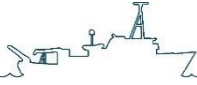


# Informe Técnico CICESE Serie Embarcaciones Oceanográficas



## Instalación de un perfilador acústico de corrientes (ADCP) a bordo del *Buque Oceanográfico Alpha Helix*

Ing. Juan Carlos Leñero Vazquez ([lenero@cicese.mx](mailto:lenero@cicese.mx))



Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, División de Oceanología, Departamento de Embarcaciones Oceanográficas

Derechos Reservados © CICESE 2016

---

Leñero-Vazquez, J. C. 2016. *Instalación de un perfilador acústico de corrientes (ADCP) a bordo del Buque Oceanográfico Alpha Helix*. Informe Técnico CICESE No. 20764, Serie Embarcaciones Oceanográficas, 25 p.

## Tabla de figuras

---

<b>Figura 1</b>	El transductor del ADCP OS38. Carcasa de bronce grado marino. En la parte superior se encuentra la circuitería y el conector para el cable propietario.....	5
<b>Figura 2</b>	La unidad de control ( <i>deck unit</i> ) del ADCP, vista de frente. A través del cable propietario, esta unidad provee la alimentación eléctrica al transductor y comunicación bidireccional con el mismo.....	6
<b>Figura 3</b>	Nicho para el ADCP en el <i>Buque Oceanográfico Alpha Helix</i> , instalado en agosto 2014. El nicho se encuentra entre las cuadernas 18 y 20, de forma circular.....	8
<b>Figura 4</b>	Tony Phakonekham revisando conexión del cable propietario al transductor del ADCP previo a las pruebas antes de su colocación en el nicho.....	9
<b>Figura 5</b>	Transductor del ADCP montado en su nicho, sin ventana acústica.....	11
<b>Figura 6</b>	Transductor del ADCP montado en su nicho, con ventana acústica.....	12
<b>Figura 7</b>	Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de interferencia sin otros ecosondas encendidos. Se aprecian ensambles “malos” (barras azules más grandes) por estar el buque detenido.....	14
<b>Figura 8</b>	Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de interferencia con ecosonda Furuno FCV627 de frecuencia doble (50/200 kHz). Se aprecian ecos de interferencia (tonos amarillos y blancos entre el eco azul).....	14
<b>Figura 9</b>	Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de interferencia con ecosonda Furuno FCV-582L de frecuencia doble (50/200 kHz). Se aprecian ecos de interferencia mayores (tonos amarillos y blancos entre el eco azul).....	15

<b>Figura 10</b>	Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de interferencia con ecosonda Furuno FCV561 de frecuencia sencilla (200 kHz). Se aprecian los ecos de interferencia escalonados.....	15
<b>Figura 11</b>	Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de interferencia con ecosonda científico Syqwest Bathy-2010PC de frecuencia sencilla (3 kHz). Se aprecian los ecos de interferencia.....	15
<b>Figura 12</b>	Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de rango a buque parado. El rango es de alrededor de 600 metros y se observan algunos ensambles “malos”.....	17
<b>Figura 13</b>	Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de rango con buque a 3 nudos. El rango se mantiene en ~ 600 metros y se observa una mayor cantidad de ensambles “malos”.....	17
<b>Figura 14</b>	Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de rango con buque a 6 nudos. No hay ensambles “malos”. Se mantiene el rango de ~ 600 metros.....	17
<b>Figura 15</b>	Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de rango con buque a 8 nudos. No hay ensambles “malos”. Se mantiene el rango de ~ 600 metros.....	18
<b>Figura 16</b>	Ventana de información de detección de fondo del ADCP en su mayor rango alcanzado durante la prueba.....	18
<b>Figura 17</b>	Se requirieron dos transectos completos y un tercer transecto a la mitad para realizar la prueba de alineación del transductor del ADCP.....	20
<b>Figura 18</b>	Referencia geográfica del área donde se realizaron los transectos para prueba de alineación de ADCP, al sur-suroeste de la bahía de Todos Santos.....	20

## Tabla de contenido

---

Resumen .....	2
Introducción .....	3
El estudio de las corrientes oceanográficas .....	3
El <i>Buque Oceanográfico Alpha Helix</i> .....	4
El ADCP <i>Teledyne RD Instruments OS38</i> .....	4
Actividades de instalación .....	7
Actividades de pruebas de mar .....	12
Discusión y recomendaciones .....	22
Literatura citada .....	24
Agradecimientos .....	25



CICESE<sup>MR</sup>

## Resumen

---

Se presenta una reseña de la instalación de un perfilador acústico de corrientes (ADCP por sus siglas en inglés) marca *Teledyne RD Instruments* modelo *Ocean Surveyor* de 38 kHz a bordo del *Buque Oceanográfico Alpha Helix*, finalizada en agosto de 2015. Este instrumento oceanográfico es empleado para la medición de dirección y velocidad de las corrientes oceánicas a diferentes profundidades conforme el buque navega y se compone de un transductor instalado en un nicho cerca a la quilla del buque, una unidad de laboratorio o *deck unit*, un cable que une el transductor con la *deck unit* y una computadora del laboratorio general del buque que es empleada para ejecutar las aplicaciones para controlar el transductor y obtener los datos. Se describe brevemente la configuración en que quedó instalado el instrumento y, con mayor detalle, el proceso de pruebas de aceptación realizadas en altamar, con resultados favorables.



CICESE MR

## Introducción

---

### El estudio de las corrientes oceanográficas

El estudio de las corrientes oceánicas, antes de llamar el interés de la comunidad científica, fue importante desde la era en que el ser humano inició la navegación y exploración de los océanos. Dado que las corrientes usualmente influían en la navegación de los buques (ya sea a favor o en contra), la gente de mar empleaba métodos primitivos para determinar la corriente tanto a pequeña escala (dentro de bahías, muelles, atracaderos, etc.) como a gran escala (en navegaciones transoceánicas y de altamar) y, así, poder usarla a su favor para maniobrar su buque. En la actualidad, es importante el estudio de las corrientes oceánicas por diversos factores: Dado que nos alimentamos de los productos del mar, es importante conocer las condiciones que pudieran afectar la productividad o disponibilidad de estos alimentos; dado que usamos el mar para transportar personal y mercancías; dado que extraemos recursos energéticos como gas y petróleo de yacimientos ubicados en el subsuelo oceánico y requerimos conocer las afectaciones de la corriente en dichos procesos de explotación de recursos; dado que las corrientes son parte fundamental de los procesos físicos del océano, y estos procesos son directamente influyentes en las condiciones climáticas en diferentes áreas del mundo (Stewart, 2008).

