fragmentos de aproximadamente 30 cm. Es conveniente utilizar cable de diferentes colores para facilitar su identificación o marcarlos de forma distinta para este fin. Serán necesarios un total de **24 cables de 30 cm cada uno**.

- ▶ Pelar los cables retirando 1 cm del aislante de un solo extremo del cable, utilizar si se dispone de un pelacables (*Figura 4.2*), en su defecto será suficiente una tijera o un alicate.

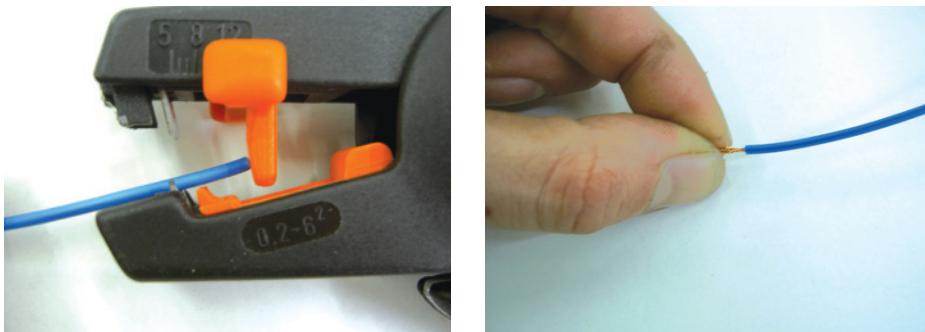


Figura 4.2| Imagen representativa, del pelado de los cables.

- ▶ Estañar el cable recién pelado aplicando calor con el soldador sobre los hilos de cobre (*Figura 4.3*).

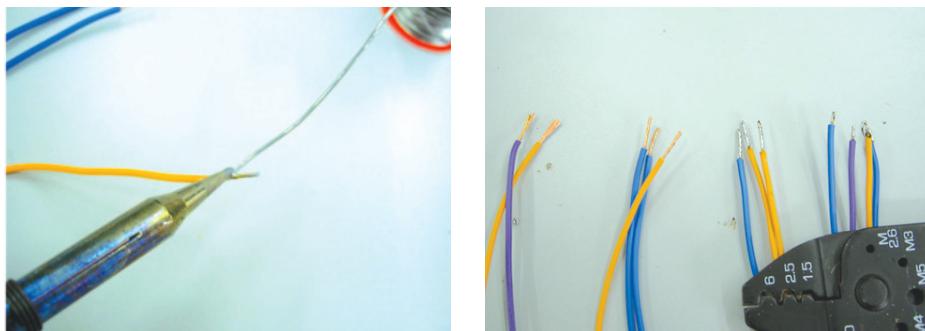


Figura 4.3| Imagen representativa, del estañado de los cables.

- ▶ Dejar unos 3 o 4 segundos para que el cobre adquiera la temperatura adecuada y aportar estaño entre el soldador y el cobre.

4 | CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

Las soldaduras brillantes y cóncavas indican una **unión adecuada**, mientras que las soldaduras con forma de bolas y opacas o mates son indicios de una **mala soldadura** (llamada soldadura fría).

Normalmente es muy difícil conseguir que el extremo del cable quede perfecto a la primera; con este fin, es **recomendable** realizar el pelado de los cables a una longitud de unos 10 mm, para luego ajustar y cortar una vez estañado, dejando 5 mm de cable estañado.



Es necesario disponer de **24 cables de 30 cm cada uno**, todos ellos estañados en un extremo y preferentemente en diversos colores para facilitar su identificación.

En este manual se utiliza la siguiente combinación de colores para los cables:

- ▶ 7 cables de color marrón.
- ▶ 7 cables de color azul.
- ▶ 6 cables de color blanco.
- ▶ 2 cables de color verde.
- ▶ 2 cables de color verde-amarillo.

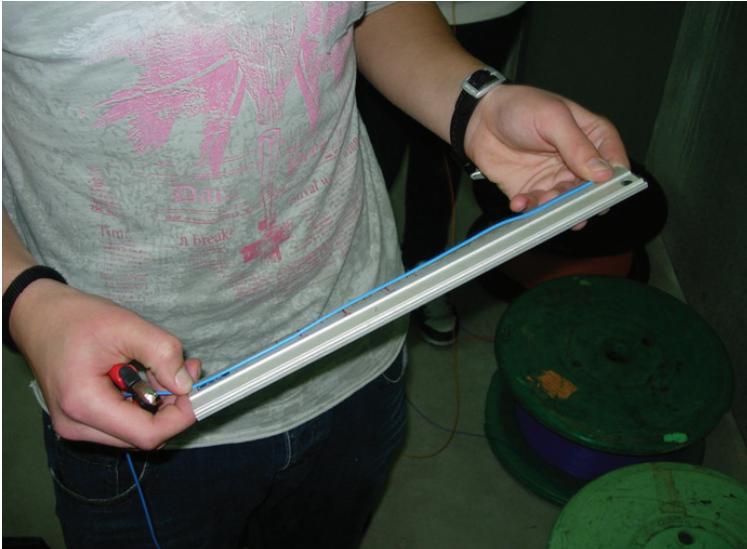


Figura 4.4| Medición de los cables con la ayuda de una regla.

4.4 CRIMPAR LOS CONECTORES “FAST-ON”

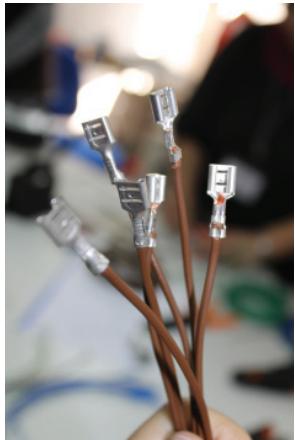


Figura 4.5| Conectores “fast-on”.

Para facilitar las conexiones y evitar fallos en el circuito eléctrico, utilizar conectores “fast-on” (ver Figura 4.5). Estos conectores no necesitan soldadura (por ello, anteriormente se les denominaba *solderless*), pero se pueden soldar a los cables para asegurar la conexiones si se desea.

- ▶ Colocar los conectores “fast-on” a 18 cables en total, en este manual se han utilizado 6 cables azules, 7 marrones, 3 blancos, 1 verde y 1 verde-amarillo (ver Figura 4.6).
- ▶ Para su conexión introducir por el extremo del cable el conector “fast-on” y con la ayuda de una crimpadora (ver Figura 4.7) o de un alicate se aprieta contra el cable hasta que quede bien sujetado, evitando así que se suelte el cable del conector.
- ▶ Asegurar que la lengüeta interna del conector atrape la parte conductora del cable (el cobre) y la otra lengüeta (la externa) atrape el aislante.

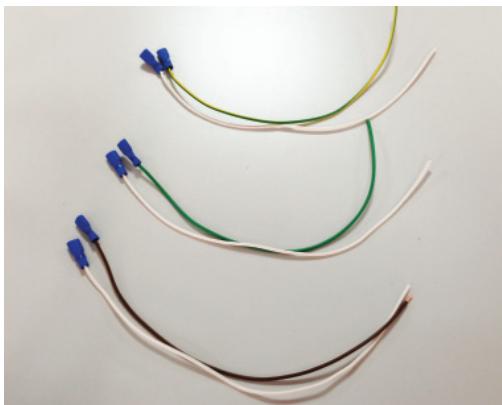


Figura 4.6| Cables necesarios.



Figura 4.7| Crimpadora de conectores “fast-on”.



4 | CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

4.5

CONMUTADORES DEL JOYSTICK Y DE LOS PULSADORES

Un conmutador deja pasar la corriente eléctrica al circuito siempre y cuando esté pulsado, una vez se suelte dejará de pasar corriente.

Si el conmutador no está pulsado, el circuito conecta directamente el terminal común (COM) con el terminal normalmente cerrado (NC – *Normally Closed*). Al pulsarlo cambia la conexión y el terminal común (COM) se conecta al terminal normalmente abierto (NO – *Normally Open*).

En la *Figura 4.8* y en la *Figura 4.9* se muestra un esquema ilustrativo de cómo funciona un conmutador (sin presionar y presionado, respectivamente),

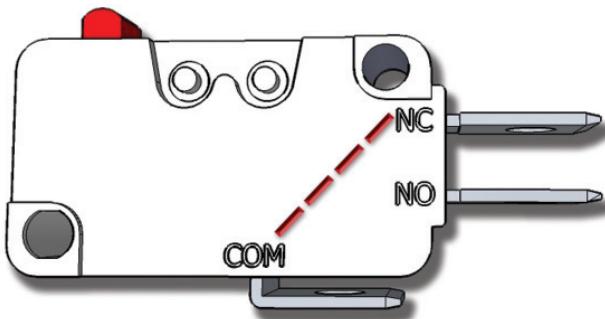


Figura 4.8| Conmutador sin presionar.

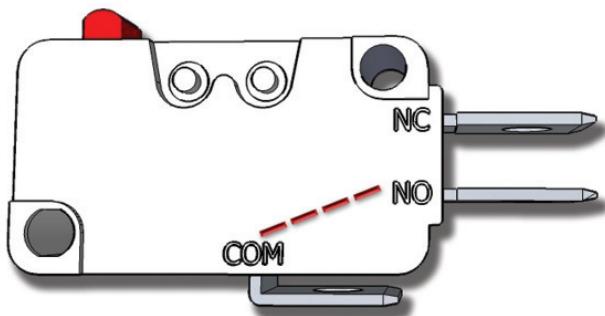


Figura 4.9| Conmutador presionando.

De los 24 cables de 30 cm preparados inicialmente, se han utilizado hasta ahora 18 de ellos conectándoles los fast-on. Para la conexión de los motores será necesario hacer uso de los 6 cables restantes (2 por motor, 3 motores en total). Los pares utilizados en este manual son:

- ▶ **Verde (polo positivo) y blanco (polo negativo):** motor horizontal izquierdo (babor).
- ▶ **Verde-amarillo (polo positivo) y blanco (polo negativo):** motor horizontal derecho (estribor).
- ▶ **Marrón (polo positivo) y blanco (polo negativo):** motor vertical.

! Lo ideal es hacer coincidir la combinación de colores de los cables que se conectarán a la pestaña Común (COM) de los commutadores del joystick y de los dos pulsadores con los usados ahora para los motores (polos positivos); de esta manera, será más fácil saber qué motor irá en la vertical y cuáles van en la horizontal.

- ▶ Una vez que se tienen los cables cortados, pelados y estañados, soldar los pares de cables a cada motor (*Figura 4.10*). En las dos pestañas del motor, hay una que tiene un punto rojo (polo positivo) donde se han soldado en este caso el cable verde, el marrón y el verde-amarillo de cada motor, y en la pestaña contraria se ha soldado para los tres motores un cable blanco, el cual se ha asociado en este manual al polo negativo de los motores.

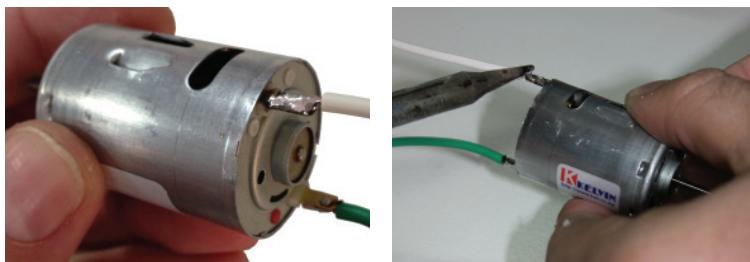


Figura 4.10| Soldando cada par de cables a cada motor.

! Para ver el giro de los motores que se van a instalar en el ROV se debe tener en cuenta “La regla de la mano derecha”: si el motor realiza un giro en sentido contrario a las agujas del reloj (antihorario), empujará el agua hacia arriba y desplazará al vehículo hacia abajo (ver *Figura 4.11*).

Cambiando la polaridad con la fuente de alimentación, conseguiremos que el motor gire, o bien en sentido horario, o bien en sentido antihorario.

ANÍMATE a hacer distintas pruebas para estudiar hacia dónde gira el motor; para ello, ayúdate poniendo un trozo de cinta adhesiva en el eje a modo de bandera (ver *Figura 4.12*).

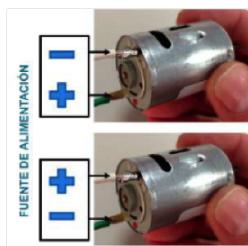


Figura 4.11
Regla de la mano derecha.



Figura 4.12
Cinta adhesiva en el eje haciendo de bandera.

4.7

MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE CONTINUA

Como hemos visto, los motores CC que se utilizan tienen dos terminales.

- ▶ Uno de ellos está marcado con un punto rojo. Cuando se conecta el polo + de la fuente al terminal del motor con el punto rojo, y el polo - de la fuente al otro terminal, el motor gira en sentido antihorario (ver Figura 4.13).
- ▶ Si se realizan las conexiones al revés el motor gira en sentido horario (ver Figura 4.14).

Lo que realmente interesa es disponer de un circuito con el cual sea posible realizar esta inversión del giro del motor (ver Figura 4.15). !

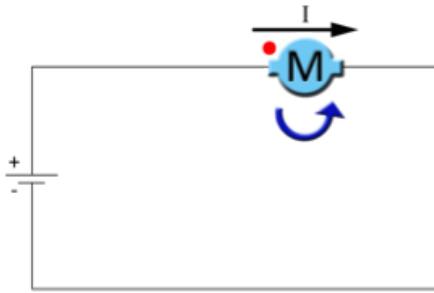


Figura 4.13| Circuito del giro del motor antihorario.

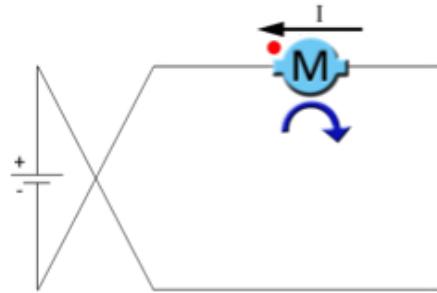


Figura 4.14| Circuito del giro del motor horario.

En el circuito inversor propuesto tenemos dos comutadores (A y B) para realizar el control de cada uno de los motores eléctricos.

Los terminales NO de los dos comutadores están conectados al polo + de la fuente, mientras que los terminales NC de los dos conectores están conectados al polo - de la fuente.

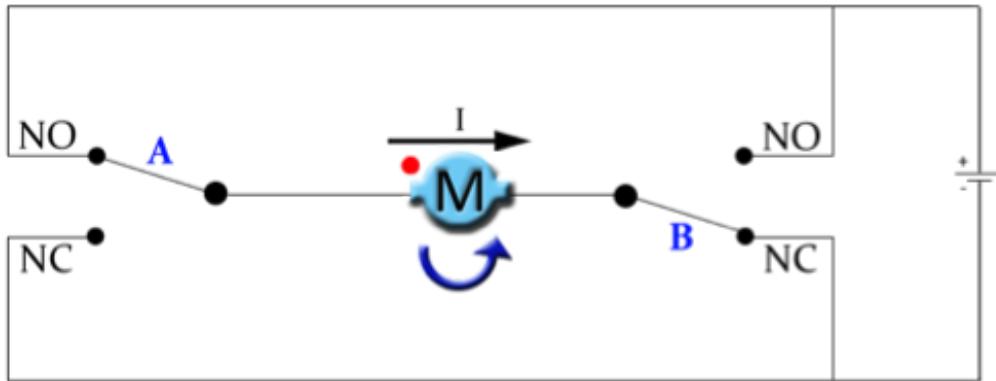


Figura 4.15| Circuito inversor de giro de motor.

Si analizamos atentamente la Figura 4.15 podemos ver que el **comutador A** se encuentra pulsado (el terminal NO está conectado a COM), mientras que el **comutador B** no está pulsado (el terminal NC está conectado a COM). Por lo tanto el terminal con el punto rojo del motor está conectado al polo + de la fuente y el otro terminal del motor está conectado al polo - de la fuente. Esto indica que el motor girará en sentido antihorario.

La que se presenta en la Figura 4.15 es una de las 4 configuraciones que puede tener el circuito (Tabla 4.1).

CONMUTADOR A	CONMUTADOR B	GIRO MOTOR
Pulsado C(A) es +	No Pulsado C(B) es -	Antihorario
Pulsado C(A) es +	Pulsado C(B) es +	No gira
No Pulsado C(A) es -	Pulsado C(B) es +	Horario
No Pulsado C(A) es -	No Pulsado C(B) es -	No gira

Tabla 4.1| Tabla de configuraciones de los comutadores.

El circuito se repetirá para cada uno de los 3 motores de los que dispone el vehículo submarino. Estos 3 motores son: motor **vertical**, motor de **estribo** y motor de **babor**.

El motor vertical viene controlado por los dos pulsadores que tiene la consola de operación. Los dos motores laterales (estribo y babor) vienen controlados por el joystick, que dispone de 4 comutadores (dos para cada uno de los motores).



4 | CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

4.9

ASIGNACIÓN DE LOS CONMUTADORES DEL JOYSTICK

El joystick debe ayudar a la conducción del vehículo de una forma razonable e intuitiva. Debe ubicarse el joystick en disposición romboidal sobre la consola de operación.

Las asignaciones de los 4 conmutadores a los dos motores se realizan de la siguiente forma:

- ▶ **Motor babor:** verde (polo positivo) y blanco (polo negativo).
- ▶ **Motor estribor:** verde-amarillo (polo positivo) y blanco (polo negativo).

