

**IMPLEMENTACIÓN DE UN ESQUEMA DE
MONITORIZACIÓN ACÚSTICA PARA LA VAQUITA**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA**

Reporte Final para el

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA – SEMARNAT

Ensenada, B.C., a 9 de noviembre de 2010

RESUMEN EJECUTIVO

La vaquita (*Phocoena sinus*) es la única especie de cetáceo endémica de aguas mexicanas y se halla en grave riesgo de extinción, debido a una drástica reducción de su población causada por la captura incidental de individuos en redes agalleras y de enmalle. Desde el año 2005 el Gobierno Mexicano ha impulsado estrategias para la recuperación de la especie. En ese año se decretó un Refugio de protección y su Programa de manejo asociado. Desde el 2007 se han aplicado recursos para la disminución y ulterior eliminación de los artes de pesca que capturan vaquitas. En consecuencia, se debe contar con información robusta que evalúe las tendencias poblacionales de la especie en respuesta a las estrategias de recuperación. En 2008, en cooperación entre los gobiernos de México y Estados Unidos, se ejecutó un crucero de investigación dirigido a obtener información para el diseño de un esquema de monitorización acústica. Para ello se probaron 5 distintos tipos de detectores acústicos. Posteriormente, en un Taller realizado durante 2009, se analizó la información procesada y se delineó un esquema de monitorización. Este se compone de una red de 48 detectores arreglados en una malla de muestreo dentro del Refugio de Protección para la Vaquita, además de aprovechar 14 de las boyas de marcaje. El reporte de este Taller, especifica la investigación y prueba piloto necesarias para implementar la red de muestreo. En este trabajo se presentan los diseños de anclaje, tanto para los 48 detectores dentro del refugio, como para los que serán montados en boyas. Se realizaron pruebas de funcionamiento de los prototipos y se corrigió el diseño con más pruebas hasta llegar a un diseño final totalmente funcional. Por otro lado, se realizaron pruebas del funcionamiento de los equipos de detección que se utilizarán en la red de monitorización, el cual fue seleccionado por su eficaz funcionamiento durante el Taller. Se comprobó que los detectores funcionan adecuadamente y que son capaces de almacenar información por lapsos suficientes para el esquema. También se comprobó su capacidad para detectar vaquitas adecuadamente. Por último, con base en la información generada durante la prueba piloto, se confeccionaron planes de operación logística para actividades de campo y para análisis de datos. Además, se incluye un listado de los requerimientos necesarios para arrancar el funcionamiento del esquema de monitorización en pleno.

EXECUTIVE SUMMARY

The vaquita (*Phocoena sinus*) is the only kind of cetacean endemic to Mexican waters and stands at serious risk of extinction, due to a drastic reduction of its population caused by the catch of individuals in gill and mesh nets. Since the year 2005 the Mexican Government has driven strategies for the recovery of the species. In that year was decreed a Refuge for the Protection and its corresponding Management Program. Since 2007 public resources have been implemented for the reduction and eventual elimination of the fishing gear that capture vaquitas. Accordingly, it is necessary to generate robust information to assess population trends of the species in response to the recovery strategies. In 2008, in cooperation between the governments of Mexico and the United States, a research survey was executed aimed at obtaining information to the design of an acoustic monitoring scheme. Five different types of acoustic detectors were tested. Subsequently, at a Workshop during 2009, the processed information was reviewed and the monitoring scheme was outlined. This is composed of a network of 48 detectors arranged in a mesh of sampling within the Refuge of Protection for the Vaquita, in addition to take 14 of the marking buoys. The report of this Workshop, specify research and pilot test needed to implement the sampling network. In this work design of moorings are presented, both for the 48 detectors within the refuge, as for those that will be moored on buoys. Tests were carried out for the operation of the prototypes, as well as corrections and further tests until reach a final design fully functional. On the other hand, tests were carried out for the operation of the detection equipment to be used in the monitoring network, which were selected by their effective functioning during the workshop. It was found that the detectors work properly, and that they are capable of storing information for periods of time enough for the scheme. It was also found its ability to detect vaquitas properly. Finally, based on information generated during the pilot test, Logistic Operation Plans were outlined for field activities and data analysis. In addition, it is included a list of requirements necessary to start the operation of the monitoring scheme in full.

TABLA DE CONTENIDOS

1. Programa de Trabajo	1
1.1. Actividades a desarrollar	1
1.1.a. Elaborar el Programa de Trabajo.....	1
1.1.b. Diseñar sistemas de anclaje, tanto a fondo como a boyas, capaces de sujetar los dispositivos de monitorización acústica de forma segura por tiempo prolongado.....	2
1.1.c. Realizar las pruebas de campo de los sistemas de anclaje y, en su caso, modificar el diseño y realizar nuevamente las pruebas correspondientes.....	3
1.1.d. Una vez con los sistemas de anclaje listos, realizar una verificación del correcto funcionamiento de los equipos acústicos al ser instalados en los anclajes	4
1.1.e. Realizar una prueba piloto de monitorización acústica que cubra una porción representativa de la zona en que se implementará el esquema de monitorización en pleno	4
1.1.f. Con la información de las dos pruebas piloto (actividades 1.1.d y 1.1.e) se diseñará un programa de operación y logística de actividades de campo	5
1.1.g. La información acústica generada será analizada con procedimientos estandarizados. La tasa de análisis (volumen de información / tiempo de análisis) permitirá anticipar las necesidades de cómputo y personal para cumplir en tiempo y forma con el análisis de datos del esquema de monitorización funcionando en pleno	6
1.1.h. Instalar los pares de anclaje y detector acústico en los sitios contemplados en el diseño del esquema de monitorización	7
2. Diseño de sistemas de anclaje a boyas y sumergidos.....	7
2.1. Anclajes a boyas	7
2.2. Anclajes sumergidos.....	9
3. Resultados de las pruebas de sistemas de anclaje.....	10
3.1. Anclajes a boyas	10
3.1.a. Fabricación y ensamblaje del sistema de anclaje	10
3.1.b. Instalación del sistema de anclaje y detectores a la boya.....	11
3.1.c. Prueba del anclaje.....	12
3.1.d. Resultado de la prueba y necesidades de cambio al diseño.....	13
3.2. Anclajes sumergidos.....	14
3.2.a. Fabricación y ensamblaje del sistema de anclaje sumergido	14
3.2.b. Prueba del anclaje.....	16
3.2.c. Resultado de la prueba y necesidades de cambio al diseño.....	17
4. Resultados de la verificación del funcionamiento de los equipos de detección acústica	19

5. Cambios previstos al diseño y pruebas de funcionamiento.....	22
5.1. Anclajes a boyas	22
5.2. Anclajes sumergidos.....	22
5.3. Sistema de enganche de detectores acústicos a los Anclajes.....	24
6. Prueba piloto de detección acústica.....	24
6.1. Bitácora de operaciones de campo de la prueba piloto	25
6.2. Análisis de la información acústica generada.....	26
7. Fase final de implementación de la red de monitorización acústica	28
8. Plan de operación del esquema de monitorización acústica.....	29
8.1. Plan logístico de operaciones de campo	29
8.1.a. Estrategia de trabajo con anclajes y detectores	30
8.1.b. Procedimiento para el manejo de detectores acústicos en anclajes	31
8.1.c. Procedimiento para la búsqueda de anclajes con sonar	32
8.2. Plan logístico de análisis de información	32
8.3. Requerimientos para el arranque del esquema de monitorización en pleno.....	33
8.3.a. Personal	33
8.3.b. Equipo.....	33
8.3.c. Jornadas de preparación y entrenamiento.....	34
8.3.d. Materiales	34
8.3.e. Consumibles y gastos	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Polígono del Refugio de Protección para la Vaquita, que muestra la ubicación de las boyas de marcaje.....	36
Figura 2.	Fotografía de la Boya G, utilizada para el diseño y pruebas experimentales de anclajes a boyas.....	36
Figura 3.	Esquema tomado del Reporte del Taller para el Diseño del Esquema de Monitorización para la Vaquita que muestra el diseño propuesto para los anclajes a boyas.	37
Figura 4.	Diagrama esquemático del sistema de anclaje diseñado para anclar los detectores acústicos a las boyas que delimitan el Refugio de Protección para la Vaquita.	37
Figura 5.	Sistema de enganche del detector acústico a la cuerda unida al armazón metálico.....	38
Figura 6.	Esquema tomado del Reporte del Taller para el Diseño del Esquema de Monitorización para la Vaquita que muestra los dos diseños propuestos para los anclajes sumergidos.	39
Figura 7.	Diagrama esquemático del diseño propuesto de anclaje sumergido.	40
Figura 8.	Esquema del armazón metálico diseñado para los anclajes a boyas.	41
Figura 9.	Forma en que se unen los ganchos de soltado rápido a los aros del armazón.....	41
Figura 10.	Fotografía de un detector acústico atado a la línea vertical del diseño de anclaje a boyas.....	42
Figura 11.	Forma en que se ensamblaron los tres detectores para la prueba de anclaje a boyas	43
Figura 12.	Forma en que se une el extremo de la línea vertical a la cadena del ancla en el prototipo de anclaje a boyas.....	43
Figura 13.	Posición en la que se colocó el ancla al montar el anclaje de prueba a boyas	44
Figura 14.	Fotografías que muestran el estado de los detectores y las cuerdas del anclaje a boyas después del período de prueba	44
Figura 15.	Cambio de diseño para el armazón metálico que es parte del anclaje a boyas	45
Figura 16.	Propuesta de diseño para el peso que mantiene la cuerda en posición vertical en los anclajes a boyas	45
Figura 17.	Fotografías que muestran el ensamblaje del prototipo de anclaje sumergido.	46

Figura 18. Una vista de la forma en que se marcó la posición de las dos anclas del prototipo de anclaje sumergido para ensayar el procedimiento de recuperación. La prueba se llevó a cabo en aguas cercanas al poblado de San Felipe, visible al fondo.	47
Figura 19. Gancho utilizado para realizar las prueba de recuperación de anclajes sumergidos.....	47
Figura 20. Mapa de la zona de estudio en la que se lanzaron los anclajes sumergidos de prueba.....	48
Figura 21. Pantalla del GPS de abordó	48
Figura 22. Forma en que se modificó el sistema de recuperación utilizando un gancho más.....	49
Figura 23. Estado de los elementos del anclaje 2 después de ser recuperado por primera vez	49
Figura 24. Estado de uno de los anclajes sumergidos después de varios días de trabajo ..	50
Figura 25. Diferentes tipos de boyas rígidas que podrán utilizarse para reemplazar a las boyas inflables.....	50
Figura 26. Sonar de barrido lateral (<i>side scan sonar</i>) utilizado para implementar un sistema de búsqueda eficiente para localizar los anclajes sumergidos en menor tiempo.....	51
Figura 27. Pantalla del programa de manejo del sonar, que muestra la forma en que se detectó un anclaje	52
Figura 28. Reflectores de sonar que se instalarán en los anclajes sumergidos para mejorar los procedimientos y tiempos de localización.....	52
Figura 29. Diagrama esquemático del diseño propuesto de anclaje sumergido con un par de reflectores de sonar agregados en el lado cercano al ancla arenosa.....	53
Figura 30. Fotografías que muestran el momento en que se estaba preparando el C-POD número 1000	53
Figura 31. Esquema que muestra la posición del detector respecto de la vertical y horizontal.....	54
Figura 32. Gráfica que muestra el despliegue del programa para analizar los datos acústicos generados por el C-POD	55
Figura 33. Gráfica que muestra el despliegue del programa para analizar los datos acústicos generados por el C-POD	55
Figura 34. Gráfica del número de chasquidos almacenados por hora para cada uno de los tres detectores usados durante todo el tiempo que duró la prueba de anclajes a boyas	56
Figura 35. Gráfica similar a la Figura 34, en la que se presentan datos para las horas de muestreo de la 288 a la 480.....	56

Figura 36. Gráfica que presenta información generada por los tres detectores usados durante la prueba de anclaje a boyas	57
Figura 37. Fotografías de armazón extendido y peso construido en una sola pieza, de acuerdo a las especificaciones de las figuras Figura 15 y Figura 16.	57
Figura 38. Mapa que muestra el Refugio de Protección para la Vaquita y los sitios de muestreo del esquema de monitorización acústica, de acuerdo a los resultados del Taller para el Diseño del Esquema de Monitorización.....	58
Figura 39. Mapa del Refugio de Protección para la Vaquita, en que se muestran los estratos usados para definir los sitios de muestreo de la prueba piloto	59
Figura 40. Mapa del Refugio de Protección para la Vaquita que muestra los sitios de muestreo definidos en el Taller y los estratos usados en la prueba piloto.....	60
Figura 41. Boya rígida de poliuretano de alta resistencia usada para mantener a flote la cuerda para sostener el detector acústico en los anclajes sumergidos	61
Figura 42. Prototipo de reflector de sonar usado durante la prueba piloto.	61
Figura 43. Pantalla del sonar en la que se muestra la señal reflejada por el prototipo de reflector fabricado con policarbonato	62
Figura 44. Fotografía de un detector acústico unido a las curdas de amarre y línea de seguridad por medio de ganchos de soltado rápido	62
Figura 45. Pantalla del programa de análisis de información acústica	63
Figura 46. Mapa de los sitios de muestreo que componen el esquema de monitorización completo arreglados por parcelas, las cuales se hallan representadas por círculos del mismo color.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Posiciones geográficas de los sitios de muestreo con anclajes sumergidos.....	24
Tabla II. Itinerario de instalación y recuperación de anclajes durante la prueba piloto.	26

1. Programa de Trabajo

De acuerdo a los Términos de Referencia, que son la guía para la ejecución de este estudio, la implementación del esquema de monitorización acústica para la vaquita se debe basar en los resultados del Taller “*Evaluación de las Tendencias en la Abundancia Poblacional de la Vaquita mediante el Monitoreo Acústico: Programa en el Área de Refugio, y Necesidades de Investigación fuera del Área de Refugio*” (nombrado en adelante sólo como “Taller”) llevado a cabo en Ensenada, B.C., del 19 al 23 de octubre de 2009.

El reporte de dicho Taller contiene los fundamentos y lineamientos técnicos y científicos para guiar la implementación. Tal labor incluye investigación y pruebas necesarias para el montaje de los detectores acústicos que formaran la red de detección, el montaje en sí de la red completa de detección, así como el desarrollo de métodos de análisis para estimar, la tendencia poblacional, en los siguientes cinco años posteriores a la implementación.

El presente Programa de Trabajo describe las labores y métodos que se utilizarán para instalar una red de 62 detectores acústicos dentro del “Área de Refugio para la Protección de la Vaquita”, 14 de ellos instalados en las boyas de marcaje del propio Refugio y 48 en anclajes sin marcas en superficie, de acuerdo a la malla descrita en el reporte del Taller y que es el objetivo general del estudio contratado. Así mismo, se realizará la investigación previa necesaria, también descrita en dicho Reporte, y que es el eje descrito en los objetivos específicos de los Términos de Referencia, los cuales dan lugar a las actividades a desarrollar contenidas en el apartado V de los mismos Términos.

Este Programa de Trabajo describe los métodos que se aplicarán para cumplir con cada una de las actividades listadas, para dar cabal cumplimiento a los objetivos del estudio. El producto final del estudio será la instalación de 14 detectores acústicos en boyas de marcaje del Refugio para la Vaquita y 48 en anclajes. Tanto los elementos para fijar detectores a boyas, como los usados para los anclajes, habrán sido probados para resistir condiciones climáticas severas, así como para disminuir las probabilidades de pérdidas por robo o actividades pesqueras. Así mismo, el desempeño de los detectores acústicos usados (C-POD de acuerdo a los lineamientos contenidos en el reporte del Taller) será verificado a manera de asegurar que, cuando inicie la operación en pleno del esquema de monitorización, se obtenga información adecuada y completa para estimar la tendencia de la población de vaquita.

1.1. Actividades a desarrollar

1.1.a. Elaborar el Programa de Trabajo

Este Programa se elaboró tomando como eje las actividades a desarrollar que se describen en el apartado V de los Términos de Referencia. Para cada actividad se describen los métodos propuestos, factibles de ser aplicados con base en los objetivos específicos y los resultados esperados. Además, tales métodos debieron ser también factibles de ajustarse a los tiempos destinados para cumplir con el

estudio, de acuerdo al apartado X de los Términos de Referencia, que contiene el Cronograma de Actividades.