La oceanografía considera que existen dos técnicas de descripción de las corrientes oceánicas: La descripción Lagrangiana (en que se mide la corriente siguiendo una partícula de agua de mar) y la representación Euleriana (en que se mide la corriente desde una posición determinada) (Stewart, 2008). Existen dos procedimientos diferentes que son empleados para la descripción Euleriana:

- El uso de anclajes instrumentados que se instalan a través de un peso muerto en el fondo del mar, y empleando un tirante y boyas se colocan instrumentos

diversos (sensores mecánicos, correntímetros acústicos puntuales) para la medición de corriente a una profundidad establecida. Este procedimiento Incluye el uso de anclajes sin tirante, en los que solamente se instala el conjunto de sensores en el fondo marino.

- El uso de ADCP's en buques, tanto los dedicados a la oceanografía (como el que se encontraba instalado a bordo del Buque Oceanográfico *Francisco de Ulloa*) como en "buques de oportunidad" (como el experimento realizado en el buque de cruceros *Explorer of the seas* de acuerdo a Fahey et. al, 2002).

### **El Buque Oceanográfico Alpha Helix**

En 2013, CICESE adquirió el *Buque Oceanográfico Alpha Helix*, anteriormente llamado *Alpha Helix*, para incorporarlo a su servicio como buque de investigación oceanográfica. Este buque entró en servicio en 1965 para la *National Science Foundation* (NSF por sus siglas en inglés) de EE. UU., pasando por diversas instituciones hasta llegar a CICESE. Es un buque de casco de acero de 39.84 metros de eslora, 9.45 metros de manga máxima y arqueado bruto de 433.

Parte de las intenciones de la Dirección General de CICESE al adquirir y poner en servicio el *Buque Oceanográfico Alpha Helix*, era de dotarle de instrumentación oceanográfica básica, al menos equivalente a la que se tenía en el *Francisco de Ulloa*. Un elemento de esta instrumentación, mismo que es solicitado especialmente por el personal dedicado al área de la oceanografía física, es el ADCP montado al casco.

### **El ADCP Teledyne RD Instruments OS38**

Durante las reuniones previas a la entrada en servicio del buque, parte de la academia de CICESE que participó en las mismas se decantó por un ADCP de la marca *Teledyne RD Instruments*, modelo OS38-I-2-UG0 de frecuencia de 38 kHz.



El sistema se compone de un transductor de 38 kHz (fig. 1) con carcasa de bronce grado marino, una unidad de control (también conocida como *deck unit*, fig. 2), que contiene la circuitería necesaria para la interconexión con el transductor y sirve como interfaz entre el transductor del instrumento y la computadora que se usa para controlar y obtener los datos del mismo, un cable propietario que une al transductor con su *deck unit* y una computadora que se conecta via cable serie a la *deck unit* y ejecuta las aplicaciones para operación del instrumento.



Figura. 1.- El transductor del ADCP OS38. Carcasa de bronce grado marino. En la parte superior se encuentra la circuitería y el conector para el cable propietario.





**Figura. 2.-** La unidad de control (*deck unit*) del ADCP, vista de frente. A través del cable propietario, esta unidad provee la alimentación eléctrica al transductor y comunicación bidireccional con el mismo.

Las ventajas de los ADCP montados a buques, a comparación de otras herramientas para mediciones de la descripción Euleriana son:

- La disponibilidad de los datos es casi en tiempo real. En las aplicaciones de anclajes, existe la opción de tener los datos de la misma manera, pero implica la instalación de equipo adicional de telemetría.
- El riesgo de daño o pérdida del instrumento es menor que en las aplicaciones de anclaje, al estar a bordo del buque.
- En la mayoría de los casos, tienen mayor rango que los instrumentos que se instalan en anclajes, principalmente por limitaciones de tamaño.

- Existe la disponibilidad de ser movilizados en poco tiempo para estudiar un fenómeno particular.
- Permiten realizar transectos para el estudio de las corrientes en un área determinada con gran cantidad de datos puntuales, lo que, en el caso de anclajes, requeriría una cantidad muy grande de instrumentos.

El fabricante, *Teledyne RD Instruments*, tiene una trayectoria reconocida en la manufactura y desarrollo de ADCPs y su tecnología asociada, fabricando en 1982 su primer ADCP de campo y en 1983 su primer ADCP montado a casco de buque (Lee-Gordon, 1996).

### **Actividades de instalación**

El proceso de instalación de un ADCP en el *Buque Oceanográfico Alpha Helix* consistió en tres etapas diferentes: La etapa de planeación, en que se determinó la posición del equipo, especialmente del transductor y se elaboraron los planos para el nicho necesario para alojarlo; la etapa de instalaciones físicas (fabricación y colocación en posición del nicho, instalación física del equipo) y pruebas (tanto en dique seco, como en mar).

Brevemente, para referencia, se menciona que el proceso de diseño del plano del nicho para el transductor se llevó a cabo durante el primer semestre de 2014. Se tenía programado terminar la instalación física del nicho y del ADCP ese mismo año, sin embargo, por causas de fuerza mayor, solamente se hizo la fabricación e instalación del nicho en el casco del buque (fig. 3), quedando pendiente la instalación del transductor, misma que se llevó a cabo en agosto de 2015.



**Figura. 3.-** Nicho para el ADCP en el *Buque Oceanográfico Alpha Helix*, instalado en agosto 2014. El nicho se encuentra entre las cuadernas 18 y 20, de forma circular.

El día miércoles 12 de agosto de 2015, en las instalaciones del astillero Gran Península en Ensenada, B. C., se llevó a cabo la prueba del transductor del ADCP previo a su colocación en el nicho. Para esto, se tuvo el apoyo de Tony Phakonekham, técnico de campo de *Teledyne RD Instruments*. Para esta prueba se colocó con un amarre a montacargas el transductor dentro de un contenedor lleno de agua, se conectó con el cable propietario (fig. 4) y se procedió a inicializar y probar el instrumento siguiendo los pasos que se describen a continuación:



**Figura. 4.- Tony Phakonekham revisando conexión del cable propietario al transductor del ADCP previo a las pruebas antes de su colocación en el nicho.**

Encendida la *deck unit* en el laboratorio general del buque, conectados a través de un programa emulador de terminal, se procede a enviar un comando BREAK al instrumento para despertarlo. Como respuesta, el instrumento nos envía este texto:

```
Ocean Surveyor Broadband/Narrowband ADCP
Teledyne RD Instruments (c) 1997-2008
All rights reserved.
Firmware Version: 23.17
>
```