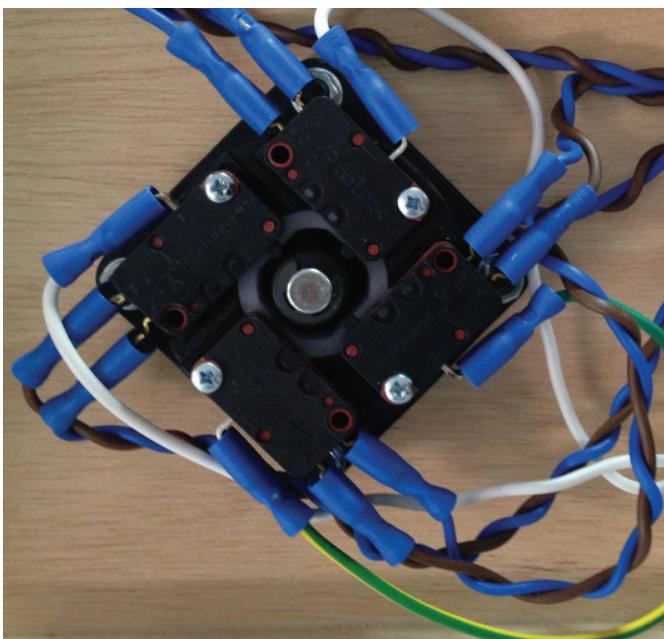


Figura 4.16| Cableado del joystick.

Una vez explicada la conexión entre los conmutadores y los motores, se realizará la conexión de cables. Se usarán los cables a los que previamente se han acoplado los conectores "fast-on", que encajarán en los conmutadores del joystick y los pulsadores de la consola.

Los conmutadores de los pulsadores tienen dos clavijas más, que sirven para el encendido de las bombillas cuando se presiona el pulsador, como se presenta en la Figura 4.17. Más adelante se detalla su conexión si se desean instalar.

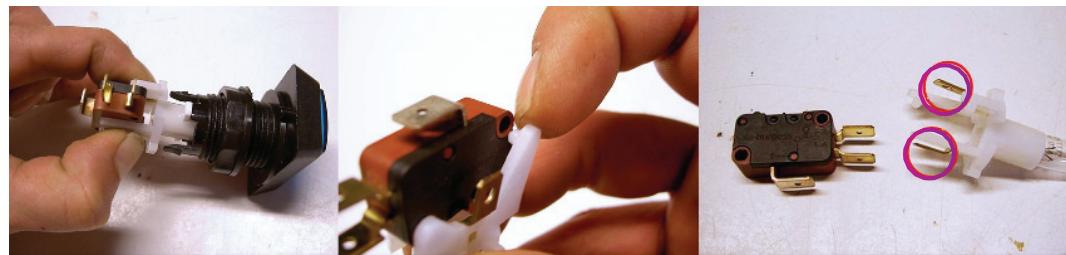


Figura 4.17| Desmonte de los conmutadores.

- ▶ Conectar 6 cables azules al NC de cada uno de los conmutadores del joystick y de los pulsadores y 6 cables marrones al NO de los conmutadores (pestaña NO, normalmente abierto).
- ▶ Todos los cables azules se conectarán juntos en un puerto de una clema de 16 mm y los cables marrones irán a su vez todos juntos en otro puerto independiente.

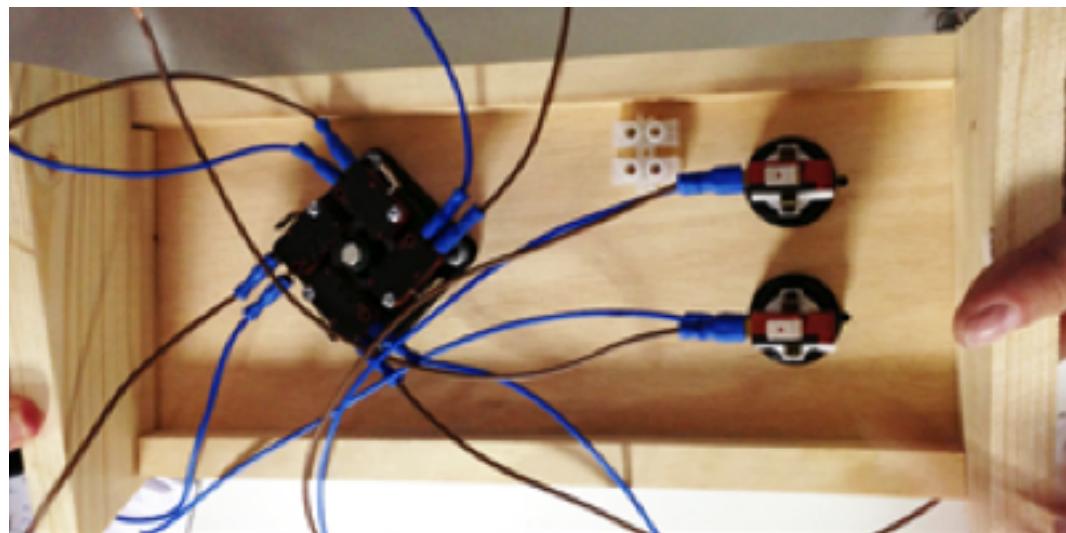


Figura 4.18| Disposición de los cables azules y marrones.

4 | CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

- ▶ Una vez realizado, conectar un cable en cada una de las pestañas Común (COM) de los conmutadores del joystick, en este caso se han usado dos cables blancos, un cable verde y otro cable verde-amarillo.

Los cables blancos serán el polo negativo de los motores y el resto, el polo positivo de los motores que harán los movimientos en la horizontal. Para cada motor horizontal los polos positivo y negativo están situados en los conmutadores de posición opuesta tal y como se ve en la *Figura 4.19*.

- ▶ Una vez finalizado el joystick, se han de conectar los cables de los pulsadores que determinarán el movimiento vertical. Además se han de conectar dos cables a la pestaña Común (COM) de los dos pulsadores; en este caso se ha conectado un cable blanco al pulsador superior de ascenso (polo negativo) y un cable marrón al pulsador inferior para el descenso (polo positivo), que irán conectados al motor que hará los movimientos de subir/bajar el vehículo.
- ▶ Como opción adicional, se pueden conectar los cables que permiten que se encienda el pulsador al presionarlo; si se desea, se pueden preparar 4 cables adicionales con "fast-on"; en este caso, se han usado dos cables verdes y dos verde-amarillos.

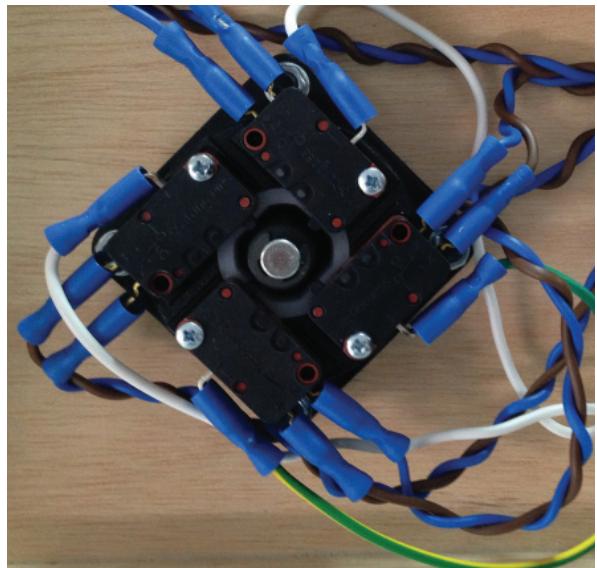


Figura 4.19| Cableado del Joystick.

4.11

PARA EL ENCENDIDO DE LOS PULSADORES

Como siguiente paso, se añade un cable adicional al ya existente en la pestaña COM y se conecta a una de las pestañas de la bombilla (cable verde inferior de la Figura 4.20); en la otra pestaña de la bombilla irá un nuevo cable que se conectará en la clema de dos puertos, junto con todos los cables del polo negativo (cables de color azul) procedentes de las pestañas NC de los interruptores (ver Figura 4.21, clema superior).



Figura 4.20| Cableado de los interruptores.

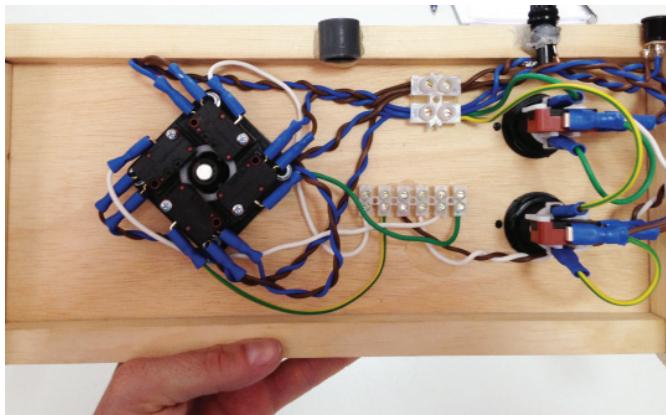


Figura 4.21| Cableado general de la consola



Para el funcionamiento de este modelo se debe disponer de una fuente de alimentación o batería, por lo que será necesario realizar también las conexiones eléctricas adecuadas para ello. En este caso se ha utilizado una fuente de 12V - 5A y un jack hembra apto para dicha fuente (Figura 4.22).



Figura 4.22| Jack hembra conectado a la fuente de alimentación.



- ▶ Al jack hembra se soldará un cable azul de unos 25 cm en el polo negativo y un cable marrón del mismo tamaño en el polo positivo (pestaña en forma de "L").

Ambos cables deberán haber sido previamente preparados (cortados y estriados los hilos de cobre de ambos extremos).

Figura 4.23| Cables soldados al jack hembra.

4 | CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

- ▶ A la mitad del cable marrón se le soldará un portafusible (con un fusible de 3A). **Se recomienda** trenzar los cables entre sí una vez conectados y aislados para organizarlos mejor.
- ▶ Finalmente, se pega con silicona caliente el jack hembra y el portafusible a la consola para evitar que queden sueltos (ver Figura 4.25).
- ▶ Para una correcta conexión y para garantizar tener ordenados los cables, se trenzan los pares de cables y se pegan a la consola dos clemas con silicona caliente, una de ellas de dos puertos y de tamaño grande y la otra clema de 6 puertos y algo más pequeña. En la Figura 4.26 se muestran las conexiones finales tal y como deben quedar.
- ▶ En la clema de 2 puertos (Figura 4.27) irán conectados todos los cables azules (polo negativo) procedentes del joystick y de los pulsadores en un puerto, junto con los dos cables de las bombillas de los pulsadores y el polo negativo procedente de la fuente de alimentación. En el otro puerto de la clema conectar todos los cables marrones procedentes del joystick y de los pulsadores más el polo positivo procedente de la fuente de alimentación (en este caso procedente del portafusible).

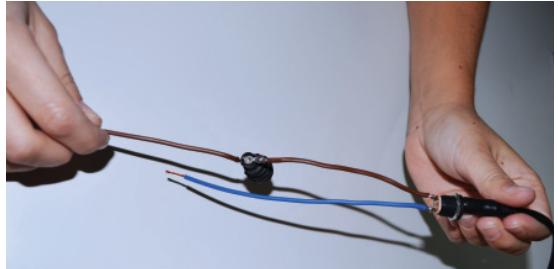


Figura 4.24| Portafusible soldado al cable marrón del jack hembra.

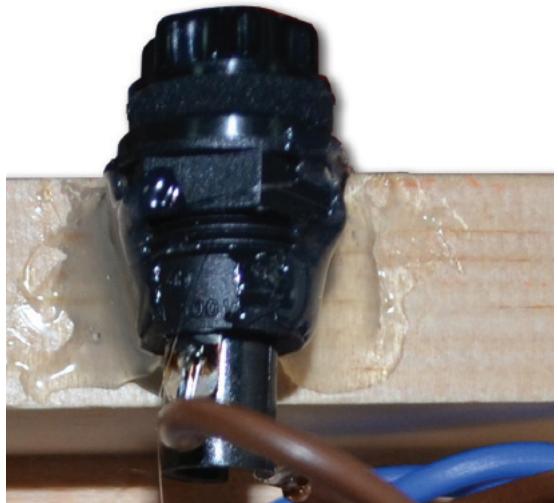


Figura 4.25| Jack hembra pegado a la consola.

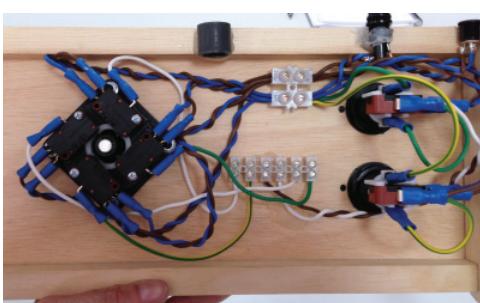


Figura 4.26| Conexionado final de la consola.

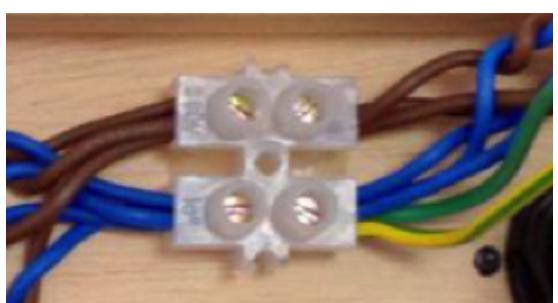


Figura 4.27| Clema de alimentación de los conmutadores.

4 | CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

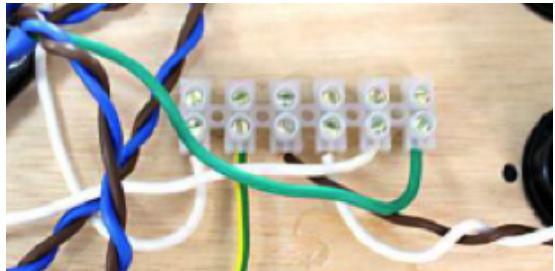


Figura 4.28| Clema de alimentación de los motores.

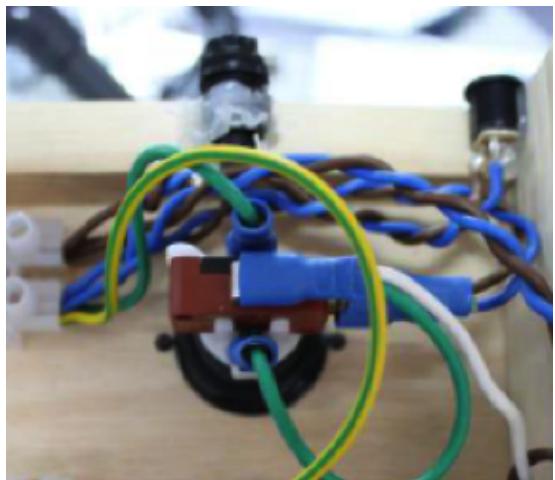


Figura 4.29| Visualización del posicionamiento del jack y el portafusible

- ▶ En la clema de 6 puertos (ver Figura 4.28) irán todos los cables procedentes de las pestañas Común (COM) tanto del joystick como de los pulsadores para el control de los 3 motores (2 horizontales controlados en el joystick y el motor vertical controlado con los pulsadores). Al otro lado de la clema irán las conexiones con el ROV (concretamente con el cordón umbilical que se explicará más adelante) y los motores una vez se realicen dichas conexiones.

En la Figura 4.29 se puede visualizar el cableado, y la posición final del jack hembra de la fuente de alimentación y del portafusible.

4.12

AISLAMIENTO DE LOS MOTORES

Para el correcto funcionamiento del ROV es fundamental realizar el aislamiento de los motores del medio acuoso.

Esto se hará en varios pasos:

- ▶ Se envuelven los tres motores con cinta aislante adhesiva, envolver todo el motor menos el rotor delantero y la parte trasera (ver Figura 4.30).

Se han de evitar dobleces donde pueda entrar el agua.

Es recomendable hacer este paso despacio estirando bien la cinta aislante mientras se coloca.



Figura 4.30| Motores aislados.

- ▶ Los agujeros de la zona trasera del motor se sellan con silicona caliente, ver Figura 4.31.
- ▶ No añadir silicona al rotor trasero ya que debe poder moverse para garantizar el giro del motor.
- ▶ Añadir vaselina en el rotor trasero y encima colocar un pequeño pedazo de plástico cortado en círculo del tamaño del rotor, puede utilizarse el plástico de una tarjeta u otro material no permeable lo suficientemente flexible para cortarlo.
- ▶ Una vez añadido el plástico que cubra el rotor y la vaselina debajo de él, se añade silicona caliente hasta cubrirlo por completo.

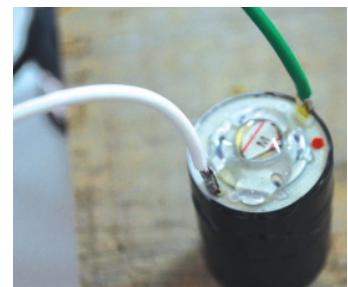
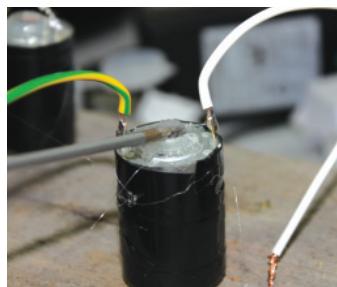


Figura 4.31| Aislamiento con silicona de la parte trasera del motor.