El sitio base de operaciones de campo será el poblado de San Felipe (Figura 1), dado que es el asentamiento más cercano a la zona de estudio y que cuenta con todos los servicios. El centro de acopio de datos y análisis será el Puerto de Ensenada, localizada a sólo 250 Km de San Felipe y que cuenta con una infraestructura científica de alta calidad.

1.1.b. Diseñar sistemas de anclaje, tanto a fondo como a boyas, capaces de sujetar los dispositivos de monitorización acústica de forma segura por tiempo prolongado

El primer paso para cumplir con esta actividad, ligada al objetivo específico 1, será la de contar con un C-POD, que es el detector acústico con el que se instalará la red de monitorización. Es fundamental contar con un detector para planear adecuadamente la forma en que será atado a los sistemas de anclaje, tanto en boyas como en los sistemas sumergidos.

El anclaje a boyas se basa, según el reporte del Taller, en el amarre de los detectores a la cadena que sostiene a las boyas en su sitio. La primera tarea será hacer una inspección visual de la cadena, con el fin de evaluar su resistencia y obtener sus dimensiones. Estos datos, junto con el tamaño real de las propias boyas, permitirán determinar los tamaños requeridos de los elementos de anclaje, tales como grilletes, guardacabos, grilletes giratorios, cuerdas y tubos. El diseño de los anclajes tomará en cuenta la forma en que se instalarán y se recuperarán los detectores, buscando que la maniobra sea lo más simple y seguro posible, y pueda ser llevada a cabo de forma rápida y bajo condiciones climáticas con oleaje moderado, seguro para la navegación de embarcaciones tipo panga de aproximadamente 7 metros de eslora. El diseño se hará de forma que se evite el uso de buceo, al menos para la recuperación y mantenimiento de detectores.

Los anclajes sumergidos, según el Reporte del Taller, se basan en objetos pesados que permanezcan en el fondo, de los cuales se atan los detectores por medio de cuerda o cadena suspendidos por una boya. Esto con el fin de que el detector acústico permanezca alejado del fondo. El diseño se complementa con un elemento que sirve para la recuperación de los equipos. Este elemento consiste de una cuerda o cadena atado a otro peso, alejado del inicial por una cierta distancia. Esta cuerda servirá para permitir su enganche desde una embarcación tipo panga, con un gancho que sea arrastrado por el fondo en la posición en donde el anclaje haya sido dejado.

El paso inicial para diseñar estos anclajes será el de investigar el tipo de fondo de la zona de estudio, con el fin de entender el tipo de pesos o anclas que deberán ser usados. Posteriormente, se planeará el tipo de herrajes (grilletes, guardacabos, grilletes giratorios, cadena, etc.) que se utilizarán para conectar los diferentes elementos de los anclajes. También se harán consideraciones respecto del tipo de

cuerdas y boyas a utilizar, de acuerdo a pruebas de flotabilidad y desplazamiento por mareas.

Con anclajes de ensayo ensamblados, la primera prueba que se hará será la de recuperación. Para ello se usarán boyas de marcaje que permitan conocer en todo momento la ubicación de las posiciones de los pesos o anclas utilizados. Esta prueba permitirá decidir sobre la longitud y tipo de cuerdas a utilizar, dependiendo de su comportamiento en el anclaje y en la maniobrabilidad de la embarcación para agarrar la cuerda de conexión entre anclas. Una vez que se llegue a un diseño adecuado, este será probado sin boyas de marcaje para confirmar su recuperación adecuada.

1.1.c. Realizar las pruebas de campo de los sistemas de anclaje y, en su caso, modificar el diseño y realizar nuevamente las pruebas correspondientes

Confirmados los diseños iniciales, se harán pruebas de más largo plazo, para confirmar que los equipos se pueden recuperar después de haber sido sometidos a las condiciones ambientales de la zona de estudio, de acuerdo al objetivo específico 2 de los Términos de Referencia.

La prueba de anclajes a boyas se hará con detectores operativos a tres distintas profundidades (5, 10 y 15 metros). Esto bajo el supuesto de que la pérdida de equipos será mínima dada la protección que brindan las boyas. Aprovechando esto, se probará el desempeño de los detectores a las tres profundidades indicadas, con el fin de determinar la profundidad más adecuada para fijar los equipos, con respecto a su seguridad y niveles de ruido ambiental que pudieran interferir con la efectividad de detección de vaquitas. Esta prueba coadyuvará en el diseño de anclajes sumergidos para determinar la longitud de la línea que sostendrá a los equipos de detección. Para las prueba se utilizará la boya más cercana al Puerto de San Felipe, donde se encontrará el grupo de trabajo. De tal forma será más sencillo realizar la inspección de los equipos durante el curso de las prueba.

Determinado el diseño final de los anclajes sumergidos, se ensamblarán al menos 5 anclajes para realizar una prueba de largo plazo en zonas representativas de la zona de estudio. Para esto se hará una prueba de una semana con dos anclajes, en una zona cercana a San Felipe, con el fin de corroborar la efectiva recuperación de los anclajes y realizar una inspección del estado de los diversos materiales usados. Una vez confirmada la eficaz recuperación, se correrá una prueba de más largo plazo, colocando los anclajes en zonas que abarquen todo el ámbito del Refugio de Vaquita, dentro del cual se pretende implementar la red de detección acústica.

Las pruebas de anclaje habrán concluido cuando se confirme que los anclajes pueden ser recuperados después de haber quedado en su sitio por al menos dos meses, tanto a boyas como al fondo. Después de este lapso se evaluará respecto a la calidad de los materiales utilizados para resistir su estancia en el fondo, así como el potencial efecto que tendrá el crecimiento de fauna y flora sobre los elementos de

anclaje. En caso necesario se modificarán los elementos requeridos para el correcto anclaje de los equipos.

1.1.d. Una vez con los sistemas de anclaje listos, realizar una verificación del correcto funcionamiento de los equipos acústicos al ser instalados en los anclajes

Esta tarea será concomitante a la actividad anterior en dos modalidades, de acuerdo al objetivo específico 2 de los Términos de Referencia. La prueba de anclaje a boyas utilizará detectores operativos, con lo que se probará no sólo que los equipos son mantenidos al anclaje de forma efectiva, sino que se verificará el correcto funcionamiento de los equipos respecto a la adquisición de información acústica.

En el caso de los anclajes sumergidos se utilizarán “detectores ficticios”. Estos serán elementos con la misma estructura y materiales con que están construidos los detectores operativos, pero sin contar con los módulos electrónicos ni baterías. De esta forma se evitará la pérdida de costosos equipos al probar anclajes a largo plazo y, aún, se podrá confirmar que los detectores ficticios son mantenidos de forma adecuada en la columna de agua y no enterrados en el fondo, donde su funcionamiento no sería adecuado.

Los detectores que se utilizarán para la implementación de la red tendrán, todos, las mismas especificaciones. De tal forma, la prueba de funcionamiento realizada en la prueba de anclaje a boyas indicará que los detectores cumplen con su cometido de almacenar información acústica de forma continua. Sin embargo, una vez que se concluya con las pruebas de los anclajes sumergidos, será necesario correr una prueba de corto plazo, previo a la prueba piloto descrita en la siguiente actividad, que confirme el correcto funcionamiento de detectores atados a los anclajes sumergidos. En caso necesario se harán modificaciones para lograr esto, lo cual tiene que ver con la necesidad de que los detectores permanezcan en posición vertical.

1.1.e. Realizar una prueba piloto de monitorización acústica que cubra una porción representativa de la zona en que se implementará el esquema de monitorización en pleno

Aunque el Reporte del Taller contiene un mapa que describe la malla de ubicaciones de muestreo para la red de detección acústica, no se indican las coordenadas precisas. Por tal motivo, la primera tarea será la de trazar la malla de ubicaciones, de acuerdo a las especificaciones contenidas en el Reporte del Taller, en un sistema computarizado de información geográfica. Para esta tarea se utilizarán las coordenadas del Refugio de Protección para la Vaquita, sobre el cual se basó el trazado de la red de muestreo en los trabajos del Taller.

Una vez obtenidas las coordenadas de los sitios de muestreo de la red, se procederá a seleccionar, al azar, los sitios en que se instalarán los anclajes para la prueba piloto, la cual contará con al menos diez pares de anclaje y detector, de acuerdo a las especificaciones contenidas en el reporte del Taller. Para ello, previamente, se

dividirá la zona de estudio en al menos cuatro estratos, con el fin de que la prueba piloto sea representativa de toda la zona de monitorización. Los anclajes serán repartidos homogéneamente entre todos los estratos y su posición seleccionada al azar dentro de cada estrato. También se elegirán al azar boyas en las que se instalarán detectores. De esta forma la prueba piloto será completa.

De acuerdo a las especificaciones contenidas en el reporte del Taller, y en concordancia con el objetivo específico 2 de los Términos de referencia, la prueba piloto tendrá una duración aproximada de dos meses. Durante el curso de la prueba se verificará la posición de los anclajes en su sitio de lanzamiento, o se registrarán potenciales movimientos o pérdidas.

Al final de la prueba piloto todos los anclajes y detectores serán retirados del agua para una revisión de todos los elementos. De tal forma, se obtendrán datos que permitan juzgar la necesidad de ulteriores cambios en el diseño o tipo de materiales utilizados.

1.1.f. Con la información de las dos pruebas piloto (actividades 1.1.d y 1.1.e) se diseñará un programa de operación y logística de actividades de campo

El esquema de monitorización se basará en la colección de datos en 62 sitios de muestreo. Este no es un número menor si se contempla la carga de trabajo requerida para extraer del agua un solo anclaje, además de la necesidad de transportarse desde el Puerto de San Felipe (base de operaciones de campo del esquema de monitorización) hasta los sitios de anclaje. Además, se requerirá de realizar operaciones de revisión de anclajes entre períodos de recuperación y mantenimiento, lo cual hace el trabajo más complicado aún.

El tiempo preciso que se dejarán operando los detectores entre períodos de recuperación de datos y mantenimiento dependerá de dos parámetros, los cuales se obtendrán a partir de las pruebas piloto. El primero es la resistencia de los anclajes a condiciones climáticas y oceanográficas. Es decir, la capacidad de estos para sostener a los equipos de detección de forma adecuada, cerca del sitio original de lanzamiento y sin deterioro significativo de sus elementos. El segundo es la capacidad de los equipos de detección para permanecer operando, de acuerdo a la carga de pilas y a la cantidad de información almacenada.

El Programa de Operación y Logística de Actividades de Campo se basará en un esquema de parcelas. Es decir, la red de detectores será dividida en grupos, que tendrán una ubicación tal que facilite su acceso y manejo en un solo día de navegación, tomando en cuenta como sitio de embarque el Puerto de San Felipe. Así, las parcelas podrán ser de distintos tamaños dependiendo de su distancia al puerto. Las parcelas serán definidas con base en varios parámetros que se coleccionarán en el curso de las pruebas piloto:

- Velocidad de cruce de navegación bajo condiciones climáticas promedio en la zona de estudio. Esto podrá depender de la estación climática prevaleciente.
- Tiempo de localización de los anclajes. Se intentará, incluso, el uso de tecnología adicional al GPS si este último resulta en tiempos de localización ineficaces.
- Tiempo de recuperación de los anclajes. Esto podría depender del tipo de sedimento específico en la zona de anclaje, que modifique la fuerza necesaria para retirar las anclas o para poder atrapar la cuerda de recuperación.
- Tiempo de reinstalación de los detectores. Este dependerá, en primer término, de la estrategia a utilizar. El recambio de detectores reducirá drásticamente este lapso y permitiría que la recuperación de datos y mantenimiento se haga en tierra, lo cual sería muy adecuado. Sin embargo, esto aumentaría los costos al requerirse de más detectores. El realizar la obtención de datos a bordo es factible, pues sólo se requiere de reemplazar tarjetas tipo “SD”, sin embargo extendería los tiempos de trabajo en cada anclaje y resultaría en mayores probabilidades de daño a los equipos por humedad. Además, requeriría de la necesidad de mejores condiciones climáticas, lo cual no es la condición predominante en los últimos años en la región.

En su forma final, de acuerdo al objetivo específico 3 de los Términos de Referencia, el Programa definirá las parcelas y contendrá un cronograma de actividades, el cual indicará en que períodos se deberá realizar las distintas tareas de campo, tales como la búsqueda de anclajes con fines de revisión (sólo confirmar que se hallan en su ubicación) o su búsqueda con fines de obtención de datos, mantenimiento de detectores y revisión del estado de los anclajes (lo cual podría resultar en la necesidad del retiro del anclaje para mantenimiento o reemplazo de partes). Estas tareas, por supuesto, serán realizadas por parcelas. El Programa también contendrá manuales de procedimientos para las distintas tareas, incluyendo catálogo de partes.

1.1.g. La información acústica generada será analizada con procedimientos estandarizados. La tasa de análisis (volumen de información / tiempo de análisis) permitirá anticipar las necesidades de cómputo y personal para cumplir en tiempo y forma con el análisis de datos del esquema de monitorización funcionando en pleno

La información acústica obtenida consistirá en datos descriptivos de miles de chasquidos por hora. La información será analizada en un programa específico diseñado por el fabricante de los detectores acústicos.

En principio, se elegirá a tres analistas, los cuales serán entrenados en el uso del programa para diferenciar señales acústicas de vaquita (estos mismos serán los que analicen la información generada en la prueba piloto). Esta diferenciación se puede hacer en modalidad manual o semi-automatizada. Esta última depende de la creación de algoritmos de identificación siendo creados y depurados por el fabricante, así que no se tiene la certeza de su adecuado desempeño. En todo caso se deberá hacer una prueba del funcionamiento de estos, al comparar resultados de análisis en las dos modalidades. Si el resultado comparativo es positivo se usará la modalidad automatizada para el análisis, sin embargo esta actividad comprenderá recomendaciones para ambas modalidades.

La información base de esta actividad será el tiempo promedio de análisis por hora de información. De esta forma se estará en posibilidades de calcular el tiempo requerido para analizar el conjunto de información generada, tomando en cuenta que los 62 detectores, que componen la red, operarán ininterrumpidamente durante el tiempo que se encuentren en el agua. Este dato permitirá calcular el número de operadores requeridos para el análisis, tomando en cuenta jornadas de trabajo diarias de 4 horas máximo, por cinco días a la semana. Además, cada juego de datos deberá ser analizado por al menos dos operadores. De esta forma se podrá determinar el número de analistas requerido y, por ende, el número de computadoras necesarias. Sin embargo, se debe considerar que dada la jornada de trabajo esperada, una computadora puede ser compartida entre operadores si su uso se reparte a lo largo del día.

1.1.h. Instalar los pares de anclaje y detector acústico en los sitios contemplados en el diseño del esquema de monitorización

Una vez que se concluyan las pruebas piloto, y se compruebe el adecuado anclaje y el correcto funcionamiento de los detectores, se procederá a la instalación de los 62 pares de anclaje y detector, en las posiciones geográficas indicadas en la actividad 1.1.e. La instalación se hará de acuerdo a las parcelas definidas en la actividad 1.1.f. Posterior a la instalación se revisará el adecuado anclaje de los pares instalados, con al menos una semana de diferencia entre ambos periodos. Nuevamente, esta tarea se realizará por parcela.

2. Diseño de sistemas de anclaje a boyas y sumergidos

2.1. Anclajes a boyas

Las boyas que delimitan el polígono del Refugio de Protección de la Vaquita (Figura 1) son de dos especificaciones. De mayor tamaño, aproximadamente 1.7 m de diámetro y 3 m de altura sobre la superficie (Figura 2), se usan para marcar los vértices del polígono (Figura 1) nombradas con letras de la A a la G (siete en total). En los puntos intermedios se usan boyas de aproximadamente 75% del tamaño de las grandes, numeradas del 1 al 9, para dar un total de 16 boyas. Sin embargo el diseño de todas las boyas es el mismo, variando sólo el tamaño.