Para iniciar, se mandan dos comandos. El comando “cn1” carga desde la memoria ROM a la memoria volátil los valores de fábrica de los parámetros de operación del instrumento. El comando “ck” almacena los valores de los parámetros de operación en memoria volátil a la memoria ROM como parámetros de usuario. En la memoria ROM del instrumento existen dos juegos de valores de parámetros: Los de usuario y los de fábrica. Con esto, lo que hacemos es hacer que estos dos juegos de valores sean iguales y se hace para evitar cualquier conflicto de parámetros.

```
>cr1
[Parameters set to FACTORY defaults]
```

```
>ck
[Parameters saved as USER defaults]
```

La primera prueba que se hace se inicia con el comando “pa” y ejecuta las pruebas básicas de conectividad de los principales módulos y circuitería. En nuestro caso la prueba fue exitosa.

```
>pa
RAM test.....PASS
ROM test.....PASS
Receive test.....PASS
Bandwidth test.....PASS
```

La segunda prueba se corre con el comando “pt3” y revisa la operación del transductor en su módulo de recepción. Se considera superada si los valores a partir del *lag 5* y siguientes son menores a 0.50. En nuestro caso, los valores nos indican una prueba superada.

```
>pt3
Correlation Magnitude:
```

Lag	Bm1	Bm2	Bm3	Bm4
0	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.73	0.73	0.73	0.73
2	0.26	0.27	0.25	0.27
3	0.04	0.04	0.07	0.09
4	0.10	0.07	0.10	0.11
5	0.04	0.02	0.04	0.07
6	0.00	0.04	0.02	0.03
7	0.02	0.04	0.03	0.02

```
RSSI: 8 5 4 3
```

```
PASSED
```

La tercera prueba se corre con el comando “pt6” y verifica el rango del ancho de banda en que opera el instrumento. Para pasar la prueba, los rangos de los cuatro *beams* deben estar +/- 20% del valor nominal. La prueba fue superada por nuestro instrumento.



```
>pt6
Receive Bandwidth:
.....
  Expected   Bm1   Bm2   Bm3   Bm4
  -----   -
      3875   4084  4057  4052  4058
```

PASSED

La cuarta y última prueba se corre con el comando “pc2” y nos despliega los valores de sensores de dirección y ángulos de cabeceo, alabeo y temperatura. Como nuestro ADCP va montado a casco, no tiene los primeros tres sensores y muestra valores en cero. La lectura de temperatura del agua en que se probó se aprecia correctamente (24.9 °C), superando la prueba.

```
>pc2
Heading      Pitch      Roll      Temperature
(int)        (int)      (int)      cts  degs
000.0       +00.0     +00.0     0745  24.9
```

Con las pruebas realizadas, nos resultaba confiable instalar el transductor del ADCP en su nicho. Esta labor se realizó al día siguiente, el jueves 13 de agosto de 2015 (fig. 5).



Figura. 5.- Transductor del ADCP montado en su nicho, sin ventana acústica.

El *Buque Oceanográfico Alpha Helix* fue puesto a flote nuevamente el viernes 14 de agosto de 2015, ya con el nicho lleno de agua y la ventana acústica en su lugar (fig. 6), dando por terminada la estadía del buque en dique seco y la instalación física del instrumento.

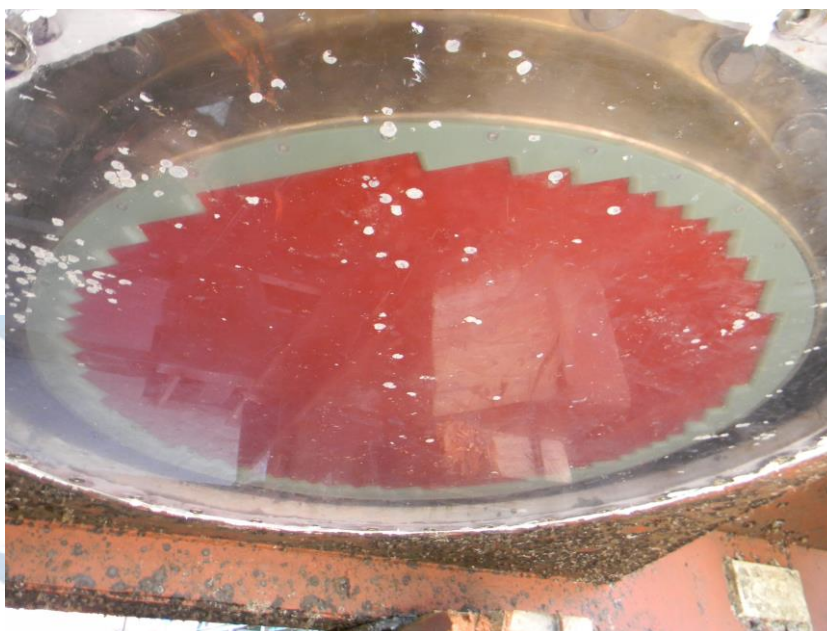


Figura. 6.- Transductor del ADCP montado en su nicho, con ventana acústica.

### Actividades de pruebas de mar

Para garantizar que el ADCP, aparte de estar correctamente instalado, se encuentra operando dentro de parámetros que indican su adecuado funcionamiento, fue necesario realizar pruebas de mar al instrumento, mismas que se documentan en el manual técnico del mismo (RD Instruments, 2012). Para esto, contamos nuevamente con el apoyo del técnico de *Teledyne RDI*, Tony Phakonekham.

Para realizar estas pruebas de mar, el *Buque Oceanográfico Alpha Helix* zarpó del puerto de Ensenada, B. C., el martes 25 de agosto de 2015 a las 09:13 horas (UTC -7). Las pruebas de ADCP iniciaron a las 08:46 horas, mientras el buque se encontraba aún en puerto. Se encendió la unidad de control (*deck unit*) del ADCP,