4 | CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

- ▶ El siguiente paso es el encapsulado de los motores, utilizar para ello un bote de plástico cilíndrico cuyas dimensiones interiores sean lo más parecidas a las dimensiones del motor.



Para el tipo de motor utilizado en este manual son apropiados los botes de los antiguos carretes fotográficos.

Es necesario abrir un agujero en su base para permitir el paso del eje del motor (ver *Figura 4.32*), si se dispone utilizar un taladro con una broca de 2,3 mm, en caso contrario ir abriendo el agujero poco a poco de forma que garanticemos que el agujero tiene el tamaño justo para el eje, no debe quedar encajado para permitir su movimiento, pero tampoco debe sobrar espacio entre el eje y el plástico para evitar la entrada de agua.



Figura 4.32| Abriendo un agujero al encapsulado.

- ▶ Antes de introducir el motor en el bote de plástico, cubrir con vaselina alrededor del eje del motor formando un pequeño cono tal y como se muestra en la *Figura 4.33*, no exceder la cantidad para que pueda entrar bien el motor.



Figura 4.33| Recubrimiento del motor con vaselina.

4 | CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

- ▶ Una vez encapsulados los motores (con el eje sobresaliendo al otro lado del bote de plástico), derretir perlas de cera (cera caliente de depilación) en un recipiente para luego cubrir toda la parte trasera del motor hasta el borde del bote de plástico (ver Figura 4.34).
- ▶ Sujetar simultáneamente los cables en posición vertical mientras se vierte la cera líquida (mejor entre dos personas).
- ▶ Verterlo despacio para que no se formen burbujas y quede bien sellado.
- ▶ Dejar secar.

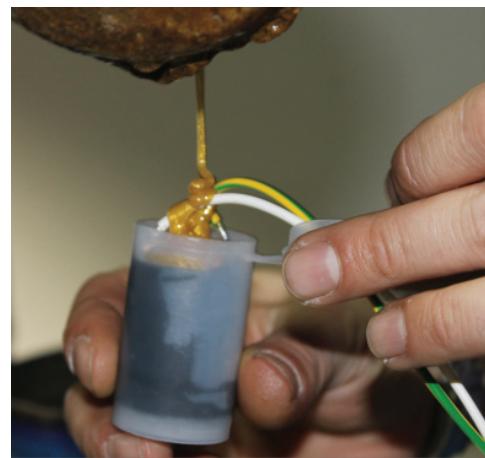
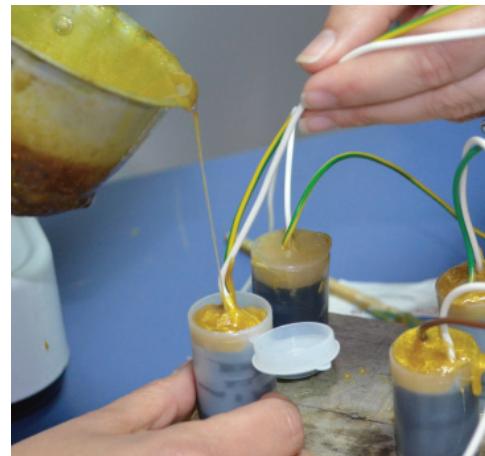


Figura 4.34| Sellado de los motores con cera caliente.

4.13

MONTAJE DE LAS HÉLICES

En este modelo de ROV se han utilizado hélices de 2 aspas de 2 cm por aspa y adaptadores para su unión con el eje del motor.



Para el montaje de cada hélice necesitaremos:

- ▶ Tres arandelas de 3 mm por hélice.
- ▶ Una tuerca pequeña de 3 mm (del diámetro del adaptador).
- ▶ Pegamento para metal (ver Figura 3.35).



Figura 4.35| Materiales necesarios para poder unir la hélice con el motor.

- ▶ Colocar 2 arandelas en el conector antes de insertar la hélice.
- ▶ Añadir pegamento en el conector y colocar la hélice con la ranura o muesca orientada hacia abajo (hacia el lado de las 2 arandelas)
- ▶ Cubrir con más pegamento.
- ▶ Añadir una nueva arandela y la tuerca, teniendo cuidado si el pegamento es de secado rápido.
- ▶ Poner la tuerca con la ayuda de unos alicates y finalmente cubrir toda la tuerca con más pegamento (ver Figura 4.36).
- ▶ No añadir pegamento a la parte inferior del conector (donde se introducirá el eje del motor).



Figura 4.36| Montaje de la hélice.

4.14

MONTAJE DE LOS MOTORES Y DE LAS HÉLICES

4 | CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

Para la sujeción de los motores al chasis, hay que seleccionar el lugar en que se desean instalar; hay que tener en cuenta que el vehículo se desplaza propulsando agua, de manera que el lugar donde se instalen no debe tener nada que obstruya la propulsión.

Debe quedar el espacio completamente libre en la trayectoria de los motores, tal y como se muestra en el chasis de la Figura 4.37.

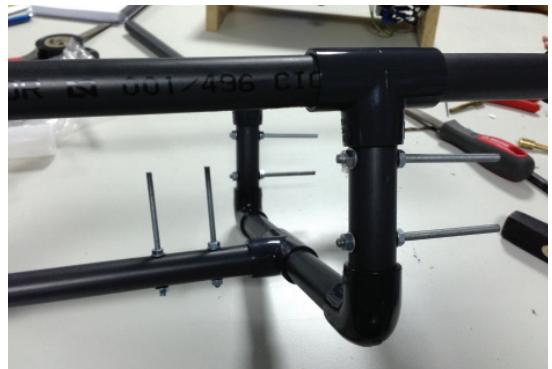


Figura 4.37| Chasis con los espárragos para sujetar los motores.

El motor vertical debe estar preferentemente situado en el centro de gravedad de la estructura y se orientará hacia arriba. Los motores de movimiento horizontal se colocarán en las barras laterales de la estructura orientados hacia atrás para facilitar la propulsión y han de estar bien alineados uno con el otro.

- ▶ Con la ayuda de un taladro y una broca pequeña (4 mm) perforar el chasis e insertar entre 8-9 cm de una varilla rosada de 4 mm de diámetro, a cada lado añadir una arandela y una tuerca de 4 mm, de forma que quede bien sujetada. Para cada motor será necesario instalar 2 varillas separadas a la distancia exacta del diámetro del motor ya encapsulado.
- ▶ Para la sujeción de los motores a las varillas pueden utilizarse bridales en la parte superior e inferior del motor, apretando bien pero no en exceso, puesto que podría provocar que la cera se quiebre y en consecuencia generar fisuras por donde pudiera entrar el agua.

En el modelo desarrollado en este manual se ha instalado en babor el motor horizontal con la combinación de cables blanco y verde, en estribor, el motor con la combinación de cable blanco y verde-amarillo. El motor vertical (de ascenso y descenso) tendrá por tanto la combinación blanco y marrón. De esta forma coincidirá la combinación de cables con los seleccionados en la clema de la consola (clema de 6 puertos).

En cualquier caso antes de su sujeción definitiva es conveniente probar las conexiones para ver que son las correctas respecto a la consola de control y que los motores se mueven como se espera.

- ▶ Para la sujeción, utilizar bridales (dos para cada motor) y luego añadirle silicona caliente para mayor agarre, como se presenta en la Figura 4.38.



4 | CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

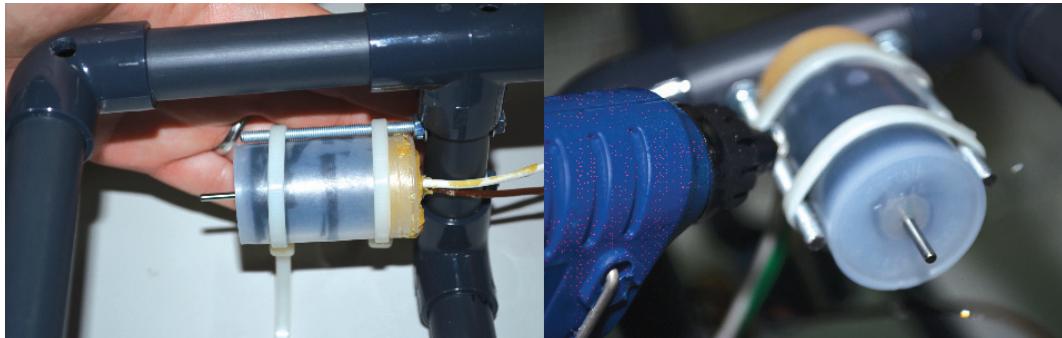


Figura 4.38| Sujeción de los motores a los espárragos mediante bridas.

- ▶ Pegar con silicona caliente una clema de 6 puertos en el chasis (ver Figura 4.39), donde irán conectados los cables de los tres motores al cordón umbilical del ROV.



Figura 4.39| Sujeción de la clema de 6 puertos al chasis.

- ▶ Conectar los cables de los tres motores a la clema del chasis, ver Figura 4.40, respetando la distribución de colores en la misma posición que la clema de 6 puertos instalada en la consola, la cual conectará con el joystick y los pulsadores.



Figura 4.40| Conexión de los motores con la clema de 6 puertos.

4 | CABLEADO DE LA CONSOLA DE CONTROL

Por último se procede a colocar las hélices a los motores (ver *Figura 4.41*).

- ▶ Aplicar pegamento para metal en el extremo del eje del motor, tener precaución que no llegue a la base del eje ya que impediría su funcionamiento.
- ▶ Poner la hélice y apretar con unos alicates para que quede bien fijo.
- ▶ Repetir el procedimiento para cada uno de los motores.



Figura 4.41| Colocación de las hélices en los motores.

ELABORACIÓN DEL UMBILICAL

5.1 MATERIAL Y HERRAMIENTAS

- ▶ 60 m de cable (preferentemente en tramos de 10 m en distintos colores).
- ▶ Conectores giratorios (como los utilizados en utensilios de pesca).
- ▶ Taladro.



5.2

CONEXIÓN CONSOLA-VEHÍCULO

5 | ELABORACIÓN DEL UMBILICAL

Para la elaboración del umbilical son necesarios 6 cables de aproximadamente 10 metros cada uno (el tamaño del cable limitará la distancia que puede recorrer el ROV).

Se puede hacer a una distancia entre 7-12 metros; **no es conveniente** una longitud excesiva para evitar enredos del cable en la operación. Los cables se trenzarán por pares; se pueden trenzar a mano o de una forma mucho más sencilla utilizando un taladro y dos conectores de gancho giratorio, comúnmente llamados “quita-vueltas” (artículo que se utiliza en pesca con caña).

- ▶ Para realizar el trenzado sujetar en un extremo un par de cables con el taladro (ver Figura 5.1) y, en el otro extremo, amarrar un gancho giratorio a cada uno de los cables (puede sujetar cada gancho una persona o amarrarlo a algún lugar). Al poner en marcha el taladro, los cables se irán trenzando automáticamente y con el quita-vueltas evitamos que se enreden.

Es de utilidad que una tercera persona vaya recorriendo el par de cables a medida que se van trenzando para asegurar la operación.

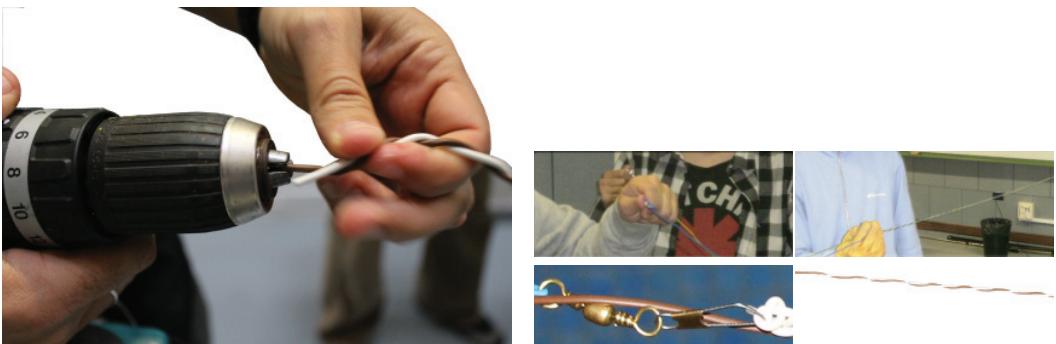


Figura 5.1| Trenzado del cordón umbilical.

- ▶ Una vez trenzados de esta forma cada par de cables, realizaremos una trenza tradicional entre los tres pares y uniremos con cinta aislante a cada medio metro o un metro para evitar que se separen.
- ▶ Una vez terminado, mediremos la distancia necesaria para que los cables lleguen a la clema ubicada en el chasis y anudaremos los cables a la parte trasera del vehículo, tal y como se muestra en la Figura 5.3; de esta forma, cuando se maneje el ROV en el agua no se forzarán las conexiones de la clema. **Se recomienda** realizar un nudo tipo “ballestrinque” (ver Figura 5.2) y sujetarlo con una brida al chasis.
- ▶ Luego conectaremos un extremo de los cables a la clema de la consola e imitaremos las conexiones del otro extremo en la clema del vehículo (haciendo coincidir los colores), ya que el cordón umbilical no es más que un alargador o prolongador de las conexiones de cables de la consola.
- ▶ En cualquier caso, una vez instalados, comprobaremos que los movimientos se corresponden con lo esperado al operar el joystick y pulsadores desde la consola.



Figura 5.2| Nudo “ballestrinque”.



Figura 5.3| Visualización de la trenza del umbilical del ROV.

- ▶ Como comprobación final, hay que asegurarse de que los motores funcionan bien de acuerdo con las órdenes dadas desde la consola (ver Figura 5.4): los pulsadores controlan el movimiento vertical (arriba-abajo) y el joystick los movimientos en la horizontal.



Recordar la “regla de la mano derecha” para asegurar el sentido de la marcha de los motores y que por tanto estén bien realizadas las conexiones.

- ▶ Una vez confirmado, sellar bien la clema y las posibles conexiones de cobre con silicona caliente para aislar el circuito eléctrico del agua.

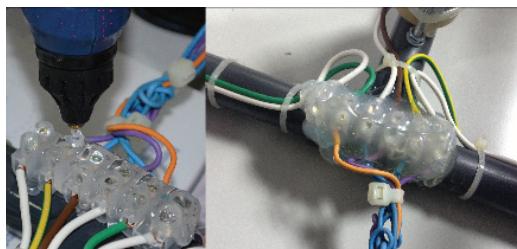
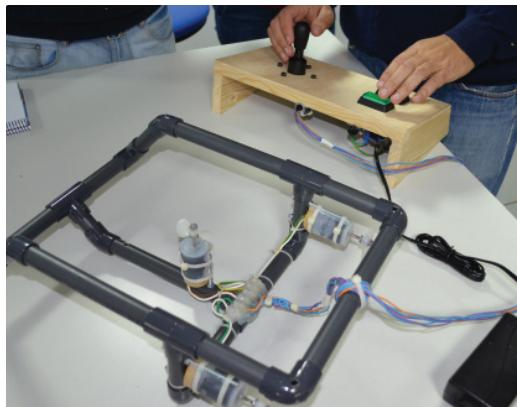


Figura 5.4| Comprobación final de los motores del ROV.

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y FLOTABILIDAD

6.1 MATERIAL Y HERRAMIENTAS

- ▶ Poliestireno expandido (Porexpan).
- ▶ Tuercas para lastre.
- ▶ Cúter.
- ▶ Cinta aislante.
- ▶ Bridas.

6.2

FLOTABILIDAD

Para un correcto funcionamiento del ROV en el agua es necesario que el vehículo disponga de flotabilidad neutra, es decir, que no tenga tendencia ni a hundirse ni a flotar, y además que su masa se encuentre bien equilibrada en la horizontal, presentando una flotabilidad similar en la parte delantera y trasera del vehículo, quedando de esta forma en posición horizontal en el agua.

Para ello se deben equilibrar las masas del propio vehículo, siendo necesario incluir lastre en la parte delantera debido al exceso de masa que generan los motores en la parte trasera.

- ▶ Añadir varias tuercas (u otro material de lastre) en la zona delantera del chasis y sujetar con bridas (ver Figura 6.1). Una forma de comprobar que el ROV está equilibrado horizontalmente consiste en averiguar si el centro de gravedad del vehículo está situado aproximadamente en la mitad del mismo; para ello, se puede probar a sujetarlo con dos dedos a la mitad del vehículo y comprobar si tiende a permanecer recto.



Figura 6.1| Colocación de las tuercas en el chasis.

Para obtener la flotabilidad neutra deseada y terminar de compensar la posición horizontal del ROV en el agua, se deben añadir al vehículo puntos de flotación con poliestireno expandido u otro material de baja densidad. Aunque la flotación debe comprobarse para cada diseño de vehículo en particular, generalmente la necesidad de flotación suele estar de la mitad hacia atrás del vehículo debido a la presencia de los motores (que en comparación con la estructura tienen una masa elevada que es necesario compensar).

Si se desea, se puede adaptar la forma del porexpan al tamaño de los tubos de PVC para que se acoplen perfectamente a la estructura (ver Figura 6.2). Los sujetamos al chasis con cinta aislante adhesiva o preferentemente con bridas.