Por su cercanía con San Felipe (Figura 1), se eligió la Boya G para realizar las mediciones necesarias para el diseño. Según los resultados del Taller para el diseño del esquema de monitorización, se podría utilizar la cadena de sujeción de las boyas como medio para sostener los equipos de detección. El diseño propuesto fue el de un tubo de pvc con un elemento flotante. En un extremo el tubo estaría amarrado a la cadena y en el opuesto tendría atado al detector, el cual es en sí de flotabilidad positiva (Figura 3).

En una primera inspección el diseño es muy sencillo y de fácil fabricación. Sin embargo, después de haber estado en la cercanía de la Boya G, bajo condiciones de oleaje moderado, se consideró que podría ser un diseño muy inestable. La combinación de un régimen mareal extremo, y periodos de fuerte oleaje forzado por viento, podría provocar una oscilación extrema, que podría resultar en golpes. Por otro lado, el diseño compromete la longitud de la estructura entre dos necesidades. Una es la posibilidad de recuperar el equipo sin la necesidad de buceo o nado y, la otra, es el requerimiento de que el equipo no sea visible desde la superficie. Un tubo corto, en este diseño, obligaría a bucear durante la recuperación. Una longitud más grande permitiría asirlo desde una embarcación y llevarlo hasta ella, pero comprometería el mantenimiento de la estructura a una profundidad constante, a la cual resulte no visible.

El diseño propuesto en este estudio es una modificación del propuesto en el Taller (Figura 4). Se trata de un armazón metálico en forma de triángulo rectángulo, fabricado con tubulares. Uno de sus lados, que forma el ángulo recto, estaría enganchado a la cadena de la boya por medio de grilletes a los aros soldados a los tres vértices del armazón. Al aro del vértice distal a la cadena, se ata una cuerda por medio de grillete y guardacabos. Esta cuerda es la que sostendrá los equipos de detección y que se detallará más adelante. A una distancia cercana al fondo, sin llegar hasta él, se amarra un peso. Este tiene el fin de mantener la cuerda en posición vertical. Después del peso se ata una porción más de cuerda para rematar con un ancla tipo arenoso y cadena galvanizada. El objetivo del ancla es de seguridad, previendo una posible ruptura de la cadena de sujeción de la boya. El ancla, aunque tal vez no sea suficiente para evitar el desplazamiento de la boya, si podría disminuir la velocidad de arrastre y así permitir la recuperación de toda la estructura en un sitio más cercano.

Este diseño es más estable y resistente que el propuesto en el Taller. Permitirá que la instrumentación siempre esté sumergida a una profundidad constante (variando sólo por inclinación de la boya por la corriente mareal). Además, mantendrá la cuerda separada de la cadena de la boya, lo que evitará golpes al equipo. Por otro lado, este diseño podría permitir, en el futuro, atar más de un equipo en el sitio, tal como detectores acústicos adicionales u otro tipo de instrumentación como un CTD. (instrumento para medir presión, temperatura y conductividad) Por último, este diseño permitirá recuperar los equipos desde una embarcación sin necesidad de nado o buceo. Sólo se requerirá utilizar un mango con un gancho en su extremo, para asir la cuerda en el extremo cercano al armazón. De acuerdo a la visibilidad de las aguas en la zona de estudio, se espera que el armazón pintado de negro no sea

visible a dos metros de profundidad. De tal forma, un detector colocado a tres metros del armazón aún tendrá libre un metro de cuerda para ser subido a la embarcación, lo cual es suficiente en el caso de una panga.

La cuerda para la sujeción del detector acústico tendrá asas hechas con nudos, para el enganche de los detectores acústicos. Estos últimos cuentan con un aro de acero ex profeso para su amarre. El sistema de amarre (Figura 5) usará una cuerda de un metro de longitud atada al asa de la cuerda unida al armazón metálico. En el extremo distal la cuerda tendrá un grillete de acero inoxidable de liberación rápida, el cual servirá para la unión de la cuerda al aro del detector acústico. Como medida de seguridad, una segunda cuerda será unida al asa. Esta será unida al detector por medio de un amarre a uno de los orificios en la tapa del detector, el cual tiene justo este fin (Figura 5).

2.2. Anclajes sumergidos

En el Reporte del Taller se proponen dos diseños de anclajes sumergidos (Figura 6). Ambos diseños contemplan que la recuperación de los equipos, o el propio anclaje, se haga asiendo un elemento extendido del anclaje por medio de un gancho arrastrado por el fondo desde una embarcación.

En el primer caso la idea es unir dos pesos, que se mantengan fijos en el fondo, por medio de una cuerda. Esta última tiene una longitud de 100 m, que se estima suficiente para lograr asirla durante la maniobra de arrastre del gancho. La cuerda tiene atada una boya en su punto medio, con el fin de mantenerla por encima del fondo. De esta forma la maniobra de enganche sería facilitada. Con el fin de evitar riesgos potenciales a fauna, se agrega un dispositivo de liberación.

A uno de los pesos se ata una cuerda, mantenida en posición vertical por una boya, de la cual se amarra otra cuerda que sostendrá al detector acústico, el cual flotará por encima de la boya debido a su propia flotabilidad positiva. Como elemento de estabilización, se agrega un segundo peso en posición opuesta al anterior, unidos por una cuerda de 100 m de longitud. En este caso la cuerda no tiene unida una boya, por lo que permanecerá en el fondo. De tal forma, el elemento estabilizador sirve para que la posición del peso que sostiene al detector no varíe en demasía.

El segundo diseño es una versión muy simplificada de la primera. En este caso, se fija un peso o ancla al fondo, del cual se une una cadena. En el extremo opuesto se une al detector, el cual es mantenido en posición horizontal por medio de flotadores y aletas estabilizadoras. Por último, una cuerda de flotabilidad positiva de 30 m de longitud se une a un extremo del detector para servir como el elemento de recuperación, de forma similar al primer diseño.

De acuerdo a la dinámica de la columna de agua en la zona de estudio, dado el extremo régimen mareal, períodos de fuerte oleaje y someras profundidades, el segundo diseño luce problemático. Por un lado, al anclarse sólo de un punto, se estima el detector oscilará en todas direcciones de forma severa. Por otro lado, la posición del detector será muy variable, por lo que su localización y recuperación

podría dificultarse. Por último, mantener la cuerda de recuperación a una profundidad estable sería difícil; incluso, esta podría llegar a verse en superficie, lo cual debe evitarse para prevenir posibles pérdidas, según lo estipulado en los Términos de Referencia.

El primer diseño luce más prometedor, pues estabiliza la posición del detector y evita la posibilidad de que elementos de anclaje sean visibles en superficie. Este estudio decidió probar con anclajes de este tipo, con algunas modificaciones que simplifican el diseño para facilitar las tareas de campo. El diseño base (Figura 7) incluye el uso de dos pesos en forma de anclas, una de tipo arenoso y otra de tipo río. Una cuerda une a las dos anclas para servir como el elemento de recuperación (línea principal), tal como en el diseño original, ayudando a que la cuerda se mantenga por encima del fondo por medio de una boya. Se anticipa que la forma del ancla de río permita un buen anclaje pero una recuperación que requiera de menor fuerza, al contrario del ancla tipo arenoso que requeriría de mayor esfuerzo. Por tal motivo, la cuerda para sostener al detector (línea de instrumentación) se une al ancla de río. La idea es que durante la maniobra de recuperación sólo sea necesario subir a la embarcación el ancla de río junto con el detector, sin la necesidad de recuperar el ancla arenosa. Se anticipa que el detector debe ser instalado a 10 ó 15 m de profundidad.

Los pesos de las anclas a utilizar, así como las longitudes de cadena necesarias, serán definidos a partir de conocimiento empírico previo y de las propias pruebas de campo. La longitud de la línea principal que une ambas anclas, así como la posición y tamaño de la boya para mantener por encima del fondo a esta línea, serán definidos a partir de pruebas de campo de localización y recuperación. Así mismo, la longitud de la cuerda para unir al detector y el tamaño de la boya resultarán de las pruebas de funcionamiento de los equipos de detección acústica.

En caso necesario el diseño base se modificará para permitir su adecuado funcionamiento, lo que podría incluir el cambio del tipo o peso de anclas, las longitudes de las cuerdas o la inclusión de elementos estabilizadores adicionales, tal como en el diseño original contenido en el Reporte del Taller.

3. Resultados de las pruebas de sistemas de anclaje

Para las pruebas de anclaje se utilizó una embarcación de acero de 40', llamada Koipai Yú-Xá, utilizada en colaboración con el Instituto Nacional de Ecología - SEMARNAT, y una embarcación menor, tipo panga, en colaboración con la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado de la CONANP – SEMARNAT.

3.1. Anclajes a boyas

3.1.a. Fabricación y ensamblaje del sistema de anclaje

La parte inicial de las pruebas consistió en construir el armazón metálico. De una plática con el taller de soldadura seleccionado, se decidió que el armazón se

ensamblara con tubulares de dos pulgadas de diámetro y cédula 40, de acuerdo a la resistencia necesaria para soportar el peso del anclaje y las corrientes marinas. El armazón consiste de dos tubulares, uno de 150 cm y el otro de 212 cm soldados en un ángulo de 45 grados (Figura 8). En el extremo libre de cada tubular se soldó un aro de aproximadamente 2 pulgadas de diámetro, al igual que en el vértice donde se unen ambos. Los extremos libres de los tubulares se unen a la cadena de la boya por medio de un grillete de herradura y un gancho de soltado rápido (Figura 9), de manera que el tubular en disposición perpendicular a la cadena sea el más cercano a la superficie (Figura 4).

En el aro soldado en el vértice de unión entre ambos tubulares se unió la línea o cuerda para sostener los detectores, por medio de un gancho de soltado rápido y un nudo tipo as de guía rematado con un cincho de plástico (Figura 9). El tipo de cuerda seleccionada fue de nylon de 7/16", dada su buena resistencia y flotabilidad negativa, lo que ayuda a su mantenimiento en posición vertical y a evitar que, por algún motivo fuera de control, flote a la superficie.

Para unir el detector a la línea vertical, se hizo un asa en la misma cuerda con un nudo sin posibilidad de deslizamiento (Figura 10). A esta asa se unió otra cuerda de nylon de 7/16" por medio de un nudo tipo ballestrinque rematado con un cincho de plástico. En el otro extremo de esta cuerda se unió un gancho de liberación rápida de acero inoxidable, unido por medio de un nudo de recosido de la propia cuerda. El gancho se une al orificio ex profeso en el aro del detector (Figura 10). Por seguridad, se agrega una línea de seguridad amarrada al asa de la cuerda principal y a un orificio en la tapa del detector, hecho ex profeso para tal fin (Figura 10).

Para esta prueba se decidió montar tres detectores a distintas profundidades (aproximadamente 5, 10 y 15 m) con el fin de probar el desempeño del los detectores dependiendo de este factor (ver el apartado 4). Para ello se hicieron tres asas en la línea principal junto con sus cuerdas preparadas para unirse a los detectores (Figura 11). A 5 m de la última asa se unieron dos plomos de buceo de 5 libras cada uno, para brindar la función de peso para mantener la línea principal en disposición vertical. Para esto se hizo un asa más a la cuerda principal y los plomos se amarraron con una cuerda de polipropileno de ¼" y varios nudos rematados con cinchos de plástico (Figura 11).

Después de este peso la línea principal se extiende por 15 m más y, en su extremo, se unió a un grillete giratorio de ¾" por medio de un nudo tipo as de guía con triple vuelta y rematado con un cincho de plástico (Figura 12). Al grillete se unieron 5 m de cadena de 3/8" unida a un ancla tipo arenera de 10 Kg con grillete de ¾" (Figura 12).

3.1.b. Instalación del sistema de anclaje y detectores a la boya

El procedimiento de instalación se llevó por pasos, a manera de facilitar el procedimiento:

1. Se ensamblaron los dos grilletes al armazón metálico para sujeción a la cadena de la boya.
2. Se unió la cuerda principal al gancho de liberación rápida y este al armazón.
3. Se hicieron las cuatro asas a la línea principal, para ensamblar los tres detectores y el peso.
4. Se fabricaron las tres cuerdas para sujeción de los detectores acústicos y se unieron a las asas correspondientes (las tres más superficiales).
5. Se amarraron los plomos y se dejaron listos para su amarre al asa más profunda.
6. Se prepararon los detectores (ver apartado 4) y se unieron a las cuerdas de unión por medio de los ganchos de liberación rápida. También se unieron las cuerdas de seguridad.
7. Un buzo se tiró al agua para recibir el armazón y conectarlo a la cadena de la boya por medio de los ganchos de liberación rápida. En todo momento, durante esta maniobra, el extremo contrario de la línea principal estuvo segura a bordo de la embarcación. El buzo sólo requirió de visor, aletas y *snorkel* para realizar la maniobra.
8. Se ataron los plomos al asa más profunda y el extremo final de la línea principal fue unida a la cadena y ancla.
9. Desde la embarcación, ya sin asistencia del buzo, se dejó caer al agua, lentamente, el resto de la línea principal sin echar el ancla. La embarcación fue movida a unos 15 metros de la boya para echar el ancla en esa posición. Esta última fue seleccionada de tal forma que fuera intermedia de acuerdo a la oscilación mareal, con el fin de evitar enredos con la cadena de la boya (Figura 13).

Después del lanzamiento del anclaje completo, se espero unos momentos para su estabilización y el buzo revisó su funcionamiento. De tal revisión se notó que el peso de los plomos no fue suficiente para mantener una buena verticalidad de la línea principal, dada la fuerza de la corriente que era máxima en ese momento dado la fase mareal. El procedimiento siguiente fue recuperar los plomos. Esto se hizo jalando la línea principal desde el barco, lo cual fue sencillo. Se agregaron dos plomos más del mismo peso, para dar un peso total de 20 libras (aproximadamente 9 Kg) y se relanzó el anclaje simplemente liberando toda la línea, ya que el ancla ya estaba en el fondo.

En esta ocasión el buzo determinó que el peso fue suficiente para sostener la cuerda en adecuada disposición vertical, por lo que el anclaje fue dejado ahí para dar curso al tiempo de prueba.

3.1.c. Prueba del anclaje

Después de la instalación del anclaje en la boya, el procedimiento de prueba consistió en estar revisándolo periódicamente, para constatar que todos sus elementos estuvieran en su sitio y trabajando de forma adecuada.

Para ello, en cada ocasión, se agarró y jaló la línea principal hasta verificar que los tres detectores estuvieran en su sitio y bien atados, así como el peso. Por último, se jaló la línea principal hasta sentir que el ancla estuviera en su sitio al sentir una resistencia adecuada. Posterior a esto la línea simplemente fue soltada hasta hundirse de nuevo.

Se consideró que la prueba debería correr por al menos un mes antes de retirar los detectores, con el fin de dar un tiempo necesario para la prueba de funcionamiento de estos. Con el curso de la prueba, se decidió retirar los detectores y revisar el anclaje a los 51 días de trabajo, dado que el clima prevaleciente no ha permitido la navegación en los momentos requeridos. Por tal, se decidió hacerlo en el momento oportuno cuando el clima lo permitiera.

El procedimiento para recuperar los equipos y hacer la revisión fue el de recuperar toda la línea principal hasta el ancla para hacer una inspección ocular. Un buzo bajó hasta el armazón para hacer la revisión.

3.1.d. Resultado de la prueba y necesidades de cambio al diseño

La inspección visual del armazón y sus grilletes y ganchos de sujeción fue satisfactoria. Después de 51 días de inmersión no mostraron rasgos de deterioro y su disposición fue la correcta, sin causar un daño o cambio en la disposición de la cadena de la boya. De la misma forma, el gancho de liberación rápida y el extremo de la línea principal no mostraron deterioro. Por último, ninguno de los tres aros del armazón mostraron rasgos de sobre esfuerzo, lo que indica que sus dimensiones son suficientes para aguantar las condiciones climáticas prevalecientes, las cuales fueron por lapsos severas con fuertes vientos.

La inspección del resto del anclaje, realizada a bordo, también resultó satisfactoria. La cuerda no mostró rasgos de deterioro y las asas no cambiaron sus dimensiones iniciales. Las cuerdas de amarre a los detectores estuvieron en buena condición y los ganchos no mostraron deterioro. Las cuerdas de seguridad igualmente eran operacionales y todos los cinchos estaban intactos (Figura 14). Los plomos estaban bien unidos al asa más profunda y la unión al ancla era correcta, sin mostrar rasgos de deterioro a la cadena o grilletes. La maniobra de recuperación del anclaje fue adecuada, lo que mostró que no hubo enredos con la cadena de la boya. Hubo crecimiento algal en el cuerpo de los detectores y cuerdas (Figura 14) pero este fue moderado, de tal forma que no se estima haya afectado el desempeño de los detectores.