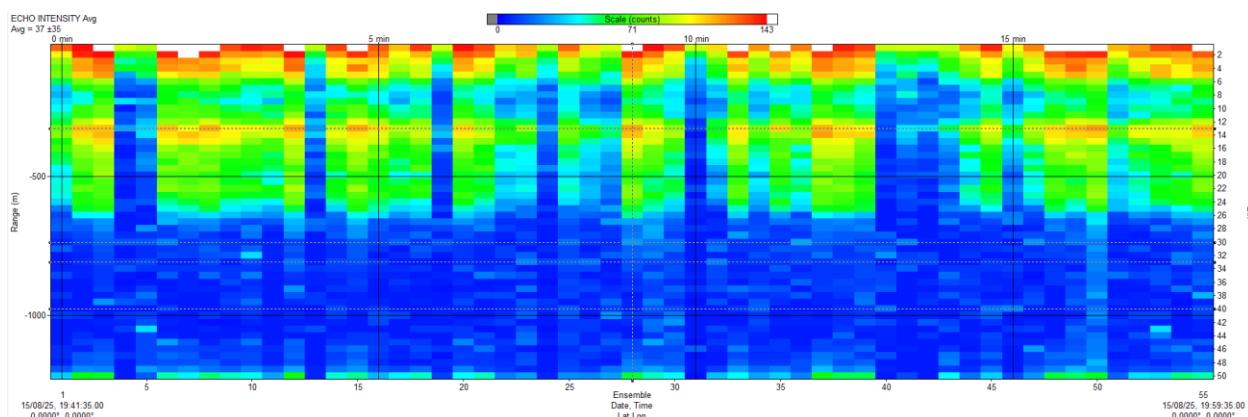


entablado comunicación de la computadora con la *deck unit* y de la misma con el transductor, y se ejecutaron nuevamente las pruebas iniciales con los comandos cr1, ck, pa, pt3, pt6 y pc2, con resultados positivos.

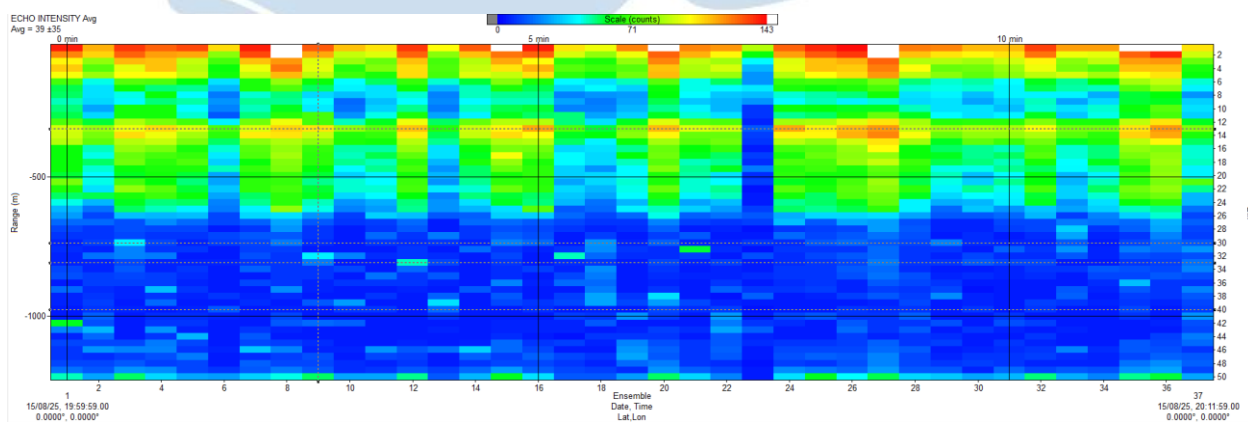
A las 10:30 horas llegamos al primer punto de prueba, cercano a la isla Todos Santos (latitud 31°49.138'N, longitud 116°46.224'W). En este sitio repetimos dos de las pruebas para verificar el estado del transductor (comandos pt3 *Correlation Magnitude* y pt6 *Receive Bandwidth*) y, además, probamos las entradas NMEA adicionales del instrumento. Las pruebas pt3 y pt6 dieron, nuevamente, resultados dentro de los parámetros esperados. Fue necesario repetir estas pruebas dado que sus valores varían dependiendo del entorno en que se encuentre el transductor (en el contenedor de prueba en el dique, con el transductor en su nicho y el buque en la rada portuaria y con el buque en el primer punto de prueba). La entrada NMEA proveniente de la giroscópica del buque (marca *Raytheon* modelo *Standard 22*) fue captada adecuadamente por el programa VMDAS, alimentando al instrumento con el rumbo real de navegación. Sin embargo, por limitaciones de VMDAS, la entrada de GPS no puede ser interpretada (requiere un GPS más moderno que genere el mensaje NMEA \$GPGGA). La falta de este mensaje implica que los datos capturados por el ADCP no se encuentran explícitamente geo-referenciados, por lo que los datos de GPS y del ADCP deben empatarse durante el procesamiento de manera manual.

A continuación se realizaron las pruebas de interferencia. Para esta prueba, se necesitaba una profundidad de más de 1000 metros, por lo que se consultó con el capitán, encontrando de acuerdo a las cartas de navegación un área adecuada, hacia la que nos dirigimos, llegando a las 12:47 horas al punto (latitud 31°35.766'N, 116°56.821'W), con 1240 metros de profundidad. En las pruebas de interferencia se operó, primero, solo el ADCP para obtener el nivel base de ruido en el buque, y luego se encendieron individualmente los ecosondas del buque por diez minutos para determinar su grado de interferencia con el ADCP. Los cuatro ecosondas

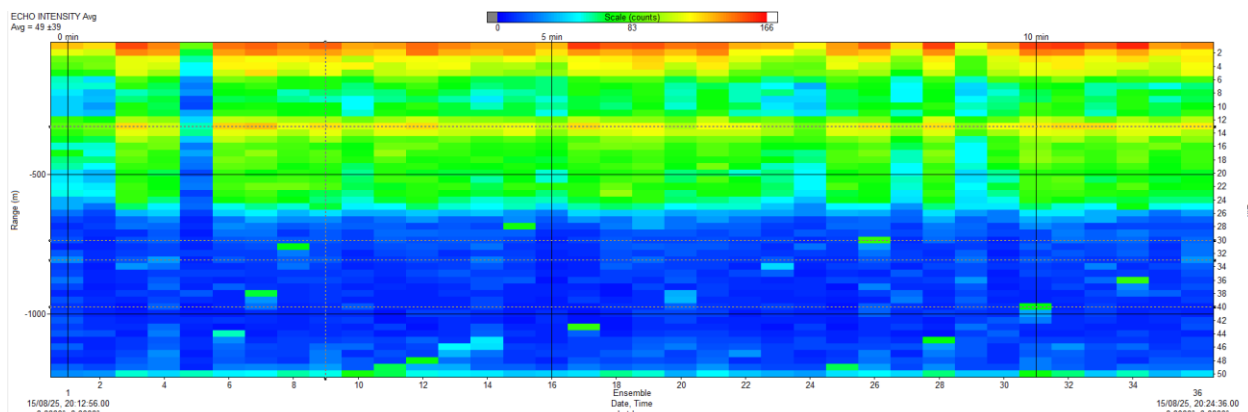
probados (dos del puente de mando, uno de caseta de control y el ecosonda científico) resultaron con interferencia para el ADCP, por lo cual su uso simultáneo no resulta recomendable (figs. 7 a 11).