Figura 6.2| Colocación del porexpan.



6 | PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y DE FLOTABILIDAD

- ▶ Para aligerar el peso del umbilical en el agua añadir pequeños trozos de porexpan cada cierta distancia (cada metro aproximadamente).

La comprobación de la flotabilidad neutra de la estructura se consigue introduciéndola en un tanque de agua y observando su comportamiento (preferentemente agua dulce como una piscina o bañera), compensando las desviaciones observadas añadiendo o retirando pequeñas cantidades de poliestireno hasta conseguir que esté en posición horizontal (ver *Figura 6.3*).

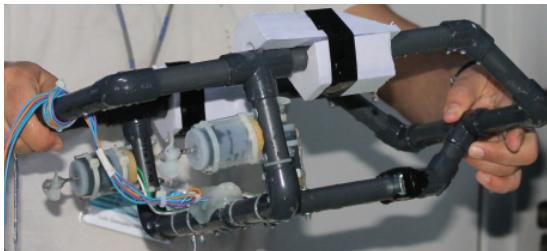
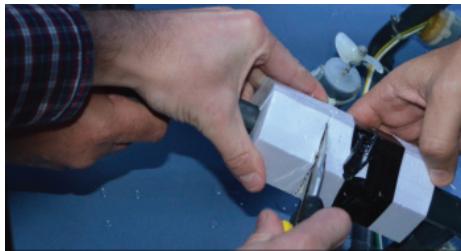


Figura 6.3| Retirada de porexpan.

Se muestra en la *Figura 6.4* que el chasis tiene defecto de flotabilidad en la parte trasera, tendiendo a salir fuera del agua primero la parte delantera del vehículo en vez de permanecer en posición horizontal.

En la *Figura 6.5* se observa que una vez añadida esa flotación trasera extra, su flotabilidad es la óptima.

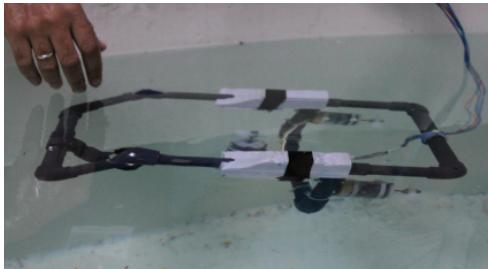


Figura 6.4| Chasis con defecto de flotabilidad.



Figura 6.4| Chasis con flotabilidad óptima.

El ROV está terminado.

El siguiente paso es añadirle accesorios para poder realizar misiones en el agua, un accesorio sencillo es añadir un lápiz en la parte delantera que permite recuperar objetos perdidos en una piscina (se recomienda añadir a los objetos anillas que permitan la recuperación). También se pueden añadir brazos hidráulicos articulados o una cámara submarina.

**¡Anímate a experimentar creando misiones reales
y pilotando un auténtico ROV!**

IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA ARDUINO

7.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, uno de los inconvenientes que tiene este proyecto, es que aún se sigue controlando los ROVs con un centro de mando sin control por software. Controlar el ROV garantiza que su planta motriz (grupo de componentes de un vehículo, motores, que genera energía mecánica y la aplica sobre la superficie de la carretera, el agua o el aire) pueda cumplir las especificaciones de ratio de ascenso y descenso para sortear obstáculos, moverse en un recinto con una longitud determinada y en unas condiciones atmosféricas conocidas.

La importancia del control por software es vital a día de hoy, ya que no sólo permite que el ROV responda a los mandos en la forma prevista y se maniobre por tanto con seguridad como lo hace actualmente sin control por software, sino que además es posible ir más allá: al disponer de una unidad de control en la consola se puede equipar al ROVs de sensores y actuadores, para obtener más información del medio por el que se mueve.

Por ello, una de las metas de este proyecto a corto plazo, es ir incorporando el control por software para que los alumnos investiguen todas las tecnologías que hay actualmente disponibles en el mercado y cómo se pueden utilizar fácilmente en los ROVs.



7.2

OBJETIVO

Este apartado del manual tiene como objeto técnico el diseño y el montaje de la consola de un ROV con el apoyo de la plataforma Arduino. Se pretende así mostrar a los alumnos los primeros pasos que se pueden dar para mejorar la consola de control de los ROVs.

Para ello, se pretende diseñar un sistema electrónico para realizar, de forma automática y fiable, la recopilación de información del medio marino y el control de la planta motriz del ROV. Se diseñarán los ROVs en base a lo estipulado en el Manual de Construcción de un ROV, del taller de robótica submarina de la Plataforma de Divulgación PLOCAN. En este caso, se realizará la construcción de tres consolas, haciendo uso de la plataforma Arduino, para un ROV.

En este caso, se diseñará la parte correspondiente al sistema de control para el ROV. Se excluye la parte correspondiente al chasis, que no sufrirá modificaciones a lo especificado en el apartado anterior.

En esta parte del manual, a diferencia de la primera, donde se especificaba la consola analógica, no se detalla paso a paso el proceso de conexiones eléctricas. Esto se debe a que todas las conexiones que se realizan en esta se especifican con un esquema eléctrico muy detallado. Al utilizar Arduino, las dificultades de las conexiones eléctricas se simplifican. Al implementar esta plataforma, el funcionamiento del control del ROV estará indicado por software, solo hay que tener en cuenta los puntos de conexión entre la placa Arduino y los diferentes mecanismos de la consola.

Cuando esté todo conectado, se programará por software la operación del ROV en relación al funcionamiento de cada componente de la consola. En este caso, todos los programas de las consolas que se especificarán en este manual estarán disponibles en el foro de EDUROVs (<http://divulgacionplocan.eu/index.php/kunena>).

7.3

¿QUÉ ES ARDUINO?

Arduino es una plataforma para el desarrollo de prototipos de código abierto (*open-source*) basados en hardware abierto y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para todo tipo de usuarios, como hobby, o para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos.

Arduino puede percibir información de un entorno (objeto de estudio a controlar o supervisar) mediante la recepción de información desde una variedad de sensores, y puede actuar sobre dicho entorno para controlar luces, motores y otros artefactos. Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar por software en ejecución en un ordenador (por ejemplo Matlab, Android, etc.).

Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarlas preensambladas; el software de programación del Arduino se puede descargar gratuitamente en la página web del fabricante (<http://www.arduino.cc/>).

7.4

¿POR QUÉ ARDUINO?

¿Por qué utilizar Arduino y no otros microcontroladores disponibles en el mercado para computación de variables físicas?

Si bien sería posible la implementación utilizando otra alternativa, destacamos algunos puntos característicos:

- ▶ **Económico:** Las placas Arduino son relativamente baratas comparadas con otras plataformas microcontroladoras.
- ▶ **Multiplataforma:** El software de Arduino se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OS X y GNU/Linux. La mayoría de los sistemas microcontroladores tradicionales estaban limitados a Windows.
- ▶ **Entorno de programación simple y claro:** El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes, pero suficientemente flexible para que los usuarios avanzados puedan aprovecharlo también.
- ▶ **Código abierto y software extensible:** El código del software de Arduino está abierto, disponible para su extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede ser expandido mediante librerías C++, y aquellos que quieran entender los detalles técnicos pueden hacer el salto desde Arduino a la programación en lenguaje AVR C en el cual está basado.
- ▶ **Código abierto y hardware extensible:** Arduino está basado en microcontroladores ATMEGA de Atmel. Últimamente el software de Arduino se ha extendido a otros microcontroladores, en este caso de 32 bits, lo que abre la puerta a la compatibilidad con otras plataformas y la multiplicación de la potencia de control.

El microcontrolador Arduino se puede utilizar como sistema conveniente de control de navegación del ROV, mediante joysticks o palancas de juego, como en nuestra propuesta, o con mandos de diversas consolas de videojuegos (PlayStation, Nunchuck de la Wii, etcétera). Esta es una de las vías de innovación en la construcción del ROV.

Al quedar dos cables libres en el umbilical de ocho cables que se proporciona, éstos pueden utilizarse para un sensor de temperatura del agua colocado en el ROV. Por otro lado, al disponer de recursos suficientes en el microcontrolador, se le puede añadir un display LCD (Liquid-Cristal Display) que muestre información en la consola, como por ejemplo la temperatura.

En este manual básico se distinguirá entre el **Arduino como control de motores** (uso más básico) y **Arduino con sensores y actuadores**, en este caso el sensor de temperatura y el display LCD (uso intermedio).



En un uso que llamaremos avanzado, se puede añadir el sensor de ultrasonidos, las luces, las pinzas robóticas, o los sensores de luminosidad, entre otros.

A día de hoy existen multitud de placas Arduino, y la mayoría de ellas están disponibles en distintas versiones, adaptables prácticamente a cualquier tipo de requisito o necesidad para llevar a cabo un proyecto específico.

El modelo que se utilizará para realizar el control del ROV es el **Arduino UNO** (<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>), que se presenta en la *Figura 7.1*, y cuyas características principales son:

- ▶ Microcontrolador ATmega 328.
 - ▶ 14 pines digitales (entrada/salida).
 - ▶ 6 pines PWM.
 - ▶ 6 pines analógicos.
 - ▶ Cristal de cuarzo a una frecuencia de 16 MHz.

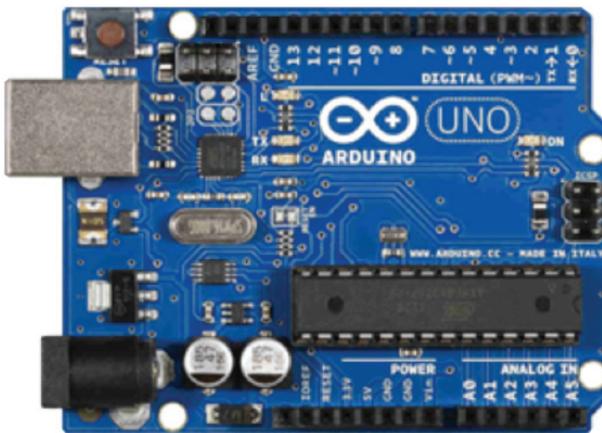


Figura 7.1| Placa Arduino UNO.

Se plantea aquí realizar la consola de control de la planta motriz del ROV por medio de software.

Para ello, se ha decidido utilizar dos joysticks conectados a un Arduino UNO, con el fin de controlar los movimientos del ROV (ver Figuras 7.2 y 7.3) de la siguiente forma:

► **Joystick 2** (movimientos verticales):

- Eje Z: Hundimiento del ROV.

► **Joystick 1** (movimientos horizontales):

- Eje X: Giros del ROV.
- Eje Y: Movimientos de avance y retroceso del ROV.

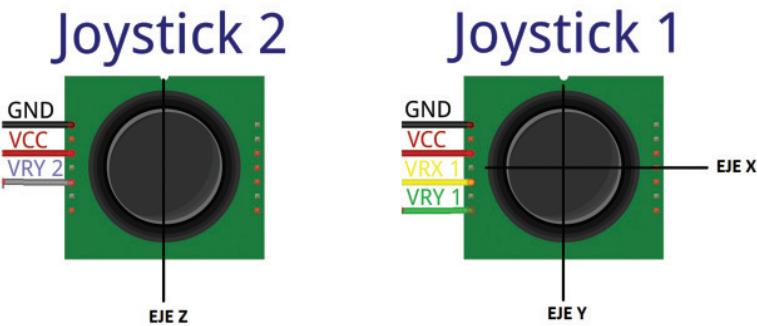


Figura 7.2| Joysticks con la representación de los ejes de movimiento del ROV.



Figura 7.3| Ejes de movimiento del ROV.

Para llevar a cabo esta implementación, se necesitan adicionalmente dos controladores de motores, llamados "Puentes en H". Estos elementos permiten, con un microcontrolador de poco voltaje y corriente, controlar motores que consumen mayor cantidad de corriente, aislando la lógica de control (5V) de la alimentación de los motores (12V o más).

La conexión de los puentes en H a la toma de alimentación (ver *Figura 7.4*), así como la del Arduino, se plantea sin soldador (pues se trata del nivel básico). Por tanto, la alimentación del Arduino puede realizarse a través del pin VIN, como se muestra en el esquema.

Por otra parte, se aprovecha la salida de +5V de uno de los puentes en H para activar todos los pines ENA en alto (a +5V) sin emplear para ello innecesariamente los pines del Arduino, ahorrando de esta manera tres pines digitales.

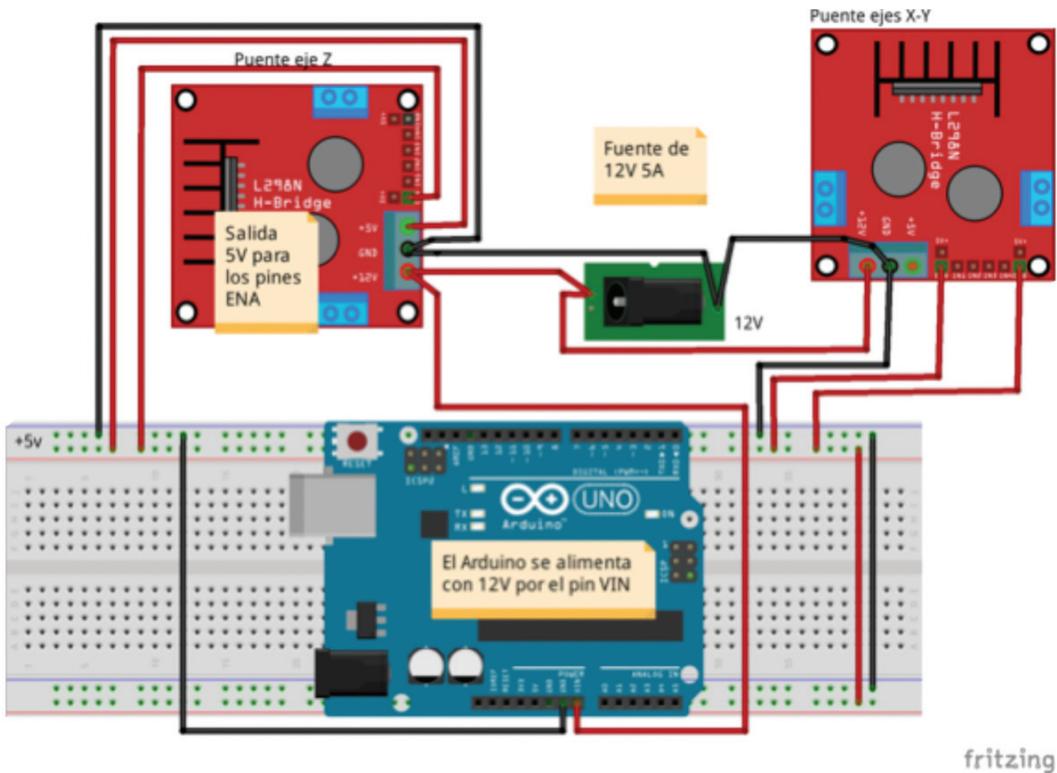


Figura 7.4| Conexión de los puentes H a la fuente de alimentación.

A continuación, se muestra en la *Figura 7.5* un esquema eléctrico de conexiones de la unidad de control con los puentes H que se pretende utilizar.

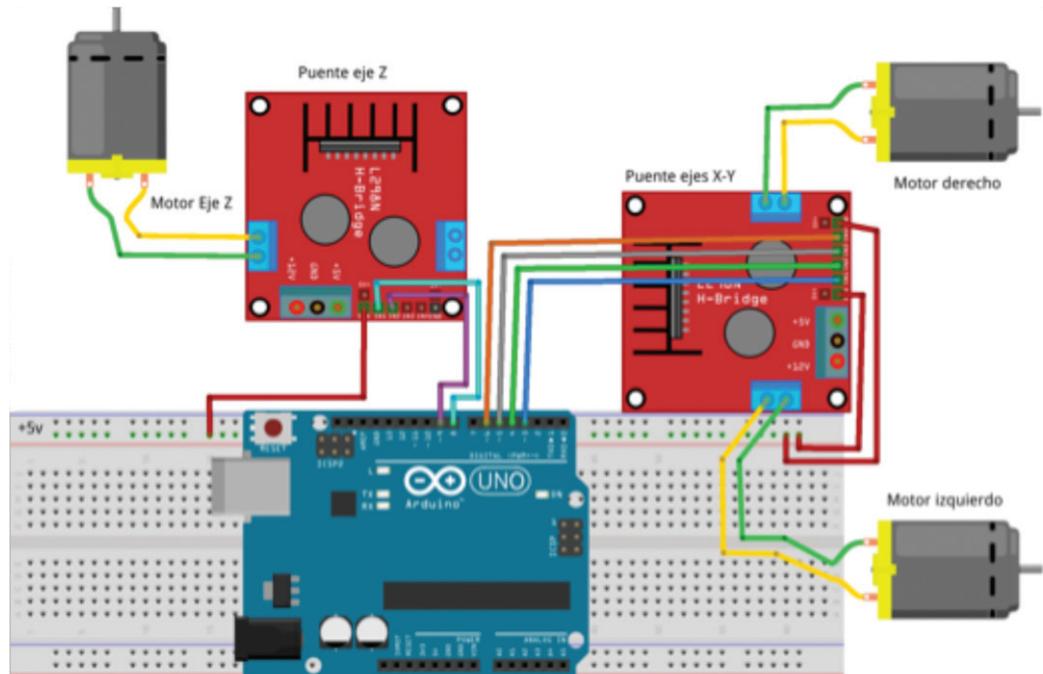


Figura 7.5| Conexión de los puentes H con el Arduino UNO.