Un aspecto a mejorar del diseño, que contribuirá a facilitar el agarre de la línea principal desde la embarcación, es extender el tamaño del armazón, de manera que el vértice de agarre de la línea principal se ubique más alejado de la boya. Con las dimensiones actuales es necesario aproximar mucho la embarcación hacia la boya, lo cual es peligroso bajo condiciones de oleaje moderado (condiciones prevalecientes durante el período de prueba). De hecho, no fue posible utilizar el mango con gancho planeado para la recuperación, por lo que fue necesario utilizar

un ancla para asir a la línea. Este procedimiento se hizo con la embarcación en movimiento a muy baja velocidad. La extensión del armazón permitirá hacer la maniobra de recuperación sin interaccionar con la boya de manera peligrosa, pero requerirá de la construcción de un armazón reforzado (Figura 15).

También será necesario reemplazar los plomos usados para el peso por un objeto del peso requerido. Este objeto deberá ser construido de una sola pieza y con un asa para sujeción, de manera que su amarre a la línea principal se haga de forma más segura por medio de grilletes (Figura 16). Debería ser construido preferentemente en un material diferente al plomo en concordancia con los lineamientos de cuidado al ambiente.

En conclusión, el diseño general fue satisfactorio y podrá ser usado para implementar el esquema de monitorización en boyas. Sólo faltará probar el armazón extendido para probar su desempeño en la facilitación de la recuperación de los detectores, lo cual se informará en el siguiente reporte.

3.2. Anclajes sumergidos

3.2.a. Fabricación y ensamblaje del sistema de anclaje sumergido

La primera consideración hecha para la fabricación de los anclajes sumergidos fue acerca de las especificaciones necesarias para los diferentes elementos del sistema. Para ello, se habló con personal experimentado en el uso de embarcaciones, con el fin de obtener las dimensiones adecuadas de anclas, cuerdas y grilletes para el anclaje de embarcaciones pequeñas. El peso de cualquier embarcación de este tipo supera el peso que sostendrá el sistema de anclaje, por lo que las especificaciones obtenidas se consideraron máximas.

El primer sistema ensamblado consistió, en orden de unión, de un ancla de río de 30 libras, un grillete de 1/2", un grillete de 3/8", 4 metros de cadena galvanizada de 7/16", grillete de 3/8", 50 metros de cuerda de nylon de 7/16" protegida en sus extremos con guardacabo (en el punto medio de esta cuerda se ató una boya tipo gota de 30 cm de diámetro como el elemento para mantener esta línea por encima del fondo), grillete de 5/16", 4 metros de cadena galvanizada de 1/4", grillete de 5/16", ancla arenera de 13 libras. En el guardacabo, donde se une la cuerda y la cadena del ancla de río, se agrega la línea para sostener al detector, consistente en un grillete de 3/8", 2 metros de cadena de 7/16", grillete giratorio de 1/2", grillete de 3/8", 6 metros de cuerda de polipropileno de 7/16" protegida con guardacabo en su extremo y atada con un nudo as de guía en su extremo opuesto a una boya tipo gota de 30 cm de diámetro (Figura 17).

Para el primer lance de prueba (hecho en una zona dentro de la Bahía de San Felipe a 17 m de profundidad; Figura 1) se colocaron cuerdas con boyas a cada ancla, con sólo la longitud suficiente para llegar a la superficie (calculada a partir de la profundidad medida con ecosonda). De esta forma se podría constatar en superficie la posición de las anclas (Figura 18). Después del primer lance se notó que la boya unida al centro de la línea que une las anclas flotó hasta la superficie. La boya

utilizada es inflable, por lo que se puede regular su volumen de aire. Se procedió a liberar la presión hasta que se hundiera y se notó que hubo que dejarla prácticamente sin presión. Se decidió, entonces, hacer la prueba de lance y recuperación del anclaje retirando del diseño esta boya.

Habiendo retirado la boya se procedió a realizar nuevamente el lance. Primero se lanzó el lado del ancla de río. Una vez que el ancla se afianzó al fondo, a juzgar por la tensión en la línea, se movió la embarcación hasta que se extendió toda la longitud de la cuerda y se lanzó el ancla arenera. Se esperó a que el anclaje se estabilizara para revisar la posición de las anclas a través de la ubicación de las boyas en superficie. La distancia final entre las boyas fue de 35 a 40 m, lo que indica una distancia similar entre anclas. Esta distancia es aproximadamente el 80% de la longitud total de la cuerda utilizada.

Pasados algunos minutos, se procedió a la maniobra para la recuperación del anclaje. Para ello, se utilizó un gancho de cinco puntas de 40 cm de longitud total y aproximadamente 1 Kg de peso. Al aro del gancho se colocó, en orden, un grillete de 3/8", 6 metros de cadena de 7/16", grillete de 3/8" y cuerda de nylon de varias hebras de 1/2" (Figura 19). El gancho fue lanzado al agua por la popa de la embarcación con el extremo de la cuerda atada a una de las cornamusas. El barco se enfiló hacia el anclaje tratando de pasar entre las dos boyas en superficie. La velocidad fue de aproximadamente 2 nudos. En todo momento una persona estuvo revisando la tensión en la cuerda.

Al primer paso se pudo asir la cuerda en el fondo, lo cual se sintió en la tensión de la cuerda unida al gancho y en la disminución de la velocidad del barco. Inmediatamente se detuvo la máquina y se procedió a recuperar el gancho. Esto se pudo hacer a mano por un par de personas. El gancho llegó a superficie con la cuerda de recuperación asida, la cual fue tomada por una de las personas. Inmediatamente se tomó la cuerda y se inició su recuperación, lo cual se pudo hacer a mano con cierto esfuerzo por parte de las mismas dos personas hasta cierto punto. Después se tuvo que usar el malacate de la embarcación para recuperar el resto del anclaje. Se notó que la cuerda para unir al detector estaba enredada con otros elementos del anclaje, incluida la cuerda de unión entre anclas. Se supuso que esto ocurrió por haber lanzado el ancla de río en primer lugar. Para una siguiente prueba se decidió lanzar primero el ancla arenera. Esta prueba se realizó y en esta ocasión la línea para el detector no se enredó con otro elemento del anclaje y, de hecho, la recuperación fue más sencilla, aunque aún se requirió del malacate para completar la recuperación.

Habiendo comprobado que el anclaje puede ser recuperado con el uso del gancho, se procedió a regresar a puerto para realizar una modificación. Dado que se decidió no usar la boya intermedia en la cuerda de unión de las anclas, se cambió el material de la cuerda por polipropileno de 7/16", el cual es un material con flotabilidad positiva. De esta manera se podría compensar por la ausencia de boya. También se decidió extender el tamaño de esta línea a 150 m, para aumentar el margen de maniobra dado el error asociado a las lecturas de GPS, así como por potenciales

cambios en la posición del anclaje por corrientes. Este diseño fue con el que se procedió a realizar las pruebas de más largo plazo.

3.2.b. Prueba del anclaje

Se eligió un punto cercano a la Boya G del Refugio de Protección para la Vaquita para lanzar el primer anclaje de prueba, a una profundidad aproximada de 20 m en marea alta (anclaje 1, Figura 20). Un día después se lanzó un segundo anclaje aproximadamente dos millas al norte del primero (anclaje 2, Figura 20). Los anclajes fueron instalados bajo el procedimiento resultante de las pruebas de diseño, primero lanzando el ancla arenosa y al final la de río después de tensar la línea. Se tomaron posiciones de GPS en el punto de lance de cada ancla, para contar con la información geográfica necesaria para la maniobra de localización y recuperación. Por supuesto, los anclajes fueron lanzados sin las boyas de marcaje utilizadas durante las pruebas de diseño.

La maniobra de localización y recuperación se intentó 12 días después de haber lanzado el primer anclaje. Para ello se regresó al sitio de anclaje y se procedió a preparar el GPS para mostrar los puntos de lance de las dos anclas del anclaje 1 (Figura 21). Una vez en pantalla se extendió el gancho de recuperación (con las mismas especificaciones indicadas en el apartado anterior) y se enfiló la embarcación, a una velocidad aproximada de 2 nudos, para pasar entre las dos anclas. Esto se realizó sin éxito en repetidas ocasiones (Figura 21). Después de 1 hora de intentarlo, se decidió tratar la recuperación del anclaje 2, usando el mismo procedimiento descrito. De igual forma, no se tuvo éxito en la recuperación después de 30 minutos de esfuerzo.

Después de una discusión entre el personal de abordaje, se estimó que la causa de la falla podría ser el poco peso del gancho utilizado. Esto ante la posibilidad de que la línea principal del anclaje pudiera haberse enterrado un poco, aunado al hecho de que un gancho con poco peso no se arrastre adecuadamente sobre el fondo. Con esta consideración, se modificó el diseño de gancho. Al mismo gancho utilizado se le agregó un segundo gancho, de mayor tamaño, por medio de cadena y grilletes (Figura 22). Se trató de recuperar el anclaje 2 con este diseño y se logró en sólo unos minutos (Figura 22).

Todo el anclaje fue subido al barco para su revisión. La línea para unir al detector se hallaba en buena condición, así como el resto de los elementos que conforman el anclaje (Figura 23). Se procedió a regresar el anclaje al agua, retomando las posiciones geográficas del lance de cada ancla con el GPS de abordaje. Después se procedió a tratar de recuperar el anclaje 1 con el diseño modificado de gancho. Nuevamente no se tuvo éxito, y se tienen tres hipótesis sobre las causas de la pérdida:

- El anclaje fue retirado por personas ajenas al estudio, por su atrape accidental en alguna red de enmalle o arrastre, o con el propósito intencional de hacerlo al notar el sitio en que se lanzó.

- El anclaje no trabajó de manera correcta y fue movido por las corrientes a una distancia considerable.
- Las posiciones del lance no fueron registradas adecuadamente.

Durante la maniobra de lance de los anclajes el GPS estuvo trabajando en todo momento, por lo que no sólo se conoce las posiciones del anclaje, sino toda la ruta seguida. Esta ruta fue seguida durante la búsqueda del anclaje, así que aún si las coordenadas de lance no fueron anotadas correctamente, aún se recorrieron las mismas zonas. De tal forma la tercera hipótesis no es muy factible. Los dos anclajes fueron lanzados a una distancia corta entre ellos (máxima de 2 Km), con un tipo de sedimento en el fondo y condiciones oceanográficas similares, por lo que la segunda hipótesis tampoco luce muy factible.

El anclaje se colocó a más de un kilómetro del margen oeste del Refugio de Protección de la Vaquita (Figura 20), donde se prohíben las operaciones de pesca. Sin embargo, se sabe que en ocasiones las corrientes pueden llevar hacia dentro del refugio redes que originalmente fueron lanzadas fuera de este. De tal forma, se considera que un evento de este tipo pudo haber pasado, lo que no tendría relación con el diseño del anclaje. Evidencia de esto fue la adecuada recuperación del anclaje 2, por lo que se decidió continuar con las pruebas usando el diseño ya descrito.

Cuatro anclajes de prueba más fueron lanzados en diversas zonas del refugio (Figura 20, anclajes 3 a 6), de forma *quasi* aleatoria. Para ello se eligieron zonas del refugio de forma discrecional, la mayoría más cercanas a la costa de Baja California con el fin de facilitar las operaciones de viaje entre San Felipe y la zona de lances. En cada región seleccionada los operadores realizaron los lances en zonas escogidas al azar. Cada anclaje fue revisado 7 días después para corroborar su localización y condición.

Unos días después, dado que todos los anclajes fueron localizados, recuperados y relanzados satisfactoriamente, se lanzaron dos anclajes más (Figura 20, anclajes 7 y 8). En esta ocasión se agregó a los anclajes un “detector ficticio”, para corroborar el correcto funcionamiento de la línea para fijar el detector.

3.2.c. Resultado de la prueba y necesidades de cambio al diseño

En un solo día se realizó la maniobra de recuperación de todos los anclajes, lo cual se logró para los anclajes 2 a 8. El anclaje 1 se buscó nuevamente pero no pudo ser localizado. En total, los anclajes 2 a 6 duraron en el agua 50 días. Los anclajes 7 y 8 duraron 32 días. Esto indica que el diseño es adecuado y que podrá ser utilizado para implementar la red de monitorización acústica. Sin embargo, hay ciertas consideraciones a tomar en cuenta para el correcto funcionamiento del anclaje en lapsos más amplios de trabajo.

La proliferación de algas y de fauna fue copiosa. Esta ocurrió en prácticamente todos los elementos del anclaje. En partes cercanas al “detector ficticio”, y en el

propio cuerpo de este, la proliferación fue muy copiosa (Figura 24). Esta incluyó moluscos bivalvos, parecidos a mejillones, de tamaño considerable. En contraste, los detectores que se instalaron en la Boya G del refugio (ver el apartado 3.1.d) y que trabajaron por un período de 51 días no se infestaron a tal magnitud. Una diferencia entre ambos lances fue la profundidad. El detector más profundo en la boya estuvo a máximo 15 m, mientras que el “detector ficticio” estuvo aproximadamente entre 5 a 10 m del fondo. Es decir, siempre estuvo en mayor cercanía con el fondo. Otro factor a considerar es que los “detectores ficticios” se lanzaron en la zona más sureña de la zona de estudio (Figura 20, anclajes 7 y 8). Si el grado de infestación tiene que ver con la distribución de los anclajes será un evento a comprobar, pero lo relativamente reducido de la zona de estudio no parece favorecer esta hipótesis. Para la prueba piloto se aumentará la longitud de la línea para sostener el detector, de manera que este se aleje del fondo y permanezca a una profundidad mínima de aproximadamente 10 m durante marea baja. Con esto se espera reducir la infestación por algas y fauna. Además, se usará pintura *antivegetativa* para tratar de reducir este florecimiento. Un elemento más a cambiar en el diseño es el tipo de boya. Se notó que las boyas perdieron presión de aire, lo que le resta flotabilidad y puede causar que la línea sea llevada al fondo junto con el detector. Este tipo de boya será reemplazado por elementos flotantes rígidos (Figura 25). Se harán pruebas de flotabilidad para determinar el tamaño requerido y se evaluará si la infestación de algas y fauna podría afectarlas.

Por otro lado, aunque todos los anclajes pudieron ser efectivamente localizados y recuperados (excepto el anclaje 1), el tiempo para localizarlos por medio de GPS no es el más adecuado en términos de la eficiencia para cubrir los trabajos por parcelas (ver el apartado 1.1.f). Para mejorar el tiempo de localización se probó el uso de un sonar de barrido lateral (marca DeepVision, modelo DeepEye 340 KHz, de origen sueco, Figura 26). Este sonar fue usado para tratar de detectar los anclajes que habían sido localizados recientemente por medio de su ubicación geográfica medida con GPS. Se constató que el sonar es capaz de detectar las cuerdas y boya del anclaje, pero esto no ocurrió para todos los anclajes buscados. Por tal, se intentará el uso de reflectores que puedan brindar una señal fuerte, fácilmente identificable y separable de otros objetos característicos de la zona de estudio (Figura 27). En un principio se utilizarán reflectores tipo estrella, similares a los usados para reflejar señales de radar (Figura 28), lo que promete ayudar a una buena localización si se usan en pares, a manera de obtener un par de señales que sean inconfundibles con otros objetos presentes en la zona de anclaje (Figura 29). Sin embargo, aún se estima conveniente ensayar con otros tipos de reflectores que brinden señales inequívocas. Para ello se está ensayando con placas de pvc cortadas en formas geométricas que no ocurren de forma natural en la zona de estudio (Figura 28). Se ensayará en primer término con figura cuadradas, romboides y de cruz. Se piensa que de esta forma se podrán reducir significativamente los tiempos de localización, lo cual también coadyuvará en la tarea de revisión, pues no se requerirá de realizar la maniobra de enganche, sólo de detectar el anclaje en la pantalla del programa con que se maneja el sonar.