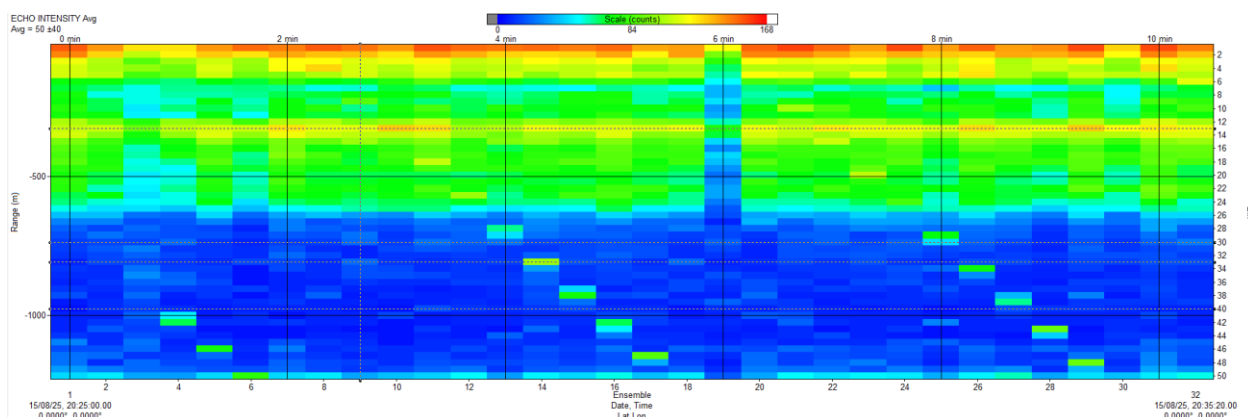
**Figura 7.- Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de interferencia sin otros ecosondas encendidos. Se aprecian ensambles “malos” (barras azules más grandes) por estar el buque detenido.**



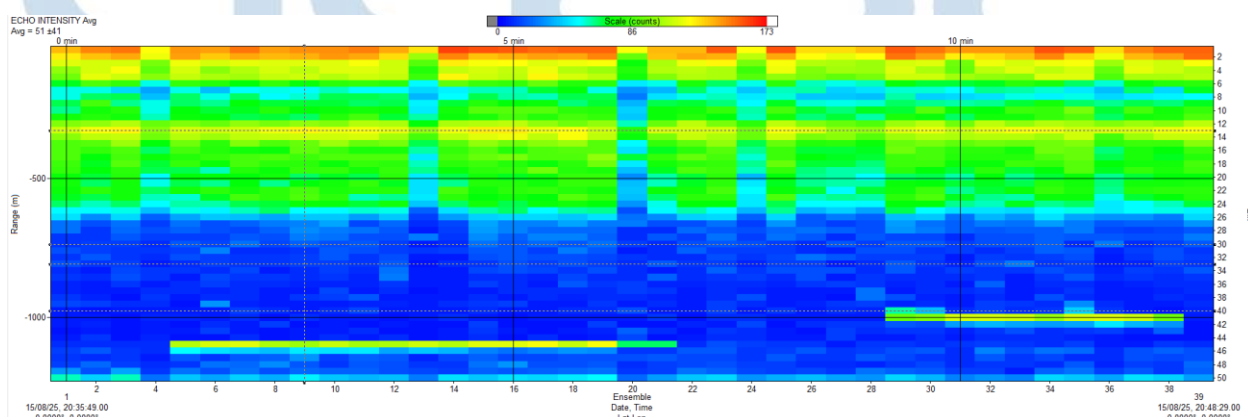
**Figura 8.- Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de interferencia con ecosonda Furuno FCV627 de frecuencia doble (50/200 kHz). Se aprecian ecos de interferencia (tonos amarillos y blancos entre el eco azul).**



**Figura. 9.- Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de interferencia con ecosonda Furuno FCV-582L de frecuencia doble (50/200 kHz). Se aprecian ecos de interferencia mayores (tonos amarillos y blancos entre el eco azul).**

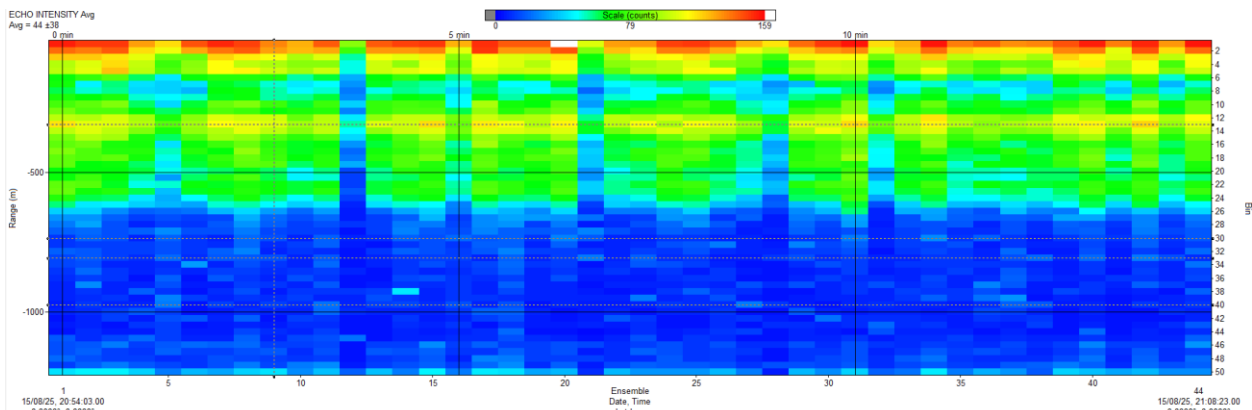


**Figura. 10.- Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de interferencia con ecosonda Furuno FCV561 de frecuencia sencilla (200 kHz). Se aprecian los ecos de interferencia escalonados.**