Llegados a este punto del manual, donde se va a empezar con las conexiones eléctricas entre el Arduino y los distintos componentes que componen la consola, hay que tener en cuenta las conexiones que se indican en el esquema eléctrico, por ejemplo:

- ▶ **A2 - VRY 2** → Esto significa que el Pin VRY 2, del Joystick 2, va conectado al Pin A2 del Arduino UNO.

En la Figura 7.6 se muestra un esquema eléctrico de la conexión que hay que realizar para conectar los joysticks con el Arduino UNO.

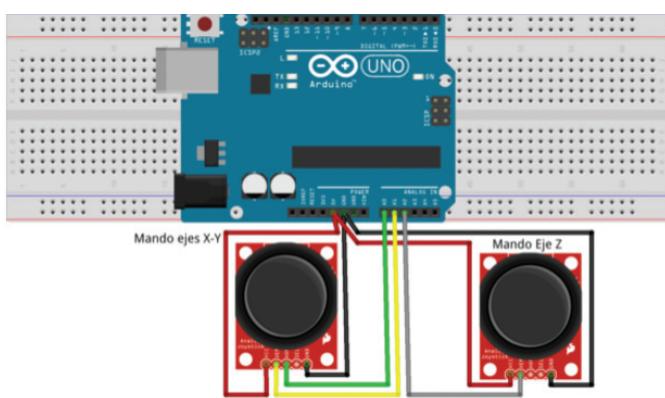


Figura 7.6| Conexión de los joysticks con el Arduino UNO

Para comprender un poco mejor el esquema eléctrico, vamos especificar brevemente el funcionamiento del hardware de la consola de control:

- ▶ **El Joystick 1**, controlará los motores de movimiento horizontal. Dichos motores se encargarán del avance, retroceso y giros del ROV.
- ▶ **El Joystick 2**, controlará el motor de movimiento vertical. El motor se encargará del hundimiento y flotabilidad del ROV.
- ▶ **Los puentes H1 y H2** son los encargados de invertir los giros de motor, es decir, hacen que los motores giren en sentido horario o antihorario según indique la unidad de control. El puente H1, controla los motores de movimiento horizontal, y el puente H2, el motor de movimiento vertical.

Si unimos las conexiones de los dos esquemas eléctricos de las *Figuras 7.4, 7.5 y 7.6*, obtendremos todo el circuito eléctrico de nuestra consola básica.

El código correspondiente para poder manejar el ROV, mediante software por medio de los dos joystick, se encuentra en el foro de EDUROVs (<http://divulgacionplocan.eu/index.php/kunena>). El código que se plantea en dicho foro, no es único, se puede realizar otro código que sea igual de válido para su funcionamiento. Hay que tener claro, que en el mundo de la programación, para llegar a un mismo objetivo existen múltiples caminos.

7.7.2 MONTAJE DE LA CARCASA DE LA CONSOLA

El material de la consola al igual que su diseño es de libre elección, todo depende de la materia prima de la que se disponga para su desarrollo y de nuestras preferencias. Se puede hacer de madera, como las consolas que se venían desarrollando a lo largo de las ediciones anteriores, o de plástico. Para este último caso, es posible utilizar los recipientes que se venden para guardar comida (*tupper-wares*), como en la *Figura 7.7*.



Figura 7.7| *Tupper-wares*

Ya que la consola va estar equipada con dispositivos electrónicos, como es el caso, es fundamental que ésta sea hermética. Con ello, se evita que entre líquido cuando se está maniobrando el ROV cerca del agua.

A continuación, se identifican las medidas de los componentes de la consola, para facilitar su montaje a la hora de fijar los componentes. Las medidas de la consola son de libre elección, como se había citado anteriormente, pero es preferible no ajustar demasiado juntos los componentes electrónicos, y calcular primero el tamaño presentando éstos sobre una superficie plana en una primera colocación, y estimando la superficie que ocupan.



7 | IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA ARDUINO

En la Figura 7.8 se especifica las dimensiones de los joysticks; estas medidas sirven de referencia para abrir los orificios de sujeción de estos. Por otra parte, en la Figura 7.9 se presenta la imagen real del joystick. Con ello, se puede asegurar que el montaje de los joysticks en la consola diseñada se efectúe de manera correcta.

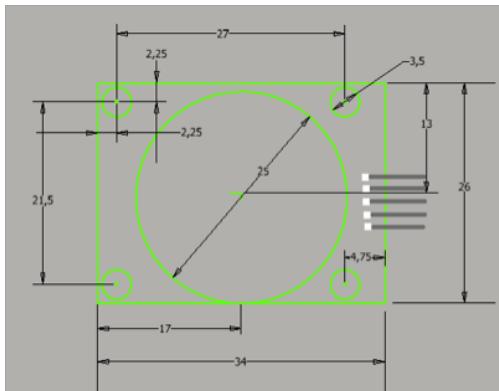


Figura 7.8| Dimensiones del Joystick.

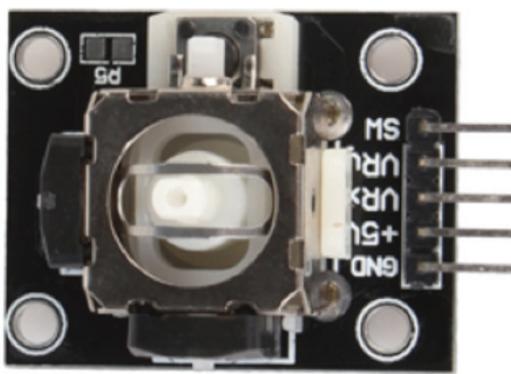


Figura 7.9| Imagen real del Joystick.



En el caso de que se utilice un recipiente de plástico como consola, los joystick irán en la tapa de dicho recipiente. Se dejan el fondo del recipiente para los componentes que faltan para completar la consola: los puentes en H y la placa Arduino UNO.

Para sujetar tanto los puentes H como la placa Arduino, al fondo del recipiente de plástico como a una base de madera, se puede proceder de **dos formas**:

- ▶ **Por medio de tornillería** (ver Figura 7.10): Se ponen los componentes en el lugar donde se quiere colocar y se marca dónde están los orificios de los componentes para la sujeción. Una vez marcados, se abren los orificios, y por medio de tornillos de rosca métrica se sujetan a la base donde irán dispuestos.



Figura 7.10| Tornillo de métrica

- ▶ **Por medio de cinta adhesiva a doble cara** (ver Figura 7.11): Este método es el más rápido y sencillo, solo hay que marcar donde queremos poner los componentes. Una vez marcados, se pega una cara de la cinta al componente y la otra donde se marcó su posición.



Figura 7.11| Cinta adhesiva de doble cara

7.7.3

RESULTADO FINAL DE LA CONSOLA DE CONTROL

Recalcar que los *joystick* solo se pueden sujetar a las bases, ya sean de plástico o madera, por medio de tornillería. Esto se debe, a que no hay otra manera de sujetarlo a una base de cualquier material de manera segura. De todos los componentes que componen la consola del ROV, los *joystick* serán los que más fatigas mecánicas sufran, por eso es muy importante que estén bien sujetos a la consola por medio de tornillería.

Por seguridad y durabilidad de los componentes que componen la consola, **es recomendable** que dentro de lo posible se utilice tornillería para la sujeción de estos.



Una vez terminado el montaje de la consola y haberla pintado o barnizado cuando proceda, quedaría como se muestra en la siguiente imagen. Como se presenta en la Figura 7.12, el diseño de la consola es de libre elección y gusto, tanto en cuanto a sus dimensiones físicas (dentro de unos mínimos) como a su estética.

La colocación de los *joysticks* es de libre elección, solo hay que considerar que donde se coloque no interfiera en los demás elementos hardware de control que se encuentran en la consola. Además de comprobar que la colocación es la adecuada para no interferir con los demás dispositivos, hay que tener en cuenta que la colocación de los *joysticks* sea la apropiada para un manejo cómodo de los *joysticks* a la hora de manejar el ROV (ver Figura 7.13).

Se recomienda, por tanto, que los primeros dispositivos que se instalen en la consola sean los dos *joysticks*. Una vez se hayan colocado, los demás componentes se insertan y sujetan a la consola en los huecos libres que quedan en ésta, de manera que no interfieran en el funcionamiento de los *joysticks*.



Figura 7.12| Consola básica terminada.



Figura 7.13| Imagen ilustrativa del manejo cómodo de los joystick.

7 | IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA ARDUINO

En la *Figura 7.14* se muestra cómo está colocada la unidad de control, Arduino UNO, y los demás componentes. De esta forma, si hubiera que modificar la posición de algún elemento hardware de la consola una vez terminada ésta, se podrá proceder fácilmente sin tener que desconectar ninguno de los dispositivos instalados en ella.

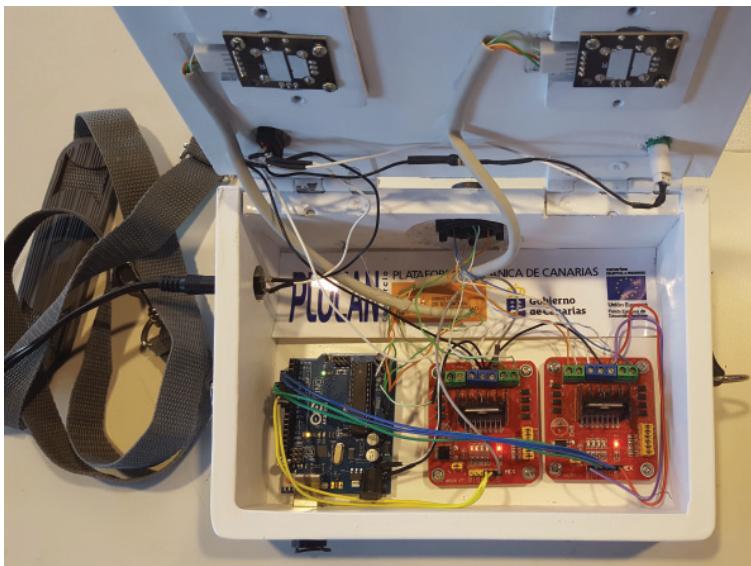


Figura 7.14| Imagen del interior de la consola básica.

Para concluir, se puede observar en la *Figura 7.14*, que las conexiones eléctricas realizadas en la consola están diferenciadas entre sí por los colores de los cables. Con ello, se garantiza que no se produzca ningún tipo de confusión a la hora de realizar las conexiones pertinentes en los elementos de la consola. En consecuencia, resulta interesante, desde el punto de vista didáctico y de la seguridad, conseguir cables de colores variados.

En la *Figura 7.15* se muestra el diseño final del ROV, con la consola básica desarrollada en esta sección del manual.



Figura 7.15| ROV terminado con la consola básica

7.8

En este apartado, se incorpora a la consola analógica básica presentada en la primera sección del manual una pantalla LCD (Liquid Cristal Display), que se presenta en la *Figura 7.16*, que mostrará la temperatura del medio donde está sumergido el ROV.

Para obtener la temperatura, se utilizará un sensor de temperatura sumergible que se ubicará en el chasis del ROV; un modelo posible es el que se muestra en la *Figura 7.16*:

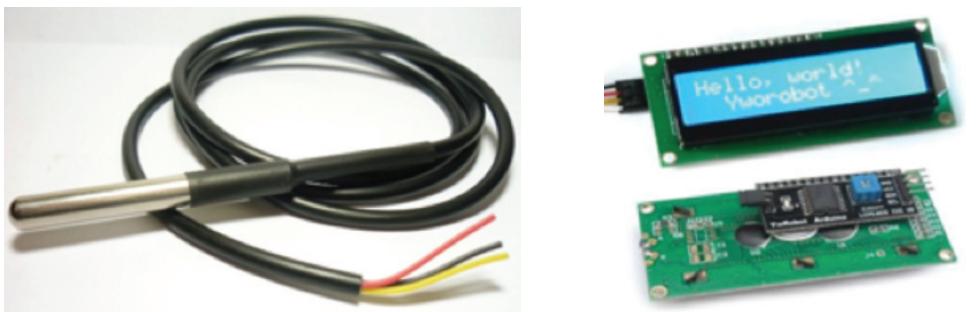


Figura 7.16| Imágenes ilustrativas de una pantalla LCD y un sensor de temperatura sumergible.

El sensor de temperatura estará controlado por una unidad de control (Arduino UNO), su valor se representa en grados centígrados y se expondrá por la segunda línea de la pantalla LCD. La unidad de control solo gobernará, en la consola de control, al sensor de temperatura sumergible y a la pantalla LCD. La planta motriz del ROV, se gobierna con el joystick y los pulsadores.

7.8.1

**ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA CONEXIÓN
DE LA UNIDAD DE CONTROL**

A continuación, se muestra en las siguientes *Figuras 7.17* y *7.18*, un esquema eléctrico de conexiones de la unidad de control, para conectar al Arduino la pantalla LCD y el sensor de temperatura sumergible adecuadamente.

Hay que recordar en este esquema, los pines VCC-VCC y GND-GND son de salida de +5V, mientras que en la consola de nivel básico la conexión de VIN era de entrada de +12V.

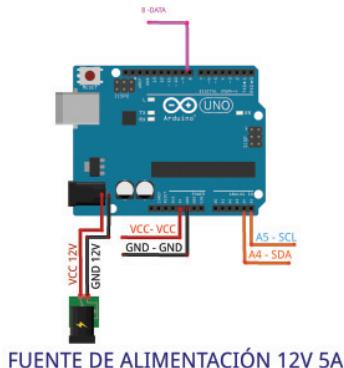


Figura 7.17| Esquema eléctrico del Arduino Uno perteneciente a la consola de nivel intermedio

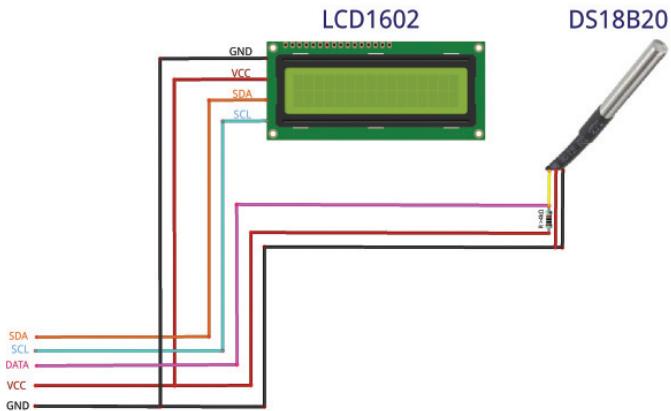


Figura 7.18| Esquema eléctrico de la conexión de la pantalla LCD y el sensor de temperatura

Estas conexiones se realizarán una vez completada la consola de mando como está indicado en el apartado 2 y 4 del manual.



Hay que considerar las conexiones que se indican en el esquema eléctrico, por ejemplo:

- ▶ **A5 - SLC** → Esto significa que el Pin SLC de la pantalla LCD, va conectado al Pin A5 del Arduino UNO.

- ▶ Por otro lado, **recordar**, que entre el cable Data del sensor de temperatura sumergible y Vcc(5V) hay que poner una resistencia de al menos 4KΩ para hacer que el sensor funcione correctamente.
- ▶ **Es recomendable** colocar también resistencias “pull-up” entre VCC y SDA y entre VCC y SCL, de un valor de 4.7KΩ, ya que, aunque supuestamente el Arduino UNO las incluye en sus pines SDA y SCL, si las colocamos externamente nos ahorraremos muchas incidencias.



Para más aclaraciones, consultese el Anexo 1 sobre el display LCD.

El código correspondiente para poder manejar el sensor de temperatura DS18B20 con Arduino, se encuentra ubicado en el foro de EDUROVs (<http://divulgacionplocan.eu/index.php/kunena>). El código que se plantea en dicho foro, no es único, se puede realizar otro código que sea igual de válido para su funcionamiento. Hay que tener claro, que en el mundo de la programación, para llegar a un mismo objetivo existen múltiples caminos.

7.8.2

RESULTADO FINAL DE LA CONSOLA DE CONTROL

Una vez terminado el montaje de la consola y haberla pintado, quedaría como se muestra en la Figura 7.19. Como se puede observar, la consola es la misma que se venía haciendo tiempo atrás, la única diferencia a primera vista es la pantalla LCD por donde se muestran los datos de temperatura obtenidos por el sensor de temperatura sumergible.



Figura 7.19| Imagen de la consola de nivel intermedio terminada

La colocación de la pantalla LCD es de libre elección, solo hay que tener en cuenta que en donde se coloque no interfiera a los demás elementos de hardware de control que se encuentran en esta. En la Figura 7.20, se muestra la escritura realizada en las dos líneas de la pantalla del LCD. En la primera línea se expuso el nombre del proyecto y la institución, y en la segunda, la temperatura obtenida por el sensor de temperatura sumergible.



Figura 7.20| Imagen de la pantalla LCD mostrando la información.

La Figura 7.21 presenta la parte baja de la consola. Así, se puede observar cómo está colocada la unidad de control, Arduino UNO. Es fundamental, como se comentó en el apartado anterior, que la colocación de los elementos sea lo suficientemente flexible como para poder realizar modificaciones posteriores de forma sencilla. Además, es también importante la diferenciación de las conexiones eléctricas mediante el color utilizado en el cableado.