Un factor más a considerar es la maniobra de recuperación del anclaje una vez enganchado. El tipo de fondo en la zona es lodoso, lo que provoca que las anclas se hundan considerablemente. Además, el lodo acumulado queda pegado en algunos elementos del anclaje, lo que aumenta su peso y, por ende, requiere de mayor esfuerzo para subirlo a la embarcación. Para disminuir los tiempos de recuperación, y estar en capacidad de cumplir con el diseño de parcelas (ver apartado 1.1.f), se requerirá de una embarcación equipada con malacate mecánico o eléctrico, en vez de usar sólo la fuerza de los operadores de abordaje. Se está trabajando en un diseño de embarcación pequeña, equipada con malacate y cabina de mando. Esto último para facilitar la navegación y permitir el adecuado y seguro uso de la instrumentación requerida, tal como la computadora para el uso del sonar y el propio GPS.

Con los cambios descritos al diseño se fabricarán los anclajes con que se hará la prueba piloto, de la cual se informará en el siguiente reporte.

4. Resultados de la verificación del funcionamiento de los equipos de detección acústica

Como se indicó en el 3.1.a, la prueba de los anclajes a boyas incluyó el uso de tres detectores acústicos funcionales a tres profundidades (5, 10 y 15 m). Estos estuvieron en el agua por un lapso total de más de 51 días.

Para su instalación inicial los equipos fueron preparados, de acuerdo a las instrucciones del fabricante, en lugar seguro a bordo de la embarcación (Figura 30). Los tres detectores fueron dotados con pilas nuevas y probadas. Una vez iniciados se mantuvieron en posición horizontal. El C-POD está preparado para permanecer encendido, pero sin almacenar información, cuando se halla en esta disposición. El ángulo para poner en operación el detector es entre los cero y 82° , siendo el ángulo cero la posición vertical con el hidrófono apuntando hacia arriba (Figura 31). Es decir, el detector deja de operar cuando forma un ángulo entre cero y 8° con la horizontal como referencia (Figura 31). De tal forma, aunque el detector esté ya preparado, no desperdicia memoria en el lapso hasta su instalación en el sitio de muestreo.

Una vez recuperados los detectores se llevaron a lugar seguro en puerto. Estos fueron limpiados y perfectamente secados, para evitar la posible entrada de agua a los componentes electrónicos. Las tapas herméticas fueron retiradas y se comprobó la operación de diodo tal como lo marca el manual de operación. El patrón de encendido de los diodos indicó que los tres detectores se hallaban operando de manera correcta. A continuación se procedió a detener la operación de los detectores para finalizar los archivos de almacenamiento y retirar las tarjetas de memoria.

A continuación, se obtuvieron los datos de las tarjetas por medio del programa específico para manejar y analizar los datos acústicos. El primer hallazgo fue que los tres detectores fueron operativos por un lapso mínimo de 51 días, 5 horas y 28 minutos (Figura 32). Las diferencias en el tiempo de almacenaje se deben a que los detectores fueron preparados uno después de otro, no todos al mismo tiempo. En total los tres

archivos obtenidos suman 1.42 GB de información. Si se considera este tamaño como un promedio representativo, el esquema de monitorización en pleno requeriría tan sólo de aproximadamente 200 GB de almacenamiento por año, y 400 GB en total para contar con un respaldo.

Los archivos obtenidos fueron enviados al fabricante del equipo para su validación. El resultado es que los datos son adecuados y que, incluso, se obtuvieron señales que se pueden asociar a vaquitas (Figura 33). El programa de análisis permite obtener algunos datos que se usan para medir el desempeño de los detectores. Se obtuvo el número de chasquidos almacenados por hora para cada detector, para todo el tiempo que almacenaron información. La zona de estudio es conocida por su alta turbidez y materiales sólidos en suspensión. Se anticipaba que estos materiales producirían chasquidos al impactar contra los hidrófonos. Además, se esperaba que el número de chasquidos producidos variara con la marea, dado lo somero de la cuenca y la alta dinámica mareal de la columna de agua. Por otro lado, la generación de microburbujas por oleaje es otra fuente de chasquidos. De tal forma, los períodos de oleaje forzado por viento puede incrementar el número de chasquidos almacenados en los detectores.

En la Figura 34 se presenta una gráfica del número de chasquidos almacenados por hora durante todo el período de trabajo de los detectores de más de 51 días (más de 1,200 horas). En azul se presentan los datos para el detector a 5 m de profundidad, en rojo para el de 10 m y en verde para el que estuvo trabajando a 15 m. También se agrega el ciclo de mareas para el período, el cual fue obtenido del programa Mar (disponible en la página de internet del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada; <http://oceanografia.cicese.mx/predmar/survey.html>) para una referencia en San Felipe, muy cerca de la zona donde trabajaron los detectores. Es claramente apreciable como el número de chasquidos almacenados responde a un ritmo muy similar al de la marea. Esto se hace más evidente en la Figura 35 para los datos entre las horas 288 a 480.

Es apreciable que el detector a 15 m fue el que almacenó el mayor número de chasquidos, mientras que el que estuvo a 10 m fue el que menos almacenó. Esto se puede entender si se considera que la mayor cantidad de material particulado en suspensión se haya cerca del fondo. Por otro lado, el detector a 5 m se halló más cercano a la zona donde se genera ruido por microburbujas, así como por embarcaciones. Por otro lado, se aprecia como el número de chasquidos almacenados tiende a incrementarse durante la bajamar. Durante esta fase de la marea la profundidad disminuye y los detectores se acercan hacia el fondo. En el Alto Golfo de California el ruido provocado por camarones pistola (Familia Alpheidae, ver el Reporte del Taller) es muy intenso. Estos se asocian al fondo, lo que es un factor más que se une a la generación de ruido desde esta zona.

Si se analiza el número de chasquidos por segundo la diferencia ya no es tan importante. En promedio, la diferencia de chasquidos almacenados por segundo entre detectores es de dos. Una señal de vaquita puede estar compuesta de algunos pocos chasquidos hasta decenas de ellos por segundo, por tal, las diferencias observadas entre detectores no interfieren en su capacidad para detectar vaquitas. De hecho es apreciable como las

señales asociadas a vaquitas, obtenidas durante el período de prueba, pudieron ser almacenadas por los tres detectores sin interferencia de otras fuentes de ruido (Figura 33).

Aunque es clara la predominancia del efecto de la marea en el número de chasquidos almacenados, también se aprecia que hay otros eventos que influyen esta variable. La flecha en la Figura 35 indica un evento aislado, en el que hubo un aumento de chasquidos almacenados durante la pleamar. De hecho el detector a 5 m almacenó, de forma anómala, al menos el mismo número de chasquidos que el detector a 15 m. Este tipo de evento pudo haber sido provocado por embarcaciones que navegaron cerca de los detectores. Baste considerar que la zona en la que trabajaron los detectores es de intenso uso pesquero y que, de hecho, la boya en que fueron instalados es usada por pescadores como sitio de amarre temporal mientras sus redes se hayan operando.

Un elemento más de análisis se puede apreciar en la Figura 34. Desde aproximadamente la hora de trabajo 672 se nota como el número de chasquidos almacenados por hora se incrementó de forma constante. Esto coincidió con el incremento en la velocidad del viento en esos días, lo que resultó en la generación de abundantes microburbujas que produjeron igual número de chasquidos. Esto indica que los detectores reaccionaron correctamente y pudieron almacenar el número de chasquidos generados.

Un factor más de análisis se presenta en la Figura 36. Por claridad se presentan los datos para las horas de trabajo de los detectores de la 24 a la 96. Es claro como el ángulo de inclinación de los detectores varía con la marea, como era de esperar. Sin embargo, la inclinación nunca rebasa los 30° (aunque en promedio la inclinación es de 6° a 5m, 12° a 10m y 15° a 15m), por lo que los detectores no dejan de almacenar información, excepto quizá por breves instantes en los que dejarían de almacenar chasquidos durante eventos de fuerte bamboleo. Este debe ser la causa de la pérdida de algunos segmentos de almacenamiento, los cuales sin embargo son muy breves y resultan en la pérdida de sólo un pequeño porcentaje de datos principalmente durante la bajamar para el detector a 15 m. Esto podría ser el resultado de períodos en los que fauna asociada al fondo interaccione con los detectores, inclinándolos hasta una posición horizontal.

Por último, los datos de temperatura del agua que los detectores son capaces de almacenar muestran una señal adecuada (Figura 36). Esta no parece responder a los pulsos mareales y muestra mayores temperaturas hacia los 5 m (lo cual es lo esperado dada la radiación solar), y más bajas hacia el fondo por aproximadamente un grado centígrado. Es decir, los datos lucen fidedignos de acuerdo a la dinámica y perfiles conocidos para la zona (cita).

En conclusión, se tiene la evidencia para afirmar que los detectores se desempeñaron de forma correcta, y trabajarán de forma correcta para la obtención de los datos necesarios para el esquema de monitorización. De acuerdo a los datos obtenidos a las tres profundidades, parece adecuado instalar los detectores a 10 m de profundidad, punto en el que se verán menos impactados por ruidos provenientes del fondo y superficie. Este factor se tomará en cuenta para la instalación de detectores en anclajes sumergidos durante la prueba piloto.

5. Cambios previstos al diseño y pruebas de funcionamiento

5.1. Anclajes a boyas

Los cambios previstos al sistema de anclaje a boyas incluyen una extensión del armazón metálico y la fabricación en una sola pieza del peso de estabilización. Se fabricó un prototipo de armazón y peso (Figura 37), los cuales fueron probados para su correcta instalación y funcionamiento en la Boya 7 (Figura 40).

El armazón se compone de tres piezas desarmables, lo que facilita su almacenamiento y transporte. El peso fue construido en concreto, con una pieza metálica incrustada en fresco para formar el asa. La instalación del armazón en la boya fue adecuada. Las dimensiones extendidas no dificultaron su manejo y ensamblaje a la cadena de la boya. El peso facilitó, de manera sensible, su manejo y amarre a la línea principal que sostiene al detector acústico.

Una vez instalado el sistema de armazón extendido, se observó su funcionamiento por varios minutos, bajo condiciones de fuerte corriente mareal. No se observó ninguna alteración en la cadena de la boya ni un esfuerzo excesivo en los grilletes de unión. El peso fue capaz de mantener la línea de amarre del detector acústico en posición vertical adecuada. Se dejó pasar dos días y se regresó a la boya para revisar el armazón. Este se hallaba trabajando en forma adecuada, lo que indica que pudo soportar los cambios de dirección de la corriente mareal (Figura 13).

Por otro lado, el fin último de extender el tamaño del armazón fue el facilitar la recuperación del detector acústico. Esto fue así, dado que la embarcación pudo mantenerse alejada de la boya durante la maniobra de recuperación y fue fácil utilizar un gancho para asir la línea principal. Con estos cambios se ha llegado al diseño final, el cual será utilizado durante la prueba piloto.

5.2. Anclajes sumergidos

Para el caso de este tipo de anclajes, se identificaron dos eventos que requieren de atención. Uno es el excesivo crecimiento de flora y fauna sobre los elementos del anclaje y el cuerpo del detector acústico. Otro es la capacidad de reflexión de los elementos dedicados para ser detectados con el sonar.

Se habló con personal experimentado en el uso de instrumental científico que permanece sumergido por períodos extendidos de tiempo. Se supo de pruebas hechas con pinturas anti-vegetativas, las cuales no han tenido el éxito esperado. Por tal, se intuye que el uso de este tipo de compuestos no es la solución. En contraparte, durante las pruebas de anclaje a boyas (sección 3.1.d), se observó que los detectores no fueron severamente infestados a las profundidades a las que trabajaron (máximo de 15 metros). Por tal, se infiere que hay mayor probabilidad de infestación a mayores profundidades, que es a las cuales trabajaron los detectores atados a anclajes sumergidos.

Por tal, la modificación hecha fue colocar los detectores a mayor distancia del fondo. Para ello, se aumentó la longitud de la cuerda que une el detector al ancla de río, de manera que la menor distancia entre la superficie y el detector sea de cinco metros. Para calcular la longitud correcta de la cuerda se utilizó información generada *in situ* sobre profundidad de los sitios de anclaje, corregida por marea, así como una consulta del régimen mareal promedio y extremo en la zona de anclaje. Para ello se utilizó el Programa MAR de CICESE (disponible en la página de internet del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada; <http://oceanografia.cicese.mx/predmar/survey.html>). En la gran mayoría de sitios de anclaje se requiere de una cuerda de 10 metros entre el ancla y la boya de flotación, y de dos metros entre la boya y el detector (Figura 29). En sitios más someros la cuerda principal debe ser reducida a cinco o siete metros.

Otro problema detectado fue, aparte de la infestación de la boya de flotación, que las boyas inflables utilizadas perdieron presión durante las pruebas de diseño, lo cual podría resultar en el hundimiento de los detectores. Para solucionar esto, se decidió cambiar el tipo de boya a una con material rígido, la cual fue adicionada con armellas, contratuerca y rondanas para el atado de cuerdas por medio de grilletes (Figura 41). Se hicieron pruebas de fuerza de flotación para seleccionar el tamaño de boya necesario para mantener la línea a flote, y se verificó que la corriente no la arrastrara hasta el fondo. Para ello se realizó una prueba controlada, a menor profundidad, pero con una corriente similar a la que soportará en la zona de estudio. Se verificó que la propia boya, junto con las características de flotabilidad positiva del detector acústico y la longitud extendida de la cuerda, impedirá que el detector se hunda aún bajo fuertes corrientes.

En el caso de los reflectores de sonar usados para una eficiente localización de los anclajes sumergidos, se requirió de rediseñar el prototipo utilizado para lograr una señal inequívoca en el sistema de sonar. Los diseños utilizados (Figura 28) reflejaron señales muy débiles, o confundibles con otras señales típicas del entorno de estudio. El diseño tipo estrella luce promisorio, pero su pequeño tamaño puede ser la causa de la debilidad de la señal de rebote. Incrementar su tamaño es una potencial solución. Sin embargo, esto podría causar un manejo difícil al incrementarse el peso, dada su construcción en metal. Por tal motivo, se utilizó una lámina de policarbonato para fabricar un prototipo tipo estrella, dado que ya se había comprobado su buena capacidad de reflexión acústica durante las pruebas de diseño.

Se utilizó una placa de 4x4 pies para fabricar el prototipo con tres cuadros de 2x2 pies (Figura 42). A diferencia del diseño de estrella tradicional, este tiene formas cuadradas, lo que aumenta el tamaño de las superficies de reflexión (Figura 42). El diseño contempla el ensamblaje con ranuras, para dar adecuada estabilidad y soporte. Una ventaja adicional de este diseño es que no requiere boya de flotación, pues es un material con buena flotabilidad positiva.

Las pruebas de reflexión fueron muy positivas, pues el prototipo brinda señales claras, fuertes e inequívocas, al ser distintas de las típicas señales del ambiente en el área de estudio (Figura 43). Este diseño se utilizó durante la prueba piloto.

5.3. Sistema de enganche de detectores acústicos a los Anclajes

Los detectores son unidos a los anclajes por medio de una cuerda de amarre y una línea de seguridad (Figura 5). Para facilitar la unión y recuperación de detectores, a la línea de seguridad se le agregó un gancho de soltado rápido. El gancho se une a la línea principal, de la misma forma que la cuerda de amarre. El gancho se une a un asa de cuerda que se amarra en la tapa del detector. De esta forma el soltado y unión tomará sólo unos segundos, en vez de tomar más tiempo para desamarrar y atar de nuevo la cuerda de seguridad.

6. Prueba piloto de detección acústica

De acuerdo a los lineamientos descritos en el Reporte del Taller, el esquema de monitorización acústica comprende una red de detectores acústicos dentro y en los márgenes del Refugio de Protección. La red está compuesta por 48 sitios de muestreo dentro del refugio y 14 sitios ubicados en boyas que los delimitan (Figura 38). El Reporte del Taller no contiene las posiciones geográficas de los sitios de muestreo, por lo que se procedió a utilizar un programa de cómputo para dibujo asistido (CAD) para ubicar la malla sobre un mapa de la región, y, así, obtener la posición de las intersecciones de las líneas que componen la malla. Las posiciones obtenidas se presentan en la Tabla I.

Tabla I. Posiciones geográficas de los sitios de muestreo con anclajes sumergidos.