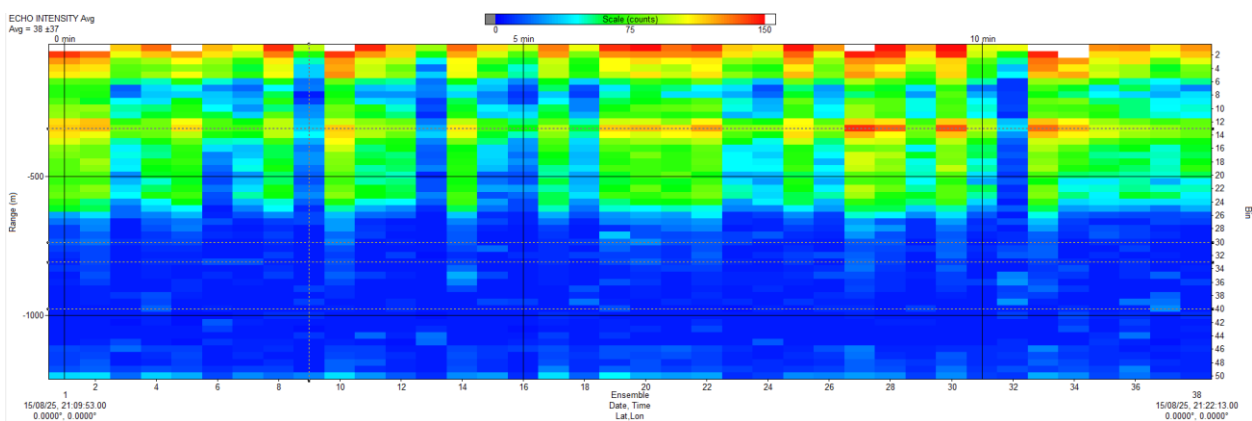


**Figura. 11.- Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de interferencia con ecosonda científico Syqwest Bathy-2010PC de frecuencia sencilla (3 kHz). Se aprecian los ecos de interferencia.**

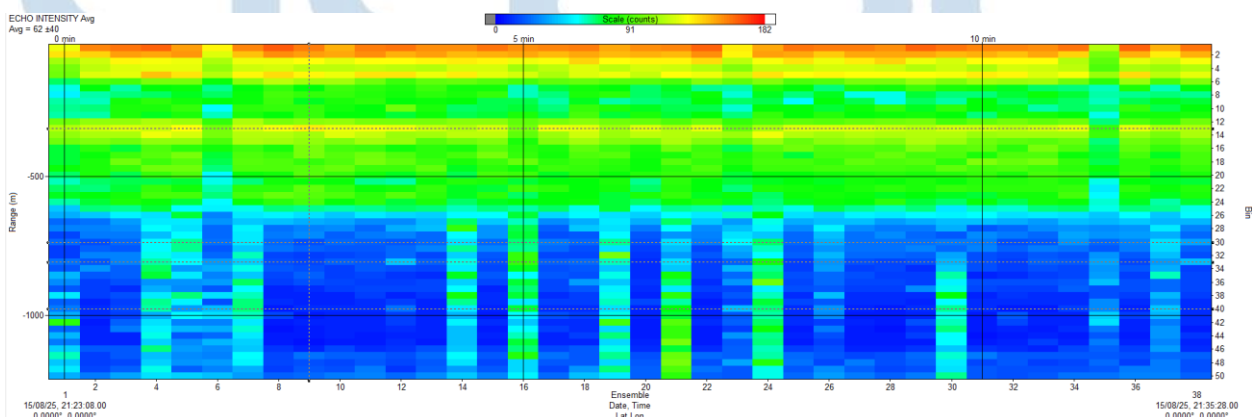
La siguiente prueba a realizar determinaría, al momento de hacerla, el rango (profundidad) de medición de corrientes del ADCP. Variables fuera de nuestro control, como el estado del tiempo, la cantidad de energía que absorbe la ventana acústica y la cantidad de reflectores (partículas, plánton, etc) en el agua determinan de manera no modificable el rango de perfil del instrumento, por lo cual el rango obtenido en esta prueba no es necesariamente constante durante la vida del instrumento. La variable que podemos manejar es la velocidad del buque, y por tanto se realizaron pruebas por 10 minutos a diferentes velocidades (buque parado, 3, 6 y 8 nudos). El rango máximo en todos los casos no varió mucho y fue de alrededor de 600 metros en promedio. Este parámetro se encuentra debajo de las especificaciones del instrumento (se esperaba un rango de entre 1000 y 1200 metros). Como el mar se encontraba en buenas condiciones, la causa más probable para el rango por debajo de especificaciones es una baja cantidad de reflectores. Esto se podrá determinar con un volumen mayor de datos del ADCP en diferentes áreas. Otro factor que se encontró, es que con el buque parado y a baja velocidad (3 nudos) el ADCP tuvo ensambles “malos” (*pings* con información determinada como no válida). Estos ensambles “malos” no se dieron con el buque navegando a 6 y 8 nudos. En base a la experiencia del técnico de *Teledyne RD Instruments*, esto puede deberse a la forma del nicho o, inclusive, a interferencia (burbujas de aire) producida por la forma del casco y sus características, mismas que a baja velocidad son más susceptibles de afectar la operación del instrumento. La prueba de rango inició a las 13:56 horas y terminó a las 14:55 horas.



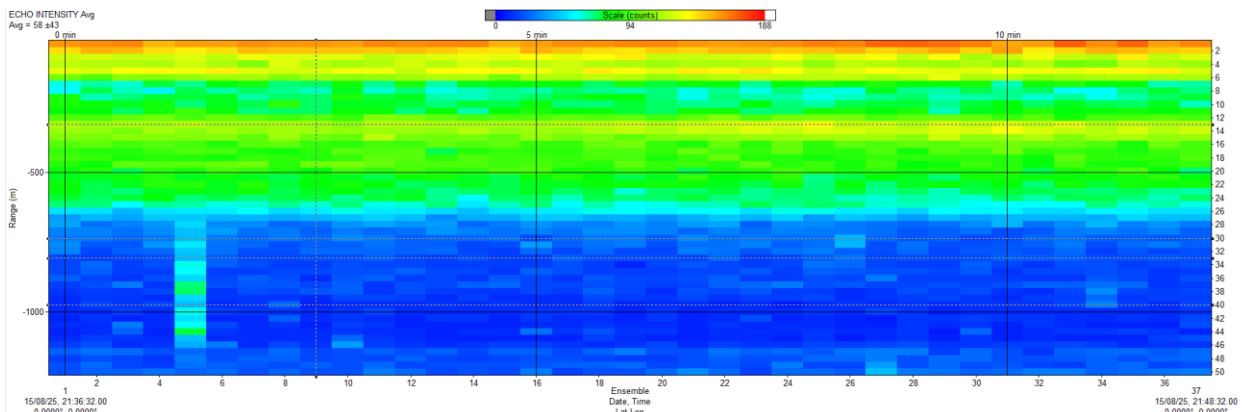
**Figura. 12.- Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de rango a buque parado. El rango es de alrededor de 600 metros y se observan algunos ensambles “malos”.**