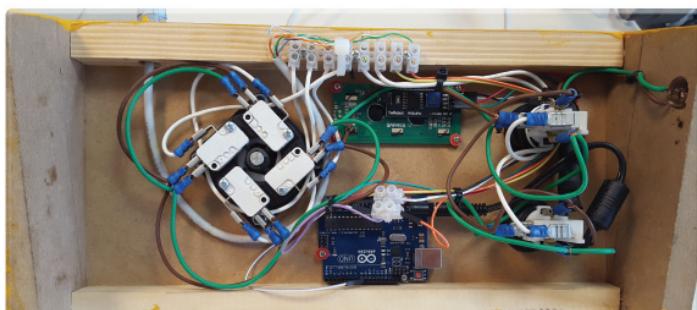


Figura 7.21| Imagen de la parte de abajo de la consola de nivel intermedio.

7 | IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA ARDUINO

Para concluir, hay que considerar que para conectar el sensor de temperatura en el chasis del ROV, no hace falta poner más cables en el cordón umbilical. El cordón umbilical proporcionado en los kits del proyecto viene formado por cuatro pares de cables diferenciados por colores. De esos cuatro pares, existe un par sobrante para poder conectar el sensor de temperatura sumergible a la placa Arduino como viene especificado en el esquema eléctrico mostrado en la *Figura 7.22*.

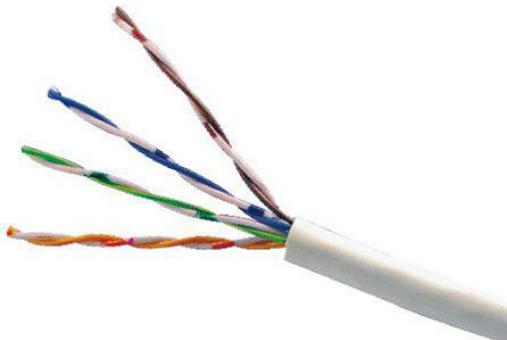


Figura 7.22| Imagen de los cuatro pares de hilos del umbilical.

En la *Figura 7.23* se muestra el diseño final del ROV construido con la consola de nivel intermedio, que nos permite maniobrar y obtener la temperatura del medio que rodea al ROV.



Figura 7.23| Imagen del ROV terminado con la consola de nivel intermedio.

En este punto del manual, una vez vista la construcción de la consola de nivel básico y nivel intermedio, se plantea dar un paso más. Así, se plantea una consola de control que gobierne la planta matriz del ROV por software. Además, a esta se le ha incluido un sensor de temperatura y humedad que se instalará en un lateral de la carcasa de la consola (ver Figura 7.24).



Figura 7.24| Imagen de los componentes utilizados en la consola de nivel avanzado.

La consola dispondrá de dos joysticks, una pantalla LCD, un sensor de temperatura y humedad, y dos puentes H (ver Figura 7.25), todos ellos gobernados por el Arduino Uno que es la unidad de control encargada de manejar el ROV.

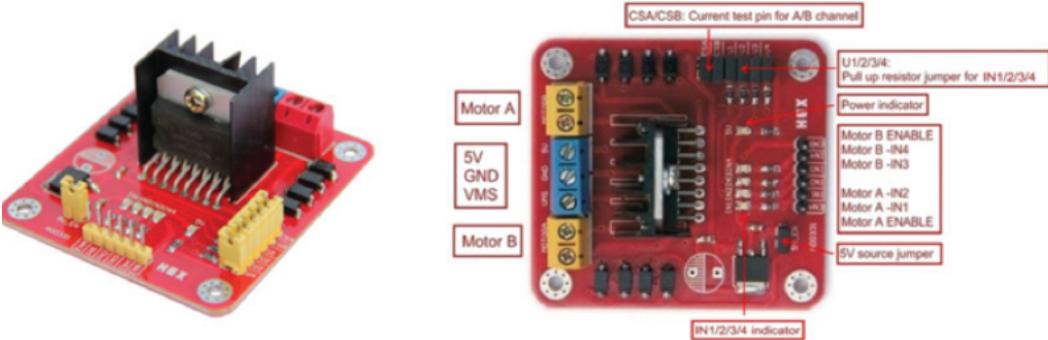


Figura 7.25| Imagen de los puentes en H utilizados en la consola de nivel avanzado.

A continuación, se muestra en la *Figura 7.26*, un esquema eléctrico de las conexiones de la unidad de control con el hardware que compone la consola de control que se pretende realizar. La *Figura 7.27* muestra un esquema eléctrico de la conexión de los componentes.

MOTOR MOVIMIENTO VERTICAL MOTORES MOVIMIENTO HORIZONTAL

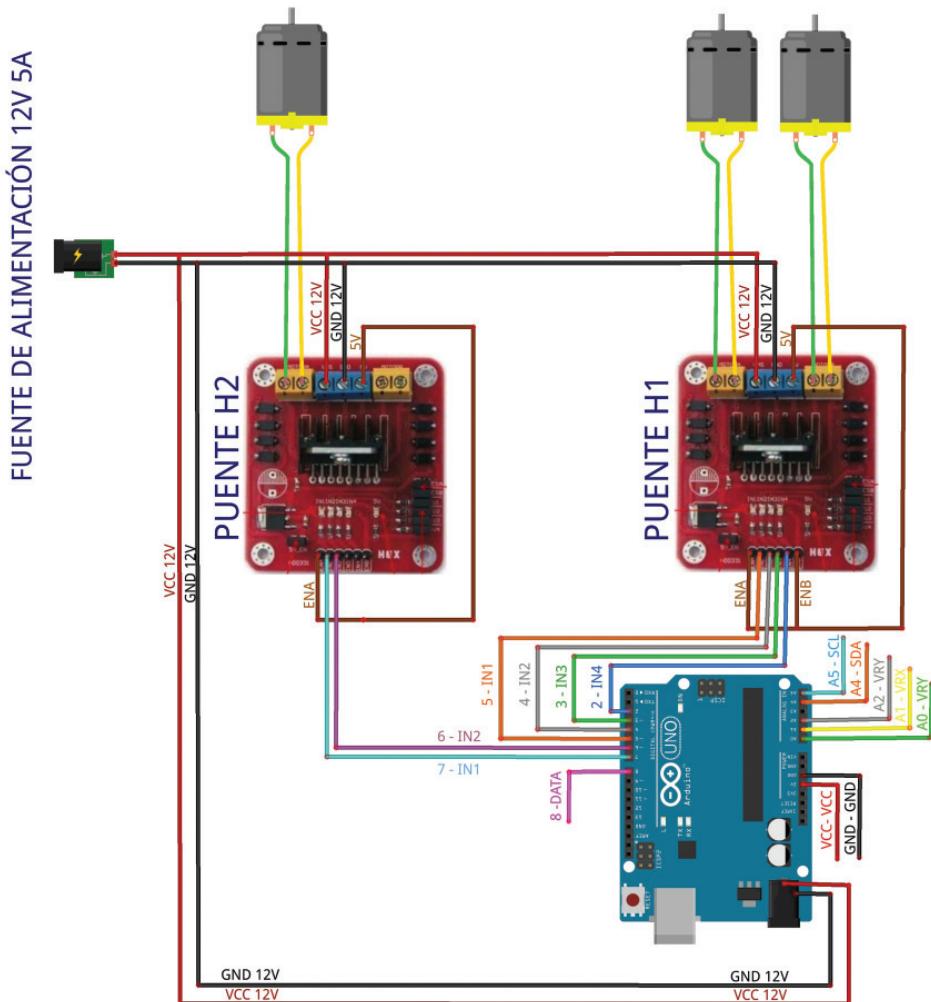


Figura 7.26| Esquema eléctrico de conexión de la consola de nivel avanzado.

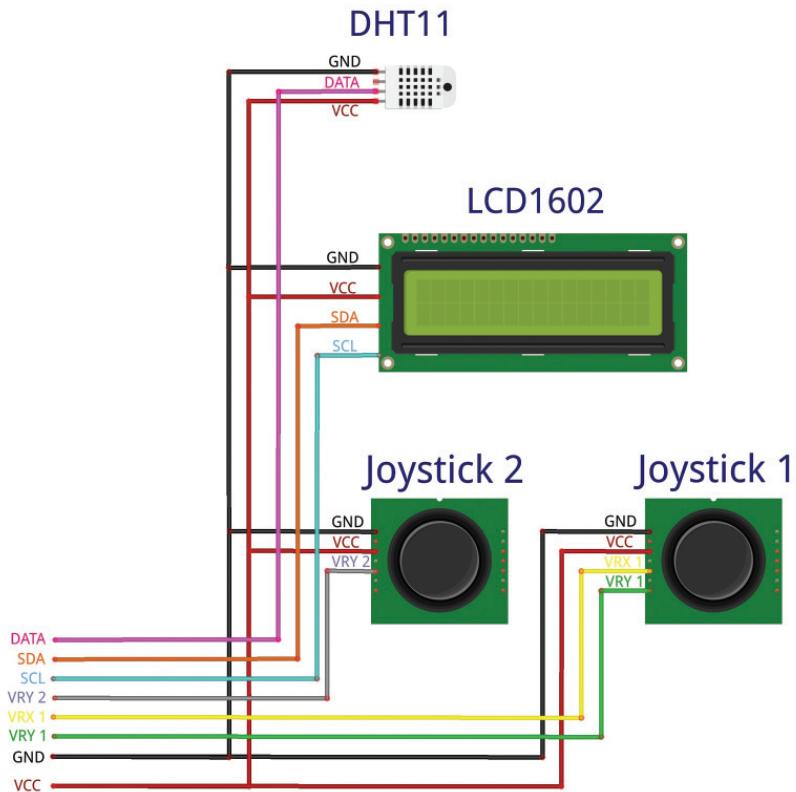


Figura 7.27| Esquema eléctrico de la conexión de los componentes.

Como se ha indicado a lo largo del manual, hay que tener en cuenta las conexiones que se indican en el esquema eléctrico, por ejemplo:

- ▶ **A4 - SDA** → Esto significa que el Pin SDA de la pantalla LCD, va conectado al Pin A4 del Arduino UNO.

Para comprender aún más el esquema eléctrico, se especifica a continuación el funcionamiento del hardware de la consola de control:

- ▶ **La pantalla LCD** muestra al usuario los datos obtenidos por el sensor DHT11. Por un lado, presenta la temperatura ambiente en grados centígrados, y por otro, indica la humedad ambiente en tanto por cien.
- ▶ **El Joystick 1**, controla los motores de movimiento horizontal. Dichos motores, se encargan del avance, retroceso y giros del ROV.
- ▶ **El Joystick 2**, controla el motor de movimiento vertical. El motor se encarga del hundimiento y flotabilidad del ROV.
- ▶ **Los puentes H1 y H2** son los encargados de invertir los giros de motor. Su funcionamiento implica que los motores giren en sentido horario o antihorario según indique la unidad de control. El puente H1, controla los motores de movimiento horizontal, y el puente H2, el motor de movimiento vertical.



El código correspondiente para poder manejar el ROV, totalmente por software con Arduino, se encuentra en el foro del proyecto EDUROVs (<http://divulgacionplocan.eu/index.php/kunena>). El código que se plantea en dicho foro, no es único, se puede realizar otro código que sea igual de válido para su funcionamiento. Hay que tener claro, que en el mundo de la programación, para llegar a un mismo objetivo existen múltiples caminos.

7.9.2

RESULTADO FINAL DE LA CONSOLA DE CONTROL



Figura 7.28| Imagen de la consola de nivel avanzado terminada.

Se puede observar en la *Figura 7.29* de la pantalla LCD, como se ha integrado el valor de la humedad en la segunda línea de la pantalla del LCD.



Figura 7.29| Imagen de la pantalla LCD de la consola de nivel avanzado.

7 | IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA ARDUINO

Si se observa el interior de la consola en la siguiente *Figura 7.30*, se puede observar cómo está colocada la unidad de control, Arduino Uno. Se trata de proceder como en ocasiones de una forma ordenada que facilite la modificación posterior del hardware y el cableado integrados en la consola.

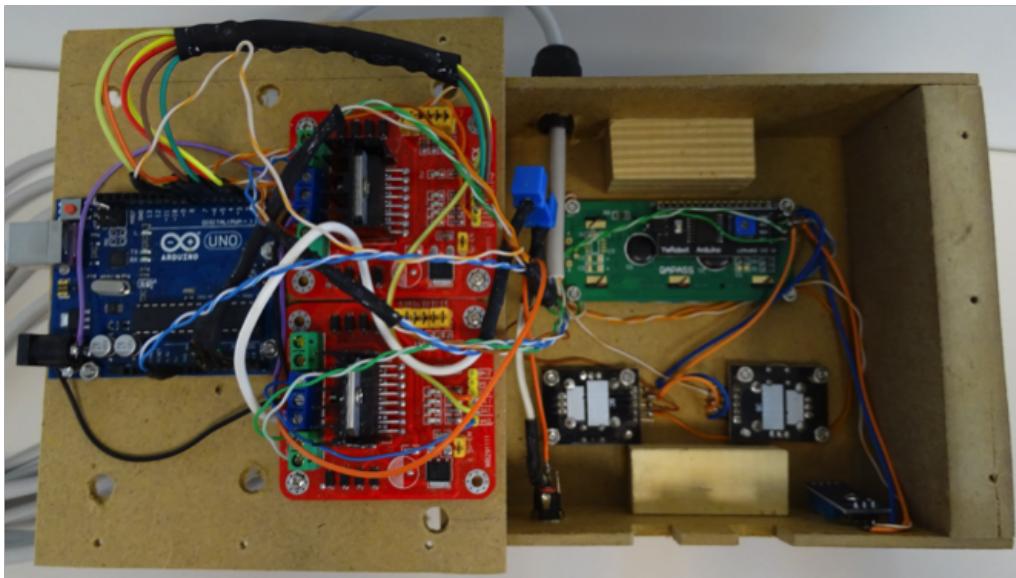


Figura 7.30| Imagen del interior de la consola de nivel avanzado.

En la *Figura 7.31* se muestra el diseño final del ROV construido para la consola de nivel avanzado.



Figura 7.31| ROV con la consola de nivel avanzado.

7.10

CONSOLA DEL ROV CON ARDUINO
LÍNEAS FUTURAS

En este punto del manual, se quiere transmitir con un ejemplo básico las líneas futuras a seguir, para mejorar año tras año el control y funcionalidad de los ROVs con el apoyo de las nuevas tecnologías (móviles, Tablet, etc,...)

Para transmitir este objetivo futuro, por el que se pretende seguir mejorando los ROVs, en este punto se va explicar los pasos mínimos de cómo controlar un ROV con el mando de una PlayStation 2 (ver figura 7.32) conectado con el Arduino UNO.



Figura 7.32| Mando de la PlayStation 2.

- ▶ Se necesitará como elementos electrónicos **dos Puentes en H**, un **Arduino UNO** y un **mando de la PlayStation 2**, para el desarrollo de esta consola.
- ▶ Para resguardar las conexiones, y asegurar un buen funcionamiento de los elementos electrónicos, se necesitará una **caja estanca** (ver figura 7.33) y cables.



Figura 7.33| Caja estanca.

7.10.1

ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA CONEXIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL

A continuación, se muestra en la siguiente figura 7.34, un esquema eléctrico de conexiones de la unidad de control, para conectar al Arduino el mando de la PlayStation 2 y los Puente H, para controlar los motores. Hay que recordar en este esquema, los pines VCC-VCC y GND-GND son de salida de +3.3V, mientras que en la consola de nivel básico la conexión de VIN era de entrada de +12V.

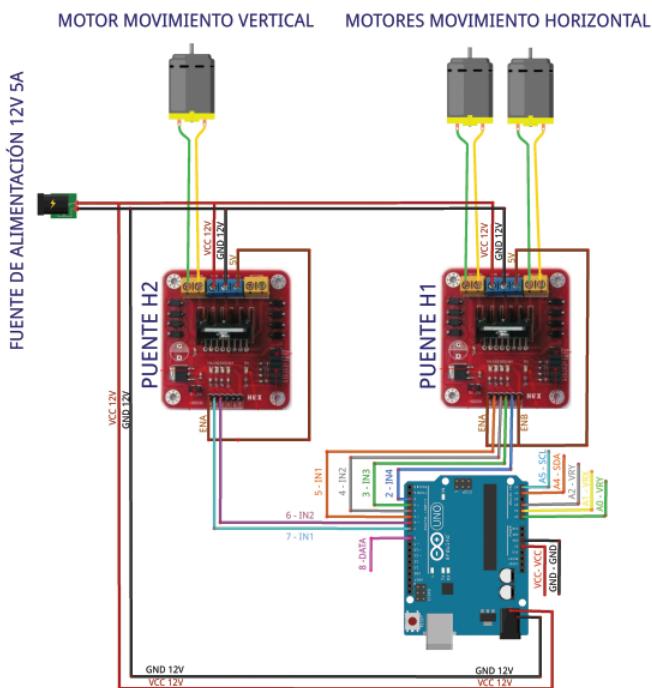


Figura 7.34| Esquema eléctrico de conexión de la consola Lineas Futuras.

Para saber que pines del conector del mando de la PlayStation 2 van conectados con la placa Arduino, primero identificamos los pines que componen conector del mando (ver figura 7.35).