<u>Anclaje</u>	<u>Longitud</u>	<u>Latitud</u>	<u>Anclaje</u>	<u>Longitud</u>	<u>Latitud</u>	<u>Anclaje</u>	<u>Longitud</u>	<u>Latitud</u>
1	-114.42809	31.07543	17	-114.56784	30.95872	33	-114.67559	31.03780
2	-114.51494	30.97472	18	-114.58678	31.02744	34	-114.65861	31.08015
3	-114.49796	31.01708	19	-114.56980	31.06979	35	-114.64163	31.12251
4	-114.48098	31.05943	20	-114.55282	31.11215	36	-114.62465	31.16487
5	-114.46400	31.10179	21	-114.53584	31.15451	37	-114.60768	31.20723
6	-114.44703	31.14415	22	-114.51886	31.19687	38	-114.59070	31.24959
7	-114.43005	31.18651	23	-114.50188	31.23923	39	-114.57372	31.29195
8	-114.41307	31.22887	24	-114.48490	31.28159	40	-114.62662	31.27595
9	-114.43201	31.29759	25	-114.46793	31.32395	41	-114.64359	31.23359
10	-114.44899	31.25523	26	-114.50384	31.35031	42	-114.66057	31.19123
11	-114.46597	31.21287	27	-114.53780	31.26559	43	-114.67755	31.14887
12	-114.48294	31.17051	28	-114.55478	31.22323	44	-114.69453	31.10651
13	-114.49992	31.12815	29	-114.57176	31.18087	45	-114.69649	31.21759
14	-114.51690	31.08579	30	-114.58874	31.13851	46	-114.67951	31.25995
15	-114.53388	31.04344	31	-114.60572	31.09615	47	-114.66253	31.30231
16	-114.55086	31.00108	32	-114.62269	31.05380	48	-114.71543	31.28631

La prueba piloto consistió en seleccionar algunos de los 48 sitios de muestreo y algunas de las boyas del esquema completo, tratando de cubrir de forma representativa el área del Refugio. Para ello, se decidió dividir el refugio en estratos (Figura 39). El primer criterio de estratificación se basó en el hecho de que la porción sur del refugio se halla fuera de la Reserva de la Biósfera. Por tal, la primera línea dibujada fue la que divide al

refugio en estas dos secciones (línea norte de los estratos 5 y 6, Figura 39). Los otros dos criterios utilizados fueron el conocimiento sobre la distribución de la vaquita dentro del refugio y tratar que los estratos tuvieran superficies similares. En la Figura 39 se muestra la distribución de avistamientos y encuentros acústicos de vaquita durante cruceros realizados en 1993, 1997 y 2008 (¹Barlow *et al.*, 1997; Jaramillo Legorreta *et al.*, 1999; Gerrodette *et al.*, 2010) tomada del Reporte del Taller (todos los encuentros acústicos corresponden al crucero 2008), la cual representa la base de información más completa y sistemática. Se puede apreciar como la distribución no es homogénea a lo largo y ancho del Refugio, sino que se presentan sitios en los que se tiende a tener mayor cantidad de avistamientos y detecciones acústicas. La estratificación usada, aparte de comprender estratos de tamaños similares, se ajusta a la distribución conocida. El estrato 1, hacia el extremo noroeste, y el estrato 6, hacia el extremo sureste fuera de la Reserva, corresponden con las zonas menos densas. Los estratos 3 y 4, en el centro del Refugio, corresponden con zonas de densidad media, mientras que los estratos 2 y 5 coinciden con la zonas más densas.

Para correr la prueba piloto se seleccionó un punto de muestreo (de los descritos en la Figura 38 y Tabla I) en cada uno de los estratos definidos, que coincidiera cercanamente con el centro del propio estrato. Para el estrato 1 se seleccionó el sitio 40, en el estrato 2 el 25, en el estrato 3 el 36, en el estrato 4 el 12, en el estrato 5 el 32 y en el estrato 6 el 4 (Figura 40). Con el fin de comparar índices de detección acústica entre sitios cercanos, se agregó a la prueba el sitio de muestreo 44 (que pertenece al estrato 3) y la boya 7 (que pertenece al estrato 5) que se hallan en la cercanía de la Boya G, seleccionada para la prueba piloto de detección en boyas además de la Boya D (Figura 40).

6.1. Bitácora de operaciones de campo de la prueba piloto

Debido a las pobres condiciones climáticas que se presentaron en la región del Alto Golfo de California, de manera cíclica y regular, la instalación de anclajes y detectores acústicos se completó a lo largo de varios días. El itinerario en que los instrumentos fueron colocados se presenta en la Tabla II. La prueba piloto tuvo una duración total de 40 días de labores de campo, aunque los instrumentos trabajaron por lapsos menores (Tabla II).

¹ Barlow, J., Gerrodette, T., y Silber, G. 1997. First Estimates of Vaquita Abundance. *Marine Mammal Science* 13:44-58.

Jaramillo-Legorreta, A.M., L. Rojas-Bracho y T. Gerrodette. 1999. A New Abundance Estimate for Vaquitas: First Step for Recovery. *Marine Mammal Science* 15:957-973.

Gerrodette, T., B.L. Taylor, R. Swift, S. Rankin, A.M. Jaramillo-Legorreta and L. Rojas-Bracho. In press 2010. A combined visual and acoustic estimate of 2008 abundance, and change in abundance since 1997, for the vaquita, *Phocoena sinus*. *Marine Mammal Science*.

Tabla II. Itinerario de instalación y recuperación de anclajes durante la prueba piloto.

Sitio	Día de instalación	Día de recuperación	Días efectivos de operación	Eventos de vaquita identificados
4	3	32	29	0
12	3	32	29	4
25	5	35	30	2
32	8	38	30	1
36	8	38	30	4
40	5	35	30	3
44	1	40	39	3
Boya G	1	40	39	4
Boya 7	1	40	39	3

Las maniobras de lance y recuperación de los anclajes y detectores se realizaron de acuerdo a los procedimientos delineados durante las pruebas de diseño. No se requiere de una modificación a estos procedimientos, dado que las maniobras se realizaron eficazmente. Sólo se tuvo que esperar condiciones climáticas adecuadas, con el fin de salvaguardar la integridad física y seguridad de los operadores de campo.

Cuando las condiciones climáticas lo permitieron, se realizaron navegaciones hacia los sitios de anclaje para verificar la presencia de los dispositivos con el uso del sonar. En todas las ocasiones se pudo comprobar la presencia de los anclajes, con señales claras e inconfundibles. Es decir, el sistema de localización diseñado es ya operativo.

No hubo pérdidas de anclajes, a pesar de haberse presentado períodos de fuertes vientos y corrientes mareales. Todos los elementos que conforman los anclajes trabajaron de forma adecuada. Los reflectores diseñados para localizar los anclajes con sonar trabajaron adecuadamente, con lo que se mejora el tiempo de localización y recuperación. En conclusión, el diseño de anclajes es el adecuado para implementar el esquema de monitorización en pleno.

6.2. Análisis de la información acústica generada

Todos los detectores instalados trabajaron satisfactoriamente y se obtuvo un total de más de 7,000 horas de grabación. Los archivos digitales creados por los detectores

acústicos fueron recuperados, almacenados y analizados de acuerdo a las especificaciones del fabricante (Chelonia Limited, http://www.chelonia.co.uk/cpod_downloads.htm).

Tanto la instalación y ajustes de los detectores, como la recuperación de archivos generados, se realizaron sin contratiempos. Los archivos fueron almacenados y respaldados en discos duros externos y en la computadora usada para el análisis de datos.

El programa de análisis despliega la información generada a manera de chasquidos individuales representados con barras o líneas. En el eje horizontal se despliega el tiempo en el que fueron emitidos y en el eje vertical el parámetro de interés (nivel de emisión, ancho de banda, frecuencia preponderante, envoltura o duración). Una señal acústica emitida por un odontoceto, incluida la vaquita, se compone de una serie de chasquidos individuales. En el estado de desarrollo actual de la tecnología, el ojo humano es necesario para determinar si una serie fue emitida por un odontoceto, en particular por una vaquita.

Sin embargo, el programa tiene la capacidad de inspeccionar los archivos para buscar series que puedan, potencialmente, pertenecer a una vaquita. Durante esta rutina el programa filtra la información y genera un nuevo archivo que contiene sólo las series potenciales. Esto permite evitar la revisión del archivo original completo.

Se hicieron pruebas de los tiempos requeridos para analizar los archivos originales. En promedio, un día de información toma una hora de análisis. Si se considera que durante el trabajo en pleno del esquema de monitorización estarán operando 62 detectores, y que se dejarán operando por lapsos de tres meses (90 días), en total se generarán 5,580 días de datos, lo que requerirá de 5,580 horas de análisis. Si se considera que un analista dedicará sólo cuatro horas diarias de trabajo, con el fin de asegurar calidad, se requeriría de 20 analistas para completar el análisis en 70 días de trabajo. Es decir, el análisis de los archivos originales completos es muy demandante y resultaría muy costoso, por lo que se debe considerar el análisis de los archivos filtrados. Durante la prueba de análisis de estos archivos se observó que, en promedio, 30 días de información filtrada toman 20 minutos de análisis. Bajo estos parámetros, un solo analista puede completar la rutina en 15 días de trabajo de 4 horas de jornada. Bajo este esquema, incluso, se puede obtener un análisis replicado para mayor robustez, incluyendo a tres analistas verificando, de forma independiente, el mismo conjunto de información.

Para probar la verosimilitud de los archivos filtrados, se analizaron 60 días de información completa, buscando señales potenciales de vaquitas o delfines. Este análisis se comparó con el archivo filtrado para comprobar que todos los eventos potenciales fueran incluidos. En el archivo completo se identificaron 6 eventos asociados a señales producidas por vaquitas y varios a delfines. El archivo filtrado identificó todos los encuentros acústicos, aunque no todas las series presentes (Figura 45). Sin embargo, las series no incluidas son de poca intensidad, duración o número de chasquidos, lo que hace difícil su identificación, sobre todo en medio de

señales de intenso ruido ambiental. De tal forma, se considera que el uso de la rutina de filtrado es adecuada y, de hecho, necesaria para el adecuado funcionamiento del esquema de monitorización en pleno. Se anticipa que la frecuencia de pérdida de señales de vaquitas en los archivos filtrados será muy baja.

En total se identificaron 24 eventos acústicos asociados a vaquitas, 4 de los cuales ocurrieron en el sitio de muestreo 12, 2 en el 25, 1 en el 32, 4 en el 36, 3 en el 40, 3 en el 44, 4 en la Boya G y 3 en la Boya 7. En el sitio 4 no hubo eventos detectables. En promedio la tasa de encuentro fue de 0.08 detecciones por día, la cual era esperada y refleja la baja densidad poblacional de la especie.

En conclusión, los detectores acústicos trabajaron adecuadamente y están listos para ser usados en el esquema de monitorización en pleno.

7. Fase final de implementación de la red de monitorización acústica

En su fase final, la implementación consistió en realizar las compras y construcciones necesarias para confeccionar la totalidad de los 48 anclajes sumergidos y 14 anclajes a boyas.

Para los anclajes a boyas se construyeron los armazones extendidos (Figura 15) y los pesos (Figura 16). Así mismo, se prepararon las cuerdas con guardacabos y se cortaron a las dimensiones requeridas. Se prepararon paquetes individuales que contienen armazón, cuerdas, peso, grilletes y ganchos necesarios para su montaje.

En el caso de los anclajes sumergidos se cortaron las cuerdas a las dimensiones requeridas y se ensamblaron los guardacabos. La cadena fue recortada a la dimensión especificada y unida a las anclas. De forma similar, se prepararon paquetes individuales con anclas, cadena, cuerdas y grilletes.

La totalidad de los detectores acústicos necesarios para implementar la red fueron ordenados y revisados para verificar que están completos y funcionales (se verificó que encendieran y efectivamente almacenaran información).

Los pares de anclaje y detector acústico están listos para ser colocados en los sitios de muestreo, en espera de que el esquema de monitorización inicie operaciones. La instalación de los pares será responsabilidad de este proyecto. Se consideró prudente no instalarlos hasta que los responsables de operar el esquema de monitorización efectivamente estén listos para arrancar operaciones. De esta forma se evita potenciales pérdidas durante períodos no operativos.

Por último, se diseñó un prototipo de embarcación menor para las operaciones de campo, que permita un trabajo eficiente en el lance, localización y recuperación de anclajes. La embarcación está siendo construida y estará lista para iniciar operaciones en breve, bajo la responsabilidad de la entidad que operará el esquema de monitorización.

8. Plan de operación del esquema de monitorización acústica

La operación en pleno del esquema de monitorización acústica para la vaquita representará un volumen considerable de trabajo de campo y análisis de información. Tal volumen requiere de un plan preciso que evite pérdida de información y retrasos en la obtención de datos robustos para la estimación de tendencias de la población de vaquita. El plan de operación puede ser dividido en dos partes: operaciones de campo y análisis de información.

Las operaciones de campo comprenden la preparación de los detectores acústicos, la preparación de anclajes, el lanzamiento de los pares de anclaje y detector en los sitios de muestreo, la revisión rutinaria de la presencia de anclajes mediante el uso de sonar, la recuperación de detectores para bajar datos y el mantenimiento rutinario tanto de detectores y anclajes, como de la embarcación dedicada a cumplir con estas labores. Una parte también responsabilidad del equipo ejecutando este plan, es la de asegurar que las tarjetas con la información generada esté a buen resguardo hasta que sea entregada al equipo que ejecuta el plan de análisis de información.

El plan de análisis de información consiste desde el acopio de la información generada, hasta su análisis sistemático en los sistemas de cómputo que se dedicarán para tal fin. El plan debe establecer provisiones para el adecuado almacenamiento a largo plazo de la información generada en sistemas magnéticos. Así mismo, debe considerar el adecuado entrenamiento del personal, así como un esquema de análisis que redunde en la confección de una base de información sistemática que contenga la identificación precisa de las unidades de análisis: eventos individuales de detección acústica con fecha, hora, sitio de muestreo, y parámetros de identificación que permitan evaluar la verosimilitud de la identificación.

8.1. Plan logístico de operaciones de campo

El equipo de operaciones de campo estará compuesto, mínimo, por un coordinador y un asistente. El coordinador será el responsable de aplicar de forma correcta el plan de operación, de la preparación de los equipos de detección acústica y del resguardo de las tarjetas con la información generada. El asistente participará en las labores de campo a bordo de la embarcación y en el mantenimiento rutinario de esta y de los anclajes y detectores acústicos.

La fase inicial del esquema de monitorización consistirá en el primer lanzamiento e instalación de los pares de anclaje y detector acústico en los 62 sitios de muestreo. Estos serán lanzados de forma que la línea principal del anclaje quede en una posición aproximada este-oeste. Posteriormente, la rutina consistirá en revisar la presencia de anclajes con sonar y, en los tiempos de recuperación, recoger los detectores y obtener los datos generados, revisar los anclajes y reposicionarlos con un detector reinstalado.

8.1.a. Estrategia de trabajo con anclajes y detectores

La cantidad de detectores que compone la red de monitorización, y las distancias de navegación requeridas, hace imposible instalarlos en un tiempo corto por un solo equipo de operaciones de campo. Establecer el número de equipos que trabajaran, una vez iniciado el esquema, no compete a este trabajo, por lo que el plan diseñado asume que sólo un equipo será contratado.

Para ello, se diseñó un plan basado en parcelas o grupos de detectores (Figura 46). Cada parcela de anclajes será manejada por unidades de tiempo. Es decir, se procederá a trabajar con los anclajes de un grupo hasta concluir las labores (instalación o recuperación) para después iniciar el trabajo con otro grupo o parcela. De tal forma, los detectores acústicos completarán períodos de muestreo de forma asincrónica. La primera parcela instalada completará el período de muestreo antes que la segunda parcela y así sucesivamente. Con esta forma de trabajo se evita que, por causa de condiciones climáticas adversas, parte de los detectores no puedan ser atendidos y dejen de operar por pérdida de energía de las baterías.