**Figura. 13.- Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de rango con buque a 3 nudos. El rango se mantiene en ~ 600 metros y se observa una mayor cantidad de ensambles “malos”.**



**Figura. 14.- Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de rango con buque a 6 nudos. No hay ensambles “malos”. Se mantiene el rango de ~ 600 metros.**



**Figura. 15.- Intensidad promedio de eco registrado por el ADCP durante prueba de rango con buque a 8 nudos. No hay ensambles “malos”. Se mantiene el rango de ~ 600 metros.**

Posteriormente, realizamos la prueba de rango de detección de fondo. Dado que en modo normal de funcionamiento, el ADCP genera tres *pings* a diferentes tiempos (uno para la lectura en modo *Broadband*, otro para la lectura en *Narrowband* y un tercero, si se configura de tal forma, para detección de fondo o *Bottom track*) (RD Instruments, 2012) y la detección de fondo es usualmente mayor que el rango de medición de corrientes, es importante determinar el rango de los *pings* de medición de corrientes separados del rango de detección de fondo. Las pruebas de detección de fondo iniciaron a las 14:56 horas y terminaron a las 17:22 horas. Durante dicho período el buque navegó a 8 nudos dirigiéndose a mayores profundidades, buscando que el ADCP perdiera su lectura de fondo. Iniciamos alrededor de los 1200 metros. El rango esperado en que se pierda el fondo es de 1500 metros. En nuestro caso, el fondo se perdió hasta los 1731 metros (17:03 horas), por lo que este parámetro resultó mayor que la especificación.

Bottom Track		Velocity	% Good	Correlation	RSSI Amp	Eval Amp	Range	
Speed	----	Beam 1	1.572	100	252	94	36	1731.72
Direction	----	Beam 2	-1.474	100	253	117	47	1731.72
Bot range	1731.72 m	Beam 3	1.450	100	253	111	41	1753.10
		Beam 4	-1.401	100	248	104	33	1710.34
			m/s	%	counts	counts	counts	m

**Figura. 16.- Ventana de información de detección de fondo del ADCP en su mayor rango alcanzado durante la prueba.**

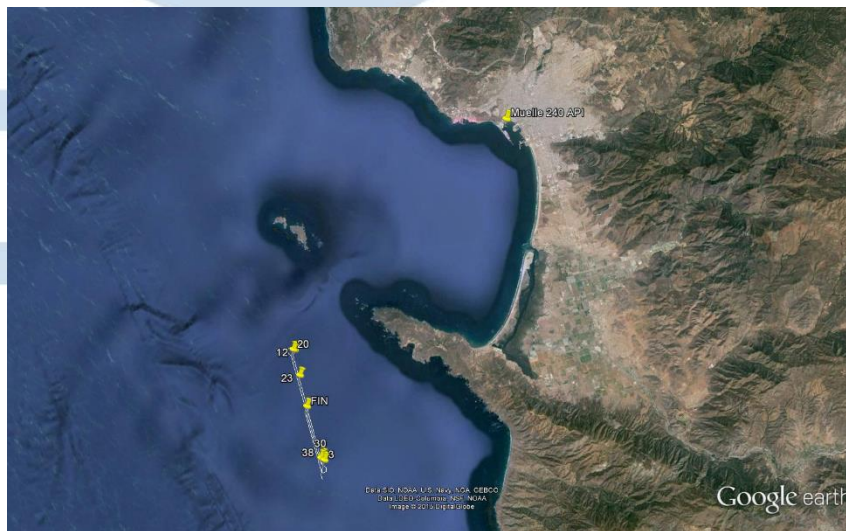
Terminada esta prueba, a las 17:24 horas iniciamos la navegación hacia menores profundidades. Durante este recorrido, mismo en que la velocidad se mantuvo relativamente constante y alta (8 nudos) y el rumbo fue el mismo (navegando a un punto específico) se realizaron los muestreos para llevar a cabo la prueba de resonancia. Esta nos ayudaría a determinar si se requiere una distancia de amortiguamiento de resonancia mayor que la recomendada de fábrica (de 16 metros, mismos en que la información del ADCP se considera inviable y se desecha). De acuerdo con el resultado de la prueba de resonancia, el aislamiento interno del nicho y la empaquetadura entre el ADCP y el casco del buque amortiguan adecuadamente la resonancia, y con la prueba terminada a las 21:04 horas se determinó que no es necesario asignar una mayor distancia de amortiguamiento.

Finalmente, realizamos la prueba de alineación de transductor. En teoría, el transductor del instrumento se encuentra con el *beam 3* a 45 grados hacia estribor, tomando como referencia (grado 0°) la proa del buque, de acuerdo al diseño del nicho y el procedimiento físico de instalación del transductor. Con esta prueba (misma que toma de referencia la desviación entre el rumbo del buque, proveniente de la giroscópica y el rumbo detectado en base al *bottom track* del ADCP) determinaríamos con mayor precisión este valor. La prueba inició a las 21:18 horas y terminó a las 00:25 horas del miércoles 26 de agosto de 2015. Se realizaron tres transectos a velocidad de 6 nudos y en direcciones opuestas. Se determinó que el ángulo de alineación del transductor es de 43.2 grados, cercano a los 45 grados que por diseño debiera tener.





**Figura. 17.-** Se requirieron dos transectos completos y un tercer transecto a la mitad para realizar la prueba de alineación del transductor del ADCP.



**Figura. 18.-** Referencia geográfica del área donde se realizaron los transectos para prueba de alineación de ADCP, al sur-suroeste de la bahía de Todos Santos.

Con lo anterior, se dieron por terminadas las pruebas y el ADCP se consideró trabajando dentro de parámetros y aceptado por ambas partes. Desde las 00:28 horas hasta las 06:27 horas se mantuvo el ADCP en servicio, con la finalidad de tener una mayor cantidad de datos para analizar luego de la salida a prueba. Estos datos crudos fueron proporcionados posteriormente al M. C. Miguel Ángel Cosío López (CICESE Unidad La Paz) y al Ocean. Joaquín García Córdova (CICESE – Departamento de Oceanografía Física) para su procesamiento y para determinar la calidad de los mismos.

Siendo las 07:49 horas, el buque atracó en el puerto de Ensenada, B. C., dando por terminada la salida a pruebas de mar del ADCP, con resultados favorables.