Figura 7.35| Identificación de los pines del conector del mando de la PlayStation 2

Para controlar el ROV, no nos hace falta utilizar todos los pines del mando. A continuación, se muestra en la *tabla 7.1*, donde se expondrá los pines que se utilizan del mando y a que pin de la placa Arduino van conectados.

Pines del conector del PlayStation 2	Pines de la placa Arduino
Data	Pin 8
Command	Pin 11
Attention	Pin 10
Clock	Pin 9
Power	Pin Power 3.3V
GND	Pin GND

Tabla 7.1| : Identificación de los pines utilizados en el mando de la PlayStation 2

Al no utilizar todos los pines disponibles del mando, se ha estipulado que el control de la planta motriz del ROV se efectúe de la siguiente manera:

- ▶ El botón “Triángulo” para hacer emerger el ROV.
- ▶ El botón “X” para hundir el ROV.
- ▶ El “Panel de Cruz” se utilizará para los avances, retrocesos y giros del ROV.

El código correspondiente para poder manejar el ROV, con el mando de la PlayStation 2, se encuentra en el foro del proyecto EDUROVs (<http://divulgacionplocan.eu/index.php/kunena>). El código que se plantea en dicho foro, no es único, se puede realizar otro código que sea igual de válido para su funcionamiento. Hay que tener claro, que en el mundo de la programación, para llegar a un mismo objetivo existen múltiples caminos.

Una vez terminado el montaje de la consola y haberla pintado, quedaría como se muestra en la *Figura 7.36*. Con el mando de la PlayStation 2 se manejaría el ROV y en la caja estanca se guarda todo el sistema electrónico.



Figura 7.36| Consola realizada con el mando de la PlayStation 2

7.10.2

7 | IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA ARDUINO

Si se observa el interior de la caja estanca utilizada para resguardar todo el sistema electrónico de la consola en la siguiente *Figura 7.37*, se puede observar cómo está colocada la unidad de control, Arduino UNO. Se trata de proceder como en ocasiones de una forma ordenada que facilite la modificación posterior del hardware y el cableado integrados en la consola.

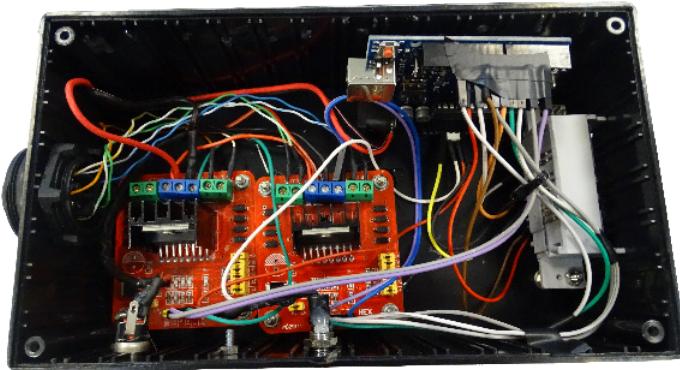


Figura 7.37]: Interior de la caja estanca utilizada para el mando de la PlayStation 2

En la *Figura 7.38* se muestra el diseño final de la consola de líneas futuras, realizada con el mando de la PlayStation 2 para controlar la planta motriz de un ROV con un dispositivo electrónico fabricado a priori para el funcionamiento de un dispositivo recreativo.



Figura 7.38]: Consola final realizada mando de la PlayStation 2.

SCRATCH Y SCRATCH FOR ARDUINO (S4A)

PARA LA PROGRAMACIÓN DE EDUROVs



8.1

EL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN SCRATCH

Scratch es un lenguaje de programación visual libre orientado a la enseñanza principalmente mediante la creación de juegos. Para las escuelas se convierte en una oportunidad para ayudar a los estudiantes en el desarrollo de habilidades mentales mediante el aprendizaje de la programación sin necesidad de saber del programa. Es un lenguaje de programación visual y muy divertida, creada por los investigadores del MIT, y enfocada a personas a partir de 7 años de edad. Con Scratch pueden hacerse juegos, animaciones, música, arte, etc.

El límite se encuentra en la imaginación de cada uno.

Scratch, una herramienta desarrollada por los investigadores del grupo de investigación Lifelong Kindergarten del Massachusetts Institute of Technology (MIT). (<https://llk.media.mit.edu/>)

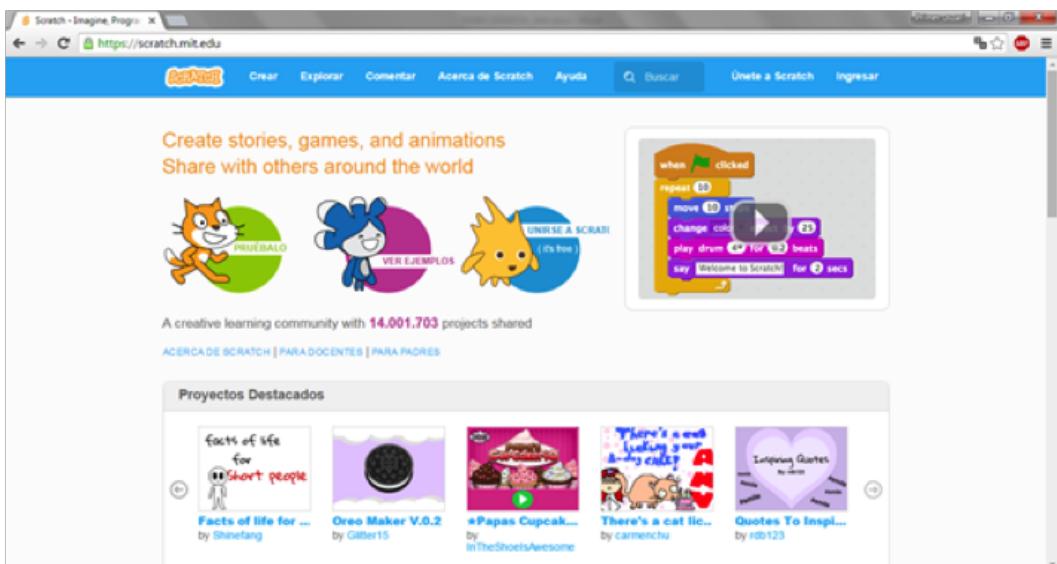


Figura 8.1| Pantalla principal de Scratch (<https://scratch.mit.edu/>)

Se dispone de unos bloques constructivos distribuidos por tipos y colores para facilitar su reconocimiento, y el seguimiento de un programa determinado. La realización de un programa consiste en encajar diferentes piezas (instrucciones) en el área de trabajo, y pueden verse los resultados de forma instantánea.

Una vez finalizado nuestro proyecto lo podemos subir al sitio web del MIT para que todo el mundo pueda verlo y disfrutarlo. Es realmente sorprendente ver la cantidad de personas que pueden interesarse por el proyecto. Todos los proyectos son públicos y pueden descargarse para analizar cómo están realizados,... ¡así es mucho más fácil aprender!

8 | SCRATCH Y SCRATCH FOR ARDUINO (S4A) PARA LA PROGRAMACIÓN DE EDUROVS

Scracth es usado por estudiantes, escolares, profesores y padres para crear animaciones de forma sencilla y servir de trampolín hacia el más avanzado mundo de la programación. También puede usarse para un gran número de propósitos educativos construcionistas y de entretenimiento, como proyecto de ciencias o matemáticas, incluyendo simulación y visualización de experimentos, conferencias grabadas con presentaciones animadas, historias animadas de las ciencias sociales, arte interactivo, música, etc.

- ▶ Se puede consultar la ayuda de la página principal de scratch para empezar a realizar proyectos rápidamente (ver el apartado “step-by-step intro”) (<https://scratch.mit.edu/help/>)
- ▶ Y puede consultarse la guía de actividades (*Creative Computing*), ¡que es magnífica!
- ▶ La guía se encuentra en el sitio web para los educadores que utilizan Scratch (<http://scratched.gse.harvard.edu/guide/>).
- ▶ La guía también está disponible en español, y ha sido traducida por Programamos (<https://programamos.es/traducción-de-la-guia-creative-computing/>)

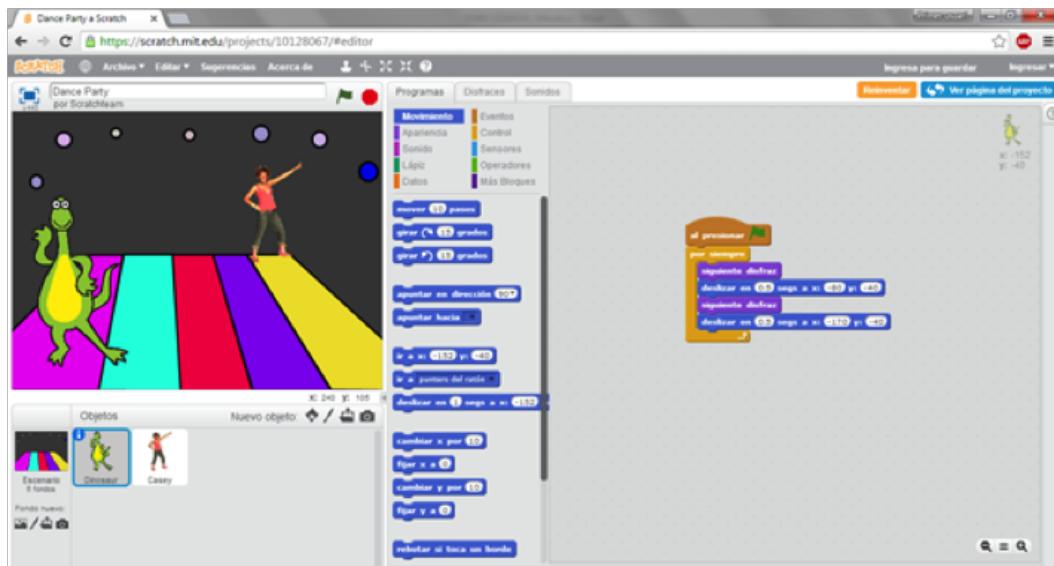


Figura 8.21 Ejemplo de programa (*Dance Party*) ubicado en la parte derecha de la pantalla (área de trabajo). El programa se encuentra en el sitio web donde se encuentran todos los proyectos creados por todos los usuarios (<https://scratch.mit.edu/projects/10128067/#editor>)

8.2

SCRATCH FOR ARDUINO (S4A)

Ahora que, en el marco del proyecto EDUROVs, se ha empezado a controlar los robots submarinos mejorados utilizando ARDUINO, puede ser el momento de pensar en acercar el proyecto también a estudiantes de menor edad (últimos cursos de primaria y primeros cursos de secundaria).

Scratch tiene una extensión que se llama Scratch for Arduino (S4A) que puede ser muy apropiada para los proyectos que estáis trabajando. Esta extensión ha sido diseñada por los desarrolladores de CitiLab, en Cornellà de Llobregat (cerca de Barcelona), y permite la realización y programación de proyectos que utilizan algunas de las placas Arduino existentes. (http://s4a.cat/index_es.html). De hecho, S4A es una modificación de Scratch que permite programar la plataforma de hardware libre Arduino de una forma sencilla. Proporciona bloques nuevos para tratar con sensores y actuadores conectados a una placa Arduino.

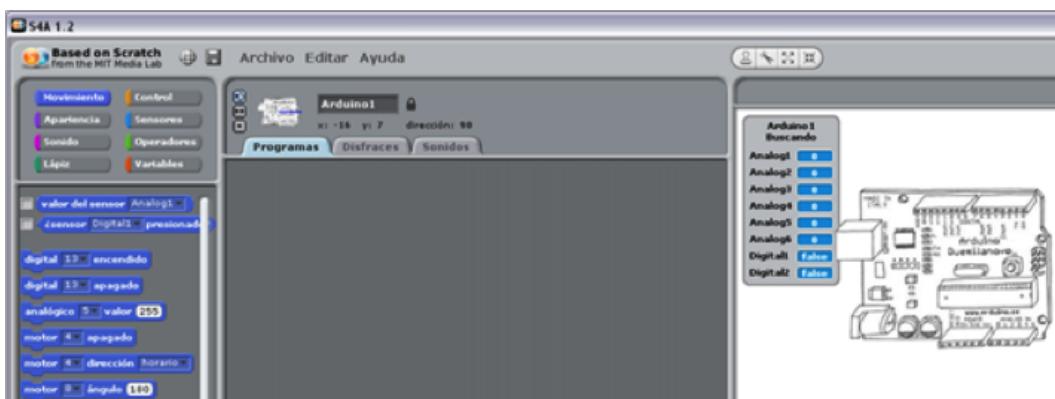


Figura 8.3| Pantalla S4A.

Los objetos Arduino proporcionan bloques para las funcionalidades básicas del procesador, escrituras y lecturas digitales y analógicas, y otras funcionalidades de más alto nivel. Pueden encontrarse bloques para tratar con motores estándar y servomotores de rotación continua. En S4A la placa Arduino es considerada como un personaje (sprite) especial de Scratch (el gato es el sprite característico de Scratch).



Figura 8.4| Bloques para la programación de sensores y motores en S4A. Estos bloques son muy parecidos a los utilizados en Scratch y pueden combinarse con ellos.

Los componentes se conectan de una forma determinada. S4A habilita:

- ▶ 6 entradas analógicas (pines analógicos)
- ▶ 2 entradas digitales (pines digitales 2 y 3)
- ▶ 3 salidas analógicas (pines digitales 5, 6 y 9)
- ▶ 4 salidas digitales (pines 10, 11, 12 y 13)
- ▶ 4 salidas especiales para conectar servomotores de rotación continua Parallax (pines digitales 4, 7 y 8).

En el caso de los vehículos submarinos, uno de los elementos más importantes que debemos controlar son los motores de corriente continua.

La Figura 8.5 se corresponde a uno de los esquemas que se proponen en el foro edurovs.eu para controlar los motores de corriente continua.

Por ejemplo, si nos fijamos en el esquema de la Figura 8.5 el motor vertical está conectado al puente H2, y está controlado por las salidas 6 y 7. Los motores horizontales están conectados a las salidas 2, 3, 4 y 5. Pueden verse los detalles de la placa que implementa el puente en H en la Figura 8.6.

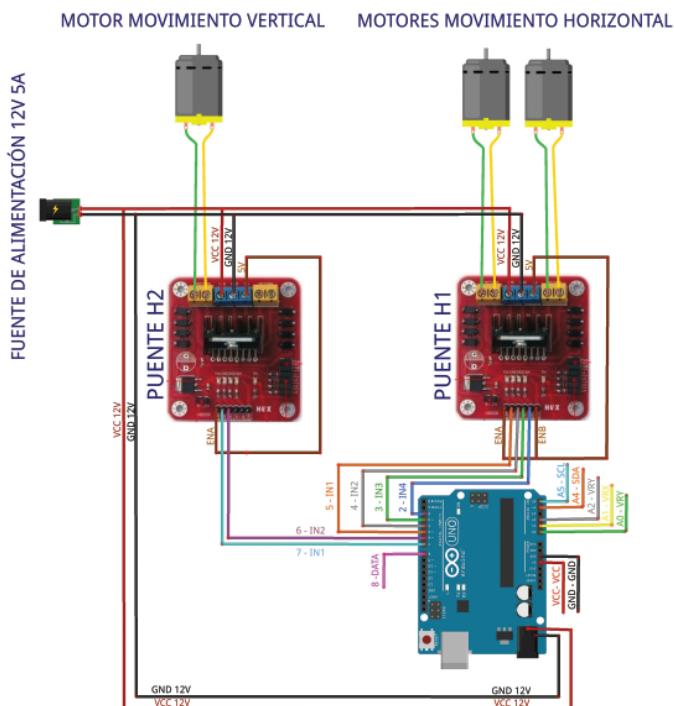


Figura 8.5| Conexión del Arduino con los puentes en H

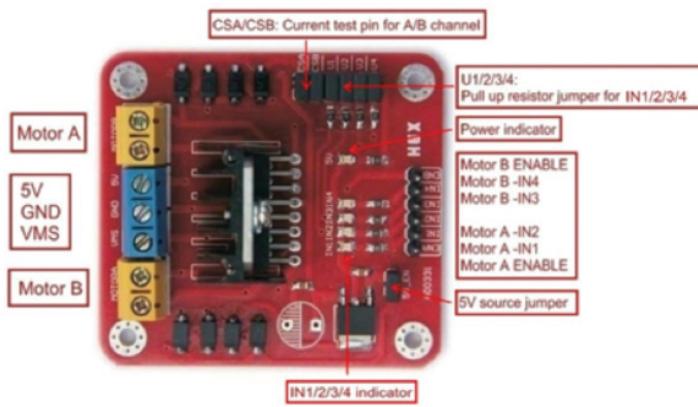


Figura 8.6| Detalle de la placa del puente en H utilizado.

8.4

PEQUEÑOS EJEMPLOS DE UTILIZACIÓN DE S4A... ¡PARA EMPEZAR!

Para poder trabajar adecuadamente con S4A, debemos utilizar las salidas digitales disponibles (pines Arduino 10, 11, 12 y 13).

El control del motor que permite que éste gire en ambos sentidos (sin control de velocidad) y se puede implementar de forma muy sencilla utilizando los bloques de S4A. Pueden utilizarse dos bloques del tipo "digital", como los de la Figura 8.7.