Las parcelas se componen de anclajes formados en líneas rectas con orientación aproximada noreste a sureste. Sólo las parcelas A y F contienen anclajes fuera de una sola línea (Figura 46). Todas las boyas forman una sola parcela, dado que su recuperación es simple en relación con los anclajes sumergidos (Figura 46). Se estima que el mejor procedimiento es iniciar los trabajos en cada parcela con el anclaje más norteño, y seguir de forma consecutiva con cada anclaje hacia el sur. De esta forma el trayecto inicia en la zona más alejada de San Felipe, puerto base de operaciones, y finaliza más cerca. Así, cuando las condiciones climáticas impidan seguir navegando, se estará más cerca del puerto. Para la parcela A, el plan es iniciar en el anclaje 8 y seguir en línea hasta el 5, para luego desviarse al 1 y regresar a la línea con el anclaje 4 hasta terminar en el anclaje 2. Para la parcela F, se recomienda iniciar con el anclaje 48 y luego seguir la línea formada por los anclajes 47 a 45, para finalmente concluir con los anclajes 40 a 44. Durante días de excelentes condiciones climáticas y suficientes horas luz, podría ser posible realizar inspecciones con sonar o recuperación de detectores en un solo día, sin embargo, la mayoría de las ocasiones esto no será posible. Entonces, el día subsecuente iniciará con el siguiente anclaje sucesivo al último anclaje manejado.

Durante el lance inicial de anclajes no se estima posible completar las parcelas en un solo día, dado que la embarcación diseñada sólo podrá cargar con un máximo de cuatro anclajes. Sin embargo, si se usa una embarcación nodriza, que cargue con el resto de anclajes de una parcela, la embarcación de trabajo no requeriría regresar hasta el puerto, con lo que sería posible, con buen clima, concluir el trabajo de cada parcela en un solo día.

En el caso de la parcela G, compuesta por todos los anclajes a boyas, se recomienda iniciar por la Boya A en el extremo noroeste del Refugio, para luego proceder en dirección al este de forma consecutiva con cada boya hasta rodear todo el polígono hasta la Boya 9. De nuevo, como en el caso de los anclajes sumergidos, cuando las

labores deban ser interrumpidas el siguiente día de trabajo iniciará con la boya consecutiva a la última trabajada. De igual forma que con los anclajes sumergidos, dado que para la instalación inicial se requiere de colocar los armazones en la boyas, se estima que la rutina tendrá que ser concluida durante varios días de trabajo.

De acuerdo a los datos colectados durante las pruebas de funcionamiento de detectores, y luego durante la prueba piloto, se anticipa que estos podrán trabajar por lapsos máximos de tres meses con suficiente energía y memoria. Se estima que cada parcela podrá ser cubierta en períodos máximos de una semana, incluida la parcela de boyas. De tal forma, tomará siete semanas la recuperación de datos del juego completo de detectores en cada ciclo. Las restantes cinco semanas se realizarían labores de confirmación de la presencia de anclajes con sonar, o para completar el ciclo de recuperación de datos en caso de que alguna parcela tome más de una semana de labores.

Después de implementada la red de detección, una vez instalados todos los anclajes, el primer ciclo de trabajo de tres meses inicia por la instalación en anclajes de detectores acústicos preparados, trabajando por parcelas, lo que se estima tomará siete semanas. Las restantes cinco semanas se constatará la presencia de anclajes con sonar. Los subsecuentes ciclos de trabajo iniciarán con la recuperación y reinstalación de detectores, y el subsecuente período de revisión de la presencia de anclajes con sonar.

8.1.b. Procedimiento para el manejo de detectores acústicos en anclajes

Los anclajes fueron diseñados de tal forma que los detectores acústicos puedan ser unidos y soltados de forma sencilla y rápida por medio del uso de ganchos de soltado rápido (referirse a la sección 5.3). El procedimiento de manejo recomendado consiste en la recuperación del detector que ha finalizado un ciclo de muestreo, y en la instalación de otro preparado para iniciar un nuevo ciclo. Los detectores son preparados en tierra antes de la navegación.

Con este esquema se evitan riesgos asociados con la necesidad de abrir los detectores para cambio de baterías e instalación. En contraparte, se requerirá de contar con detectores adicionales a los 62 que conforman la red, dado que en todo momento se debe estar generando información en todos los sitios de muestreo. Además, se requiere de contar con detectores en almacén para reponer las posibles pérdidas, que también incluye materiales para reponer anclajes. Si se supone que los detectores en la parcela de boyas podrían ser manejados en un solo día, será necesario contar con al menos 14 detectores para recambio más otros en almacén para el respaldo.

Los anclajes serán ubicados por medio de sonar (sección 8.1.c) y, una vez ubicado, recuperados de acuerdo a los procedimientos descritos en las pruebas de anclaje (sección 3.2.b, Figura 22). Durante la maniobra de recuperación, sólo se subirá hacia la embarcación el ancla de río, que es al que se amarra la línea que sostiene al detector. Durante el cambio de detectores se realizará una inspección visual de los

elementos del anclaje. En caso de observar desgastes o daños se requerirá recuperar el anclaje completo para realizar reparaciones.

8.1.c. Procedimiento para la búsqueda de anclajes con sonar

Las posiciones geográficas de los sitios de muestreo y boyas deberán estar almacenadas en la memoria del GPS de a bordo de la embarcación de trabajo. La embarcación se dirigirá hacia el sitio aproximado del anclaje que se requiera utilizar por medio del GPS. En las cercanías del anclaje se detiene la embarcación para preparar el sonar. Se navega en dirección norte-sur, tratando de pasar por el punto medio entre las anclas del anclaje de acuerdo a su posición geográfica registrada. Se hace una observación constante en la pantalla del sonar hasta registrar la señal del reflector del anclaje (Figura 43). Se hacen recorridos en la zona hasta detectar la señal. En caso de no registrarla, se requerirá de buscar el anclaje por medio de gancho, tal como se describe en las pruebas de recuperación (sección 3.2.b, Figura 22).

La localización positiva de un anclaje supondrá que el reflector se halla bien posicionado. Dado que este se une al anclaje en forma similar a como se une el detector, su localización supondrá que el detector también se halla unido al anclaje, aunque este no es el blanco de la localización del sonar.

8.2. Plan logístico de análisis de información

El equipo de análisis de información se conformará por un coordinador y dos analistas. El coordinador será responsable de sistematizar el acopio de información, dar seguimiento a las labores propias de análisis y ser uno de los analistas en sí.

El coordinador se encargará de recoger, en acuerdo con el coordinador de campo, los datos generados por los detectores acústicos. En San Felipe, puerto base de operaciones de campo, la información será copiada de las tarjetas de memoria de los detectores a unidades de disco duro externas. Es recomendable contar con una copia de datos para análisis y dos más para respaldo. De acuerdo a los resultados de la prueba piloto, se espera que una unidad de disco de 2 TB sea suficiente para almacenar la información de todo un año. De tal forma, tres unidades de este tipo serán requeridas por año.

En conjunto, los dos analistas y el coordinador revisarán la información generada de acuerdo a las especificaciones del fabricante de los detectores acústicos (ver sección 6.2). Primero, el coordinador deberá crear los archivos filtrados y almacenarlos y respaldarlos en las mismas unidades de disco donde residirán los archivos originales. Luego irá transfiriendo los archivos a los analistas de forma sistemática y parcial. Es decir, les transferirá un grupo de archivos y esperará a que su análisis concluya, para luego transferirles otro grupo más.

Los resultados del análisis deberán ser vaciados en una base de datos por cada analista de forma independiente. No deberá haber intercambio de opiniones entre analistas, a fin de mantener la independencia de los tres juegos de datos. Los

analistas llenarán dos bases de información. Una indicará el nombre de archivo analizado, con fecha y hora iniciales y finales, así como tiempo efectivo de trabajo. En una segunda base, anotará todos los eventos acústicos asociados a vaquitas. Los datos que se registrarán serán: nombre de archivo, fecha y hora inicial y final del evento, número de series de chasquidos contenidas en el evento, minutos en los que se registraron series durante el evento, hora precisa en la que inicia cada serie del evento y número de chasquidos en cada serie.

Antes de iniciar operaciones, se deberá conformar al grupo de coordinador y analistas por medio de un proceso de contratación controlado. Una vez conformado el grupo, se deberá impartir un curso de preparación y calibración. Para ello se deberá contratar a un experto en el análisis de este tipo de información. La calibración se hará mediante el análisis de archivos de calibración preparados ex profeso. Dichos archivos contendrán señales conocidas, las cuales serán de diversas calidades y orígenes, así como de diferentes dificultades de identificación. El equipo deberá ser entrenado con estos archivos para verificar, por un lado, que son capaces de realizar un adecuado análisis y, por otro, para verificar homogeneidad entre ellos.

8.3. Requerimientos para el arranque del esquema de monitorización en pleno

8.3.a. Personal

Se requiere de la contratación de un coordinador y un asistente de campo. Opcionalmente, con el fin de agilizar las labores, se puede contratar un segundo equipo de campo, compuesto por dos asistentes. Este equipo podrá contratarse de forma fija como el primer equipo, o temporal cuando se requiera de esfuerzo adicional para cumplir con los tiempos requeridos.

Se requiere de la contratación de un equipo de analistas, compuesto de un coordinador y dos analistas. De esta forma se podrá contar un análisis triplicado que asegurará consistencia y robustez.

8.3.b. Equipo

El esquema ya cuenta con los 62 detectores necesarios para implementar la red de muestreo. Se requiere de la compra de 14 detectores acústicos para cumplir con la estrategia de recambio de detectores. Además se requiere de al menos 5 detectores más para cubrir potenciales pérdidas.

Se requiere de la compra de dos computadoras para el análisis de información. Una computadora estará destinada al coordinador de análisis, en la cual se crearán los archivos filtrados y el propio coordinador hará el análisis de una de las réplicas. En la otra computadora los analistas harán el trabajo de las otras dos réplicas. Opcionalmente, cada analista podrá ser dotado de una computadora individual. De lo contrario, sus horarios de trabajo deberán ser escalonados.

Como se indicó antes, será necesario mantener un resguardo seguro de la información generada. Para ello, se recomienda almacenar los archivos digitales

creados (archivos originales y filtrados de los detectores acústicos), así como las bases de datos de análisis, en discos duros externos. Se recomienda mantener dos copias de respaldo en unidades de disco separadas, las cuales sólo serán utilizadas para agregar información y para recuperarla en caso de pérdida. La restante unidad de disco contendrá una copia más de toda la información y será usada por el coordinador para intercambiar archivos de análisis y bases de datos con los analistas.

Se requiere de la compra de herramientas, para el equipo de actividades de campo, tanto para el manejo de anclajes como para la atención de problemas mecánicos y mantenimiento rutinario de la embarcación y su motor.

Por último, también para el equipo de actividades de campo, se requiere de la compra de elementos de seguridad, tal como chalecos, luces, bengalas y señales de emergencia.

8.3.c. Jornadas de preparación y entrenamiento

Antes del inicio de operaciones, y después de la contratación de personal, se requiere de realizar jornadas de preparación y entrenamiento. Dos talleres deben ser implementados, uno para el equipo de actividades de campo y otro para el equipo de análisis de información. Un curso introductorio al esquema de monitorización en conjunto con los dos equipos sería deseable, con el fin de integrar al grupo y establecer de forma clara la mecánica de organización y las líneas de mando.

8.3.d. Materiales

Para funcionar los detectores acústicos utilizan baterías alcalinas tamaño “D”. Se estima que en cada ciclo de muestreo trimestral se utilizarán 620 baterías y 2,480 por año.

Se requiere de la compra de elementos de ferretería marina de reserva, para realizar reparaciones de anclajes en caso de daño o pérdida. Estos elementos incluyen cuerda, grilletes, armellas, guardacabos, cinchos, tuercas, rondanas, boyas rígidas, anclas y cadena.

En caso necesario, se requerirá de traducir los manuales de operación de detectores acústicos y sonar al español. También, como parte de los resultados de las jornadas de entrenamiento, se requerirá de confeccionar manuales de operaciones de campo y análisis.

8.3.e. Consumibles y gastos

Con el fin de mantener una conducta ecológica congruente, se requerirá de cubrir los costos asociados al reciclamiento de las 2,480 baterías que se estima se utilizarán por año. Dicho servicio deberá ser contratado con una empresa certificada, de reconocida calidad y eficiencia.

Para el funcionamiento de la embarcación usada en las labores de campo se requerirá de combustibles y lubricantes. Se estima que se utilizará un total de 28,000 litros de gasolina. El gasto de aceite será mínimo pues se utilizará un motor fuera de borda de cuatro tiempos. También se utilizará combustibles para el transporte de la embarcación en tierra y para los traslados entre San Felipe y Ensenada para la transferencia de la información generada.

Se requerirá se dar servicio rutinario al motor fuera de borda en agencia autorizada. Por otro lado, se requerirá de dar mantenimiento al casco de la embarcación, por lo que se utilizará pintura y otros recubrimientos, así como material de limpieza. También se requerirá de refacciones para el funcionamiento de la embarcación, principalmente filtros y bujías.

También se requerirá de gastos de alimentación para el personal de campo durante las navegaciones para la atención de anclajes. Si se considera a un solo equipo de actividades de campo, se estima se requerirán aproximadamente 400 días de alimentación-persona, ó 200 días de alimentación para dos personas. Por supuesto, el tipo de alimentación requerida es para personal a bordo de una embarcación de pequeña eslora.

Por último, se requerirá de la compra de seguros contra riesgo de accidentes para el personal de actividades de campo. Se estima conveniente adquirir seguros que cubran un año completo de operaciones, pues los calendarios de navegación estarán determinados por las condiciones climáticas.

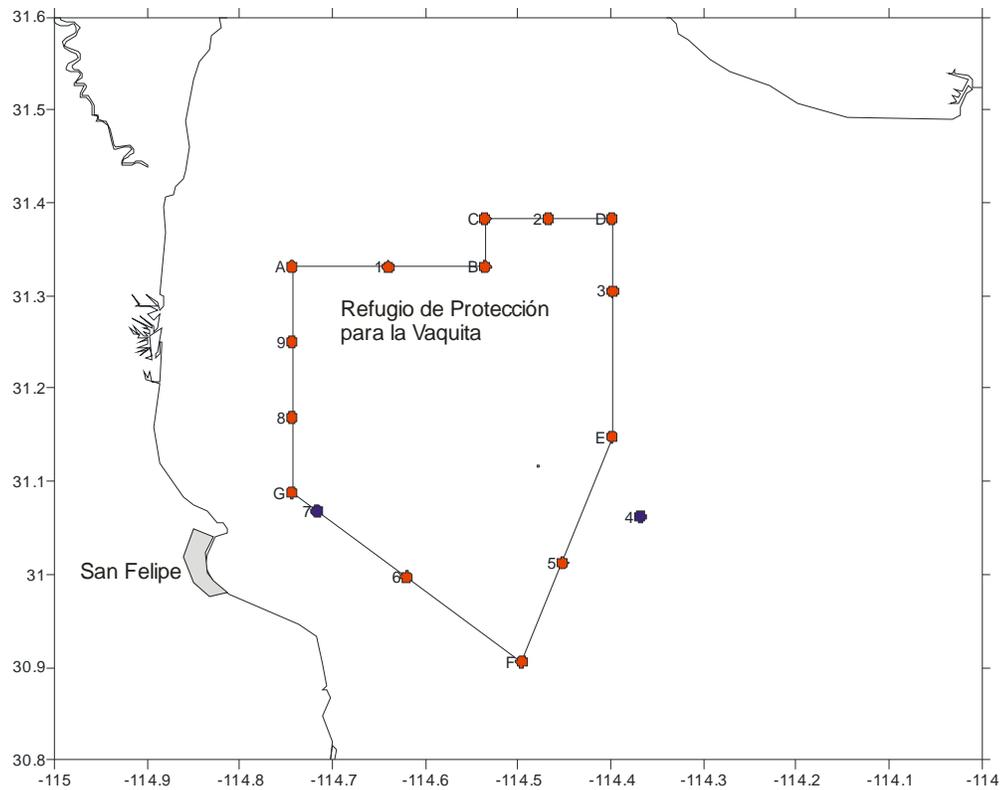


Figura 1. Polígono del Refugio de Protección para la Vaquita, que muestra la ubicación de las boyas de marcatejo. La Boya G, utilizada para obtener datos para el diseño de anclajes a boyas y realizar pruebas correspondientes, es la más cercana al poblado de San Felipe, sitio base de operaciones de campo por su cercanía a la zona de estudio.