## **Discusión y recomendaciones**

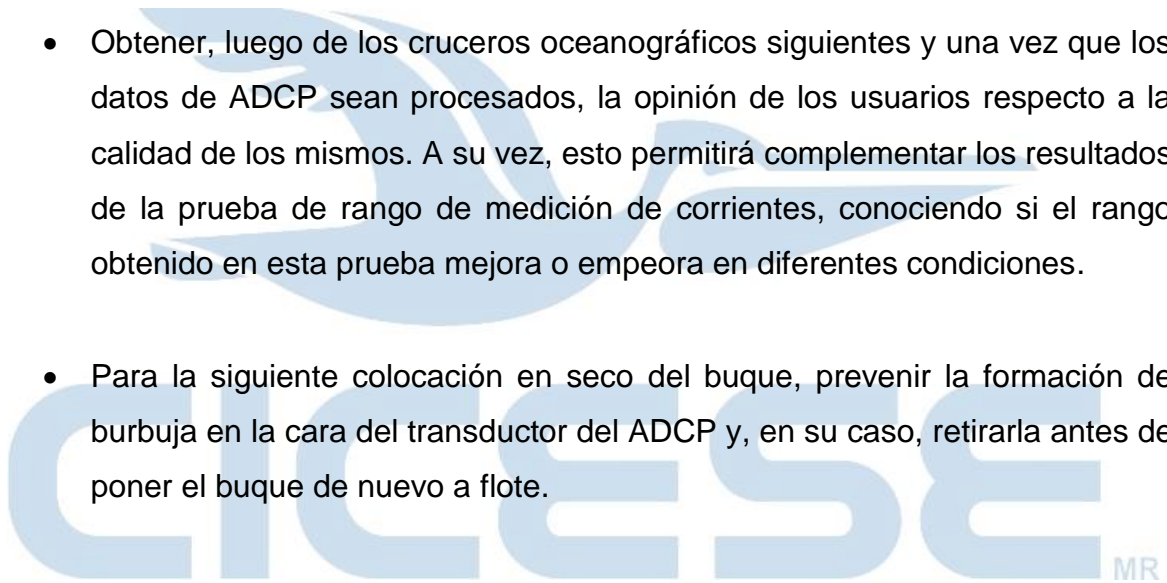
---

La adquisición e instalación de este nuevo perfilador acústico de corrientes brinda al *Buque Oceanográfico Alpha Helix* de mayores capacidades para el muestreo de corrientes durante la realización de cruceros oceanográficos, permitiendo a los proyectos de investigación interesados tener una mayor cantidad de datos a su alcance para su análisis. A comparación del ADCP con el que se encontraba dotado el *Francisco de Ulloa*, este instrumento emplea tecnología de punta y proporciona un mayor rango de funcionamiento. Igualmente, por la importancia y rango de este equipo, el *Buque Oceanográfico Alpha Helix* resulta más atractivo para potenciales usuarios tanto internos como externos a CICESE, siendo una inversión que podrá otorgar vastos rendimientos a la comunidad científica.

Como parte de las pruebas de mar, se generaron varias observaciones y recomendaciones, que implican oportunidades de mejora a fin de obtener el máximo potencial del instrumento:

- Para geo-referenciar con mayor facilidad los datos obtenidos, se recomienda adquirir un nuevo GPS para el laboratorio general del buque, que sea capaz de alimentar el mensaje NMEA \$GPGGA a la computadora que controla el ADCP y realizar la interconexión necesaria.
- En la siguiente subida a dique seco, derivado de la inspección visual del estado de la ventana acústica, se recomienda su cambio y adaptación de un aro de metal en su cara externa, en el área donde se colocan los tornillos que la mantienen unida al nicho, para evitar fisuras.

- Para seguridad del instrumento, se recomienda adquirir una unidad de alimentación eléctrica ininterrumpible (UPS por sus siglas en inglés) de 2400 Watts o mayor, a la cual se conecte exclusivamente la *deck unit* del ADCP, misma que alimenta al transductor.
- Para mejorar la calidad de los datos, se recomienda instalar un conjunto de sensores de posición tridimensional del buque (que brinde el mensaje NMEA \$PASHR,ATT) y conectarlo a la computadora que controla el ADCP (recomendación original de la Dra. Paula Pérez Brunius).
- Obtener, luego de los cruceros oceanográficos siguientes y una vez que los datos de ADCP sean procesados, la opinión de los usuarios respecto a la calidad de los mismos. A su vez, esto permitirá complementar los resultados de la prueba de rango de medición de corrientes, conociendo si el rango obtenido en esta prueba mejora o empeora en diferentes condiciones.
- Para la siguiente colocación en seco del buque, prevenir la formación de burbuja en la cara del transductor del ADCP y, en su caso, retirarla antes de poner el buque de nuevo a flote.



## Literatura citada

---

Fahey, J., Symonds, D., Findley, R., & Williams, E. (2002). Progress report on the use of a cruise liner as a vessel of opportunity for collecting scientific data. In *Oceans '02 MTS/IEEE*, vol. 3. (pp. 1832 – 1839). Escondido, CA: Holland Publications. 8 pp.

Lee-Gordon, R. (1996). *Acoustic Doppler Current Profiler Principles of Operation: A Practical Primer*. San Diego, CA: RD Instruments. 52 pp.

RD Instruments (2012), *Ocean Surveyor/Ocean Observer Technical Manual*. Poway, CA: RD Instruments. 190 pp.

Stewart, R. H. (2008). *Introduction to Physical Oceanography*. Tallahassee, Fla: Orange Grove. 345 pp.

The logo for CICESE (Centro de Investigación Científica de la Enseñanza Superior) is displayed in a light blue, semi-transparent font. It features the acronym 'CICESE' in a bold, sans-serif typeface, with a small 'MR' trademark symbol to the right. The logo is overlaid on a faint, stylized background graphic of a blue wave.

## Agradecimientos

---

- Al personal del *Buque Oceanográfico Alpha Helix* por su apoyo durante todo el proceso de instalación, especialmente al Cap. Pedro Nuñez, al Ing. José Francisco Contreras y al Ing. José Ramón López Chico.
- Al personal del astillero Gran Península por su aportación de ideas para soluciones prácticas durante la instalación física del transductor del ADCP.
- Al M. C. Miguel Ángel Cosío López (CICESE Unidad La Paz) por su participación durante la salida a pruebas de mar del instrumento.
- A Tony Phakonekham, técnico de *Teledyne RD Instruments*.
- Al Ocean. Daniel Loya Salinas, jefe del Departamento de Embarcaciones Oceanográficas, por su apoyo para realizar este informe técnico.
- A la Dra. Paula Pérez Brunius (CICESE, Departamento de Oceanografía Física) por sus recomendaciones para el mejor funcionamiento del instrumento.
- A la M. en C. Olga Elena Valdés, por su ayuda en la revisión de estilo de este informe.