Los objetos Arduino proporcionan bloques para las funcionalidades básicas del procesador, escrituras y lecturas digitales y analógicas, y otras funcionalidades de más alto nivel. Pueden encontrarse bloques para tratar con motores estándar y servomotores de rotación continua. En S4A la placa Arduino es considerada como un personaje (sprite) especial de Scratch (el gato es el sprite característico de Scratch).



Figura 8.7| Bloque digital. En este caso se activa (encendido o "on") la salida digital 13.

Para mover y controlar un motor conectado a las salidas 11 y 13 pueden seguirse estrategias de este tipo:

digital 13 encendido
digital 11 apagado

MOTOR VERTICAL GIRA EN SENTIDO HORARIO

digital 13 encendido
digital 11 apagado

MOTOR VERTICAL GIRA EN SENTIDO ANTIHORARIO

digital 13 apagado
digital 11 apagado

MOTOR VERTICAL PARADO

S4A también permite trabajar los pines (PWM, *pulse-width modulation*) con señales analógicas de salida (pines Arduino 3, 5, 6, 9, 10 y 11; en S4A están disponibles los pines 5, 6 y 9). En este caso la lógica, que permite que el motor gire en ambos sentidos con control de velocidad, puede implementarse utilizando el bloque para el manejo de las salidas analógicas de la Figura 8.8.



Figura 8.8| Bloque analógico. En este caso se asigna el valor 255 al pin con señal de salida analógica 5. Puede variarse el valor de la salida analógica cambiando el "valor".

En este caso deberíamos cambiar las conexiones para el motor, y utilizar por ejemplo los pines Arduino 6 y 9. En este caso podríamos mover, controlar e incluso cambiar la velocidad de giro del motor, siguiendo estrategias de este tipo:

salida analógica 6 valor= 255
salida analógica 9 valor=0

MOTOR VERTICAL GIRA A VELOCIDAD 1 (alta)
EN SENTIDO HORARIO

salida analógica 6 valor=0
salida analógica 9 valor=120

MOTOR VERTICAL GIRA A VELOCIDAD 2 (baja)
EN SENTIDO ANTIHORARIO

salida analógica 6 valor=0
salida analógica 9 valor=0

MOTOR VERTICAL PARADO

Cambiando los valores de "valor" se obtendrán diferentes velocidades de rotación. Para conseguir la velocidad deseada deben hacerse pruebas. Con ello se consigue controlar la velocidad de giro del motor, y permitir que el robot avance, retroceda o gire a diferentes velocidades.

En la *Figura 8.9* puede verse el programa en S4A que:

- ▶ Hace girar el motor en sentido antihorario (a velocidad media, con "valor" = 125) durante 1 segundo.
- ▶ El motor se para durante 1 segundo
- ▶ El motor gira en sentido horario (a velocidad media, con "valor"=125) durante 1 segundo más.

El programa se inicia al pulsar la bandera verde, y la secuencia se va repitiendo indefinidamente debido al bloque de control "por siempre".



Figura 8.9| Pantalla S4A.

A partir de aquí pueden realizarse muchísimos experimentos, y esto ya depende de los recursos disponibles.

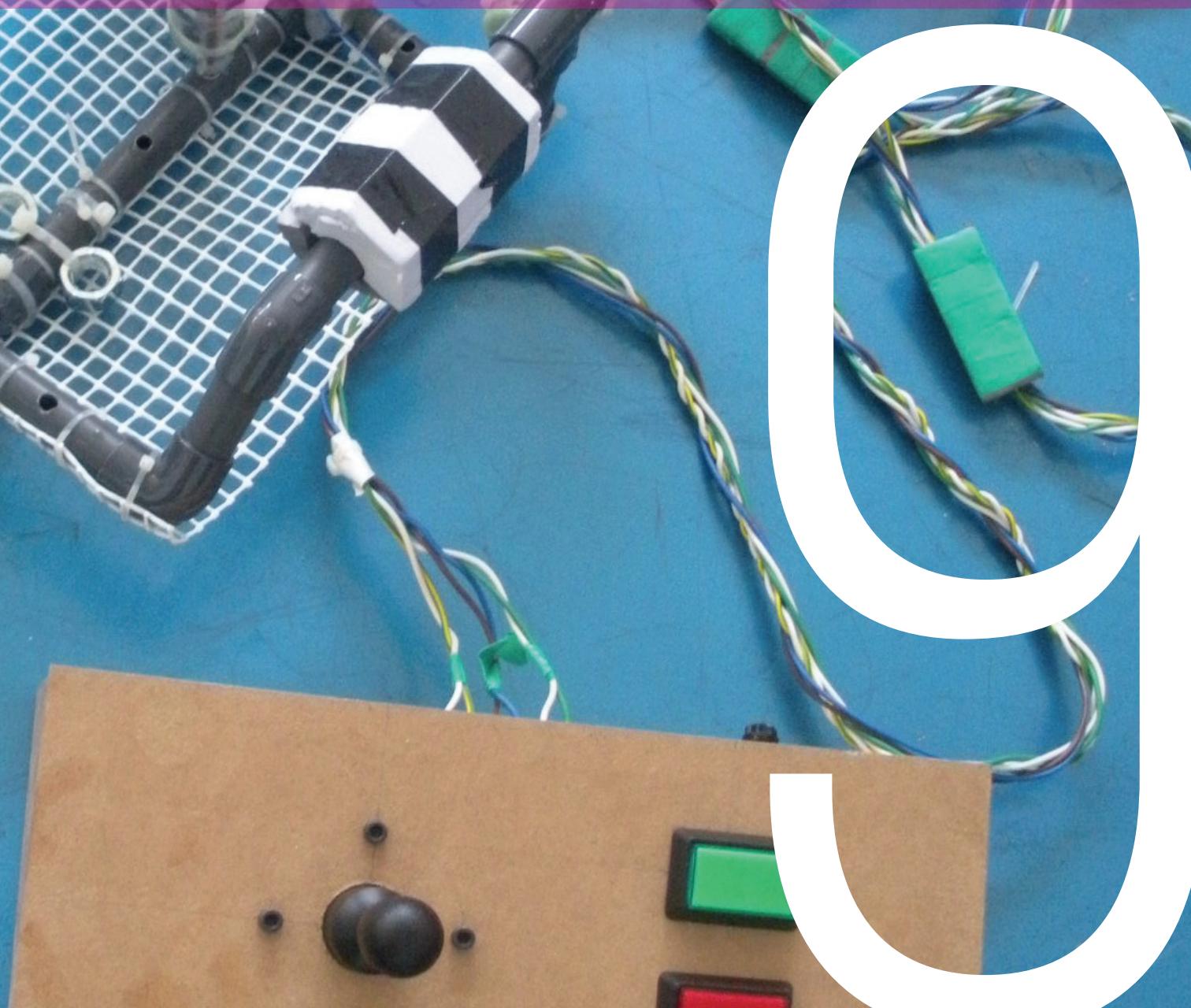
Si queremos aprovechar el montaje de la *Figura 8.5*, y por el hecho de disponer en S4A de 4 salidas digitales (10, 11, 12 y 13) y 3 salidas analógicas (5, 6 y 9), podríamos controlar los dos motores horizontales del robot submarino utilizando por las 4 salidas digitales (por ejemplo, las salidas 10 y 11 para el motor de la derecha y las salidas 12 y 13 para el motor de la izquierda) y un control de sentido de giro todo o nada (sin control de velocidad) mediante bloques de programación digitales como el que se muestra en la *Figura 8.7*.

El motor vertical podría controlarse utilizando las salidas 9 y 6, mediante un control de sentido de giro y de velocidad con instrucciones como las que se han mostrado en el ejemplo de la *Figura 8.9*.



NOTA: Uno de los inconvenientes que podría considerarse que tiene trabajar utilizando Scratch y S4A es la necesidad de tener un ordenador conectado permanentemente a la placa Arduino. Pero se considera que este inconveniente es muy pequeño comparado con las posibilidades didácticas que se abren en todos los sentidos.

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS



9 | CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

El desarrollo de las mejoras de las consolas de control de los dos ROVs llevados a cabo en este documento, ha servido para interiorizar y aprender de una manera adecuada cómo se realiza la construcción de un ROV. Los pasos que se llevan a cabo y la forma de realizarlos, implican un correcto funcionamiento de los ROVs.

Al haber visto la necesidad de adaptar los ROVs a las tecnologías existentes hoy en día, se ha incentivado la búsqueda de formas en que se podría mejorar las funcionalidades del ROV. Para ello, se optó por mejorar el control de la planta motriz de los ROVs mediante software, utilizando la plataforma Arduino.

Se ha visto cómo se puede adaptar la plataforma Arduino a las consolas de control que se han venido realizando tiempo atrás. Para demostrar su funcionalidad, se realizó una y se le equipó de una placa Arduino Uno. La cual, controlaría un sensor de temperatura y una pantalla LCD.

Para comprobar aún más el potencial que ofrece la plataforma Arduino, se realizó una consola de control que funciona totalmente por software. Con ella, se ha conseguido controlar la planta motriz del ROV, así como medir la temperatura y la humedad del ambiente. Todo ello, gracias a la implementación de una placa Arduino Uno como unidad de control del sistema. Para mostrar los datos de las lecturas de temperatura y humedad se utilizó una pantalla LCD, la cual muestra una lectura de datos cada segundo.

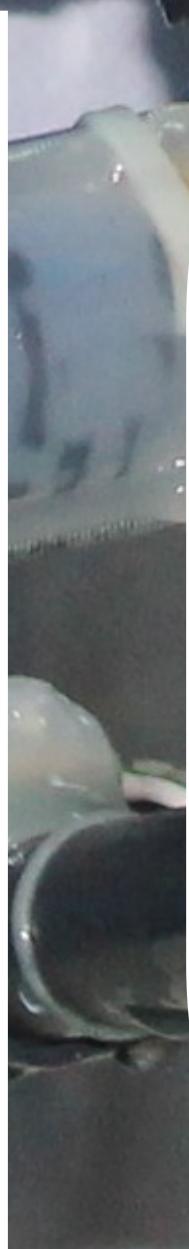
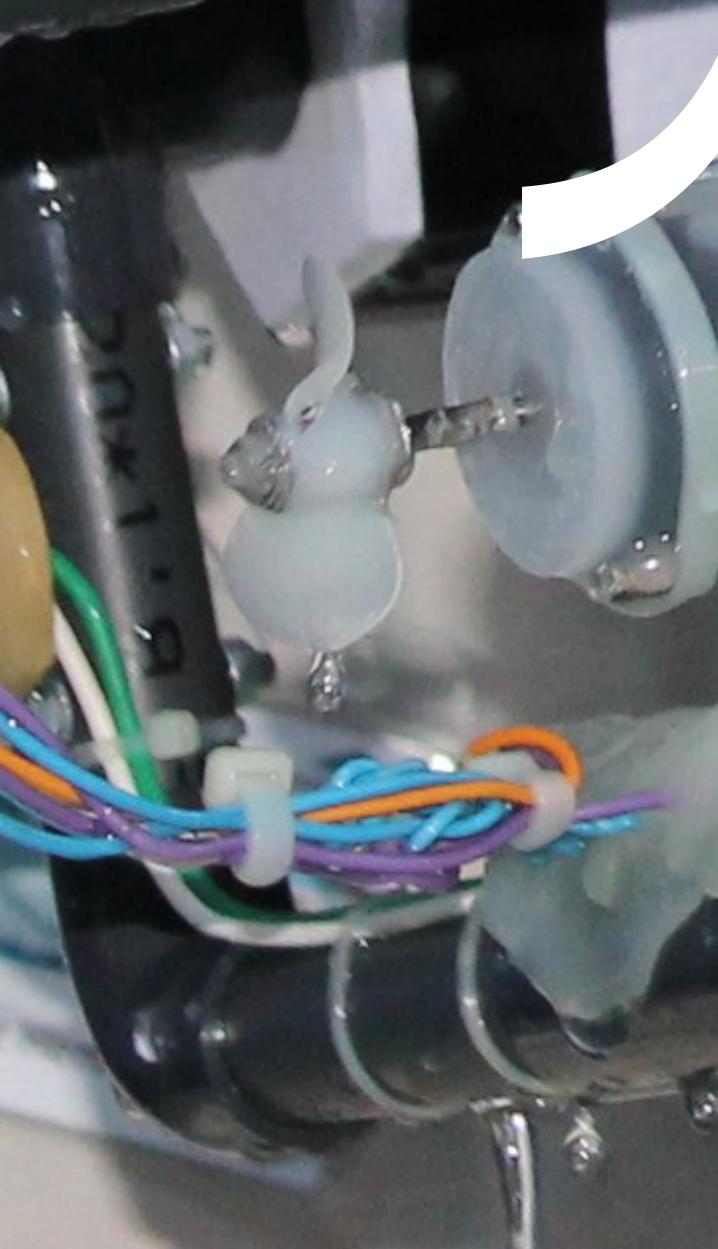
Para ir finalizando, hay que destacar, que al trabajar con Arduino la sorpresa ha sido mayúscula. La cantidad de aplicaciones posibles para este hardware es abrumadora. Tecnologías como ésta, al alcance de todo el mundo, permiten que el único límite al que nos enfrentemos sea nuestra imaginación. Fabricar nuestros propios ROVs, utilizando la plataforma Arduino como unidad de control de la consola de control, da bastante juego a la hora de innovar.

Por otro lado, la iniciativa de la Plataforma de Divulgación de PLOCAN, que permite el acercamiento de la robótica a jóvenes mediante la construcción de un ROV, es una forma adecuada difundir y acercar a los jóvenes en el campo de la investigación. Por ello, PLOCAN, ha equipado sus instalaciones con una impresora 3D para la mejorar las consolas de control de este proyecto. Es muy interesante, porque refleja los beneficios que pueden ofrecer las nuevas tecnologías que están al alcance de todos.

Para concluir, recalcar que la construcción de un ROV mediante Arduino se puede llevar a otros ámbitos para generar soluciones a problemas de la vida real, presentando aplicaciones interactivas e intuitivas.

ANEXOS

10



10.1

DISPLAY LCD

El display LCD que se distribuye con el KIT de Plocan es bastante habitual en los experimentos con Arduino.

Se maneja mediante el protocolo i2c, y dispone de un código específico para su uso. Pueden encontrarse en la página web de Arduino.cc, y su dirección i2c, expresada en hexadecimal, es 0x27. El esquema básico de conexión (ver Figura 10.1), utilizando una resistencia externa de 4K7Ω (4700Ω).

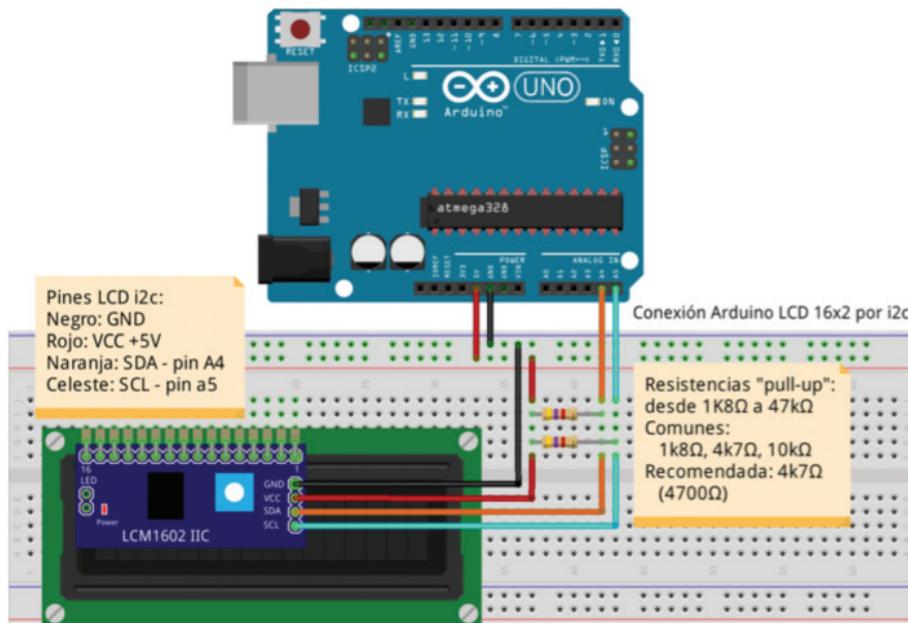


Figura 10.1| Esquema básico de conexión del display LCD

Con el esquema anterior, podremos probar su funcionamiento en el IDE de Arduino con el siguiente código:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // añadimos las bibliotecas i2c de la pantalla
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // 0x27 la dirección, 16 líneas, 2 columnas
void setup(){
    lcd.init(); // inicializamos
    lcd.backlight(); // encendemos la retroiluminación
    lcd.setCursor(0, 0); // coloca cursor en esquina superior izquierda
    lcd.print("Plocan EduROV"); // mostramos datos por pantalla
}
void loop(){
    delay(1000); // esperamos un segundo
}
```


PROYECTO EDUCATIVO
IMPLEMENTACIÓN

LAUMA DE ARDINO Y SCRATCH PARA EL CONTROL DE VOR



PLATAFORMA OCEÁNICA DE CANARIAS



MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



Gobierno
de Canarias



Unión Europea
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional



Obra Social "la Caixa"



Universitat de Girona