Figura 2. Fotografía de la Boya G, utilizada para el diseño y pruebas experimentales de anclajes a boyas. La fotografía a la derecha muestra a personal haciendo mediciones de las dimensiones de la boya y su cadena de sujeción.

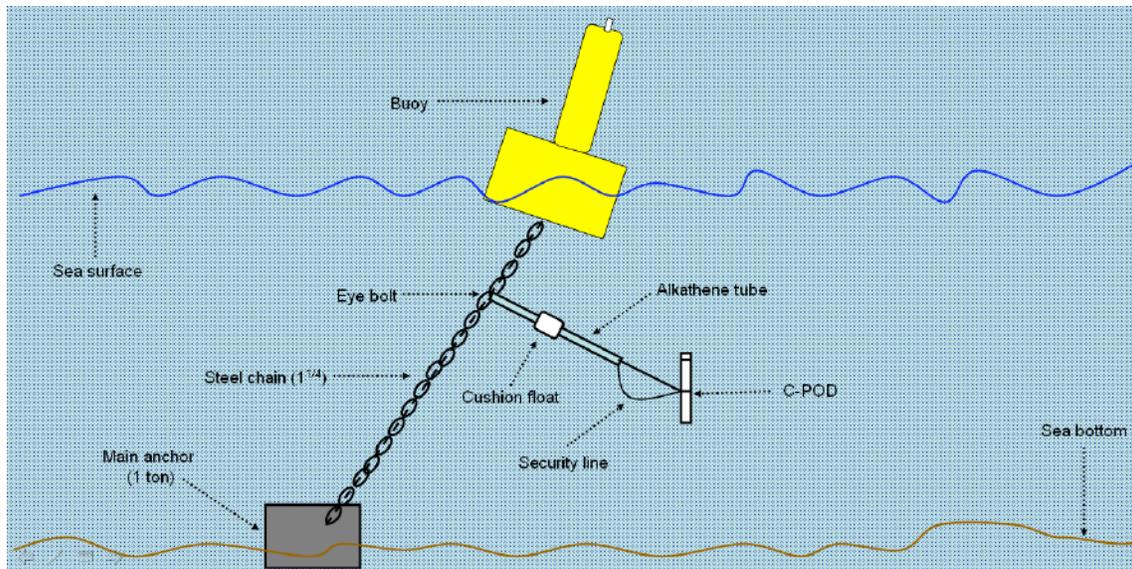


Figura 3. Esquema tomado del Reporte del Taller para el Diseño del Esquema de Monitorización para la Vaquita (en su versión original en inglés) que muestra el diseño propuesto para los anclajes a boyas.

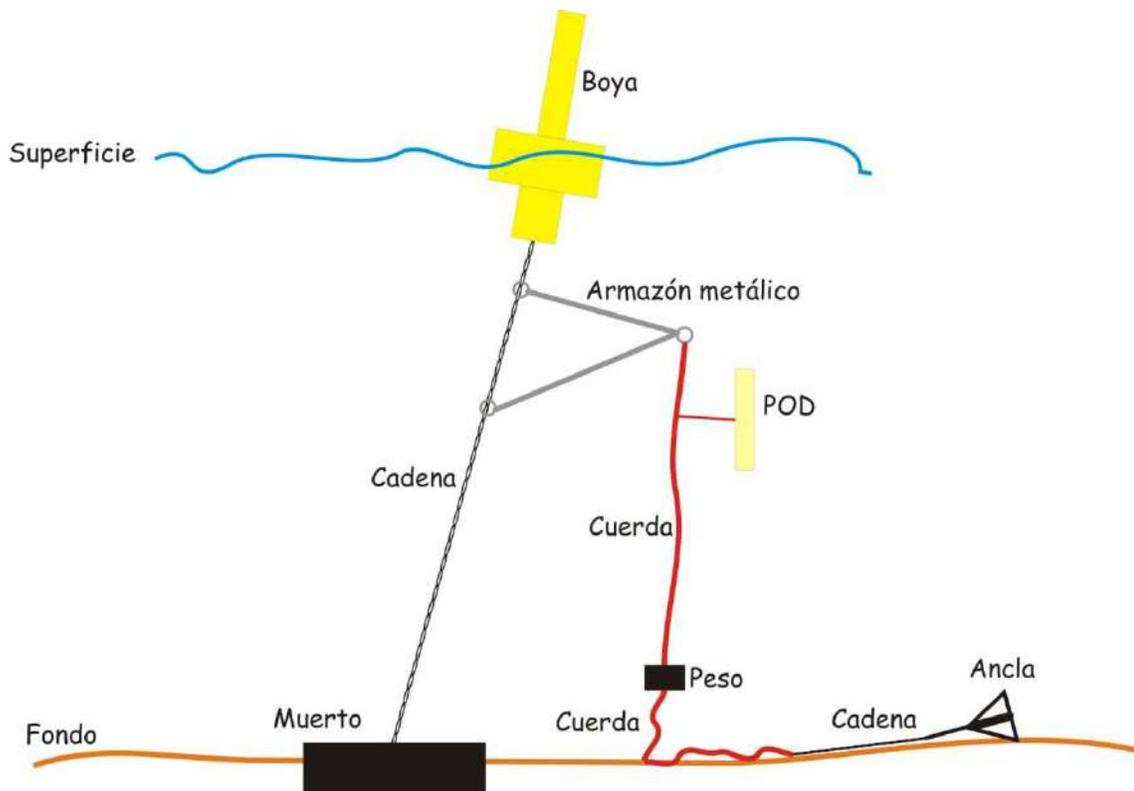


Figura 4. Diagrama esquemático del sistema de anclaje diseñado para anclar los detectores acústicos a las boyas que delimitan el Refugio de Protección para la Vaquita.

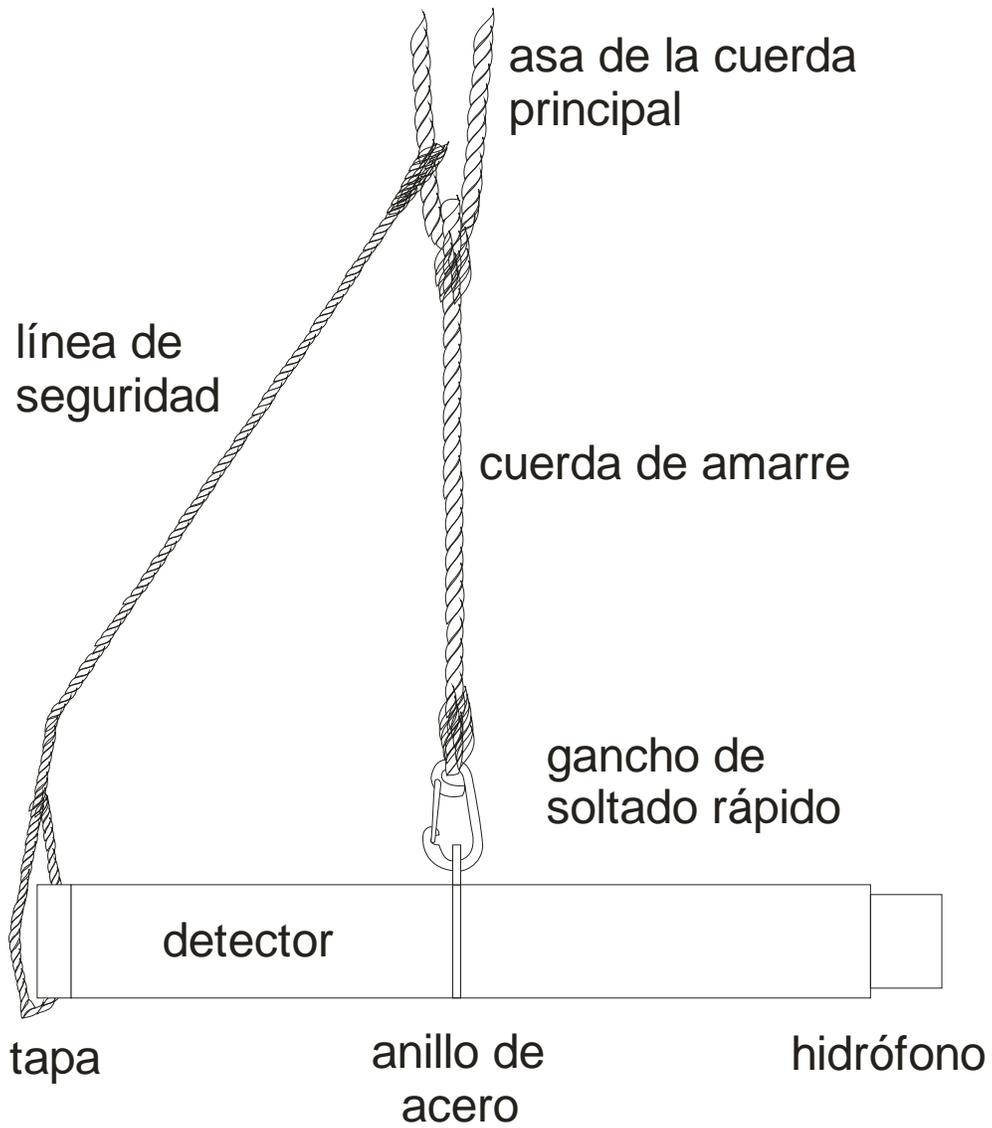


Figura 5. Sistema de enganche del detector acústico a la cuerda unida al armazón metálico.

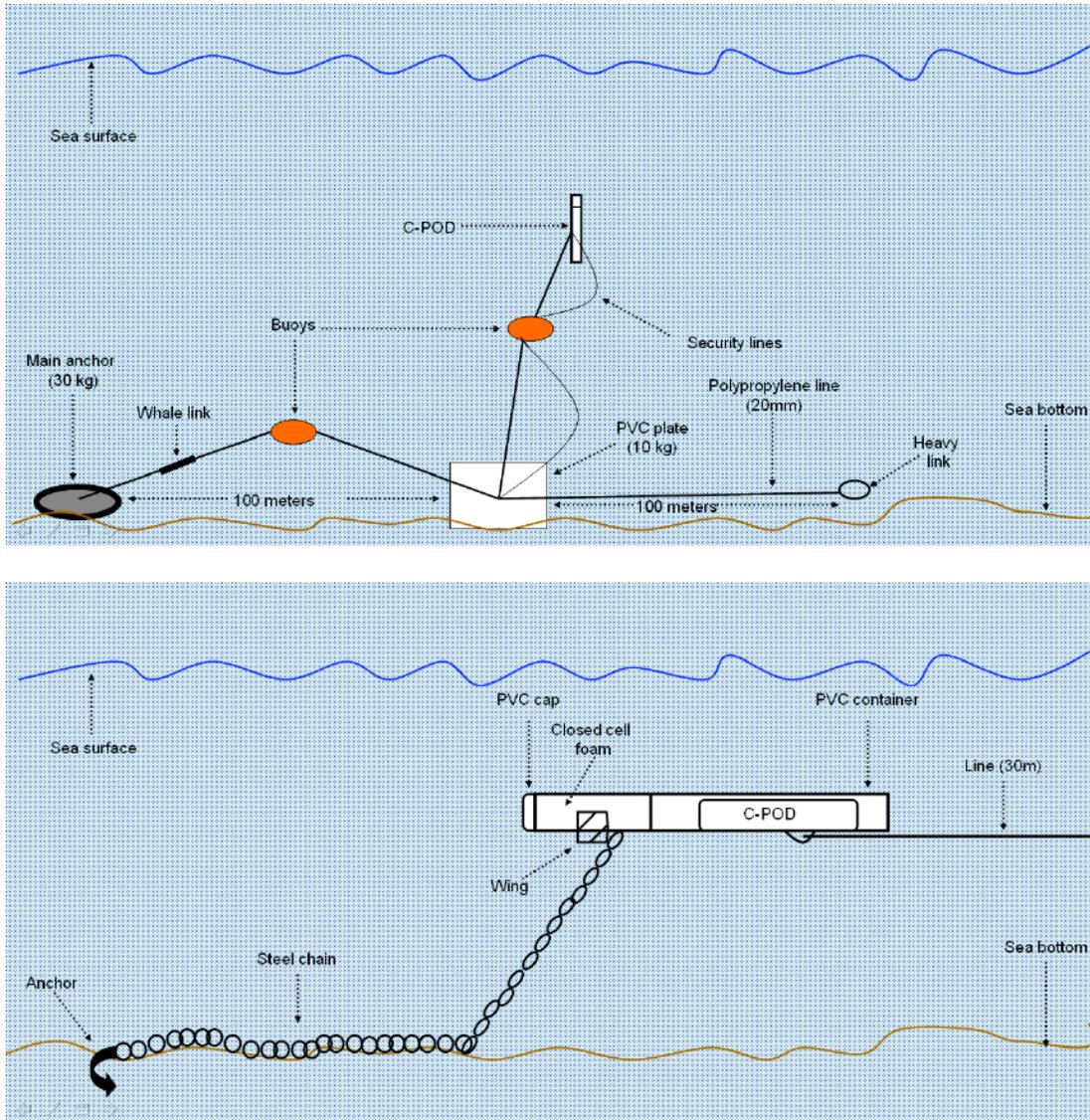


Figura 6. Esquema tomado del Reporte del Taller para el Diseño del Esquema de Monitorización para la Vaquita (en su versión original en inglés) que muestra los dos diseños propuestos para los anclajes sumergidos.

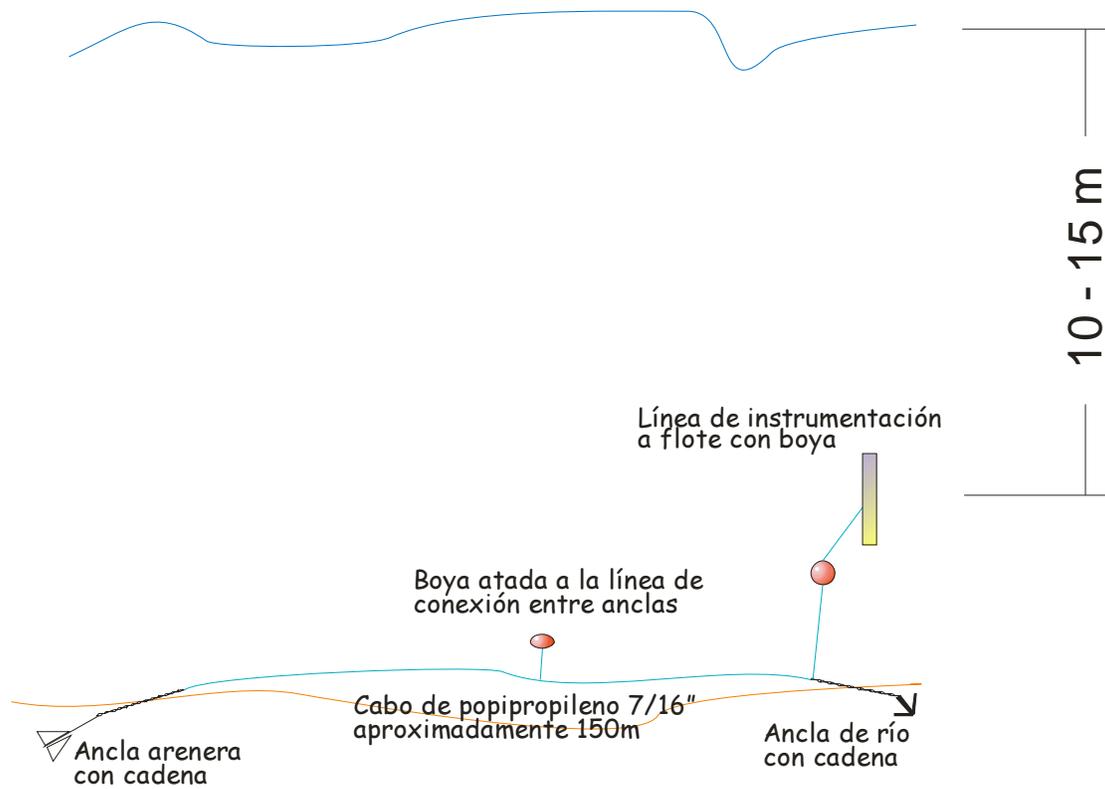


Figura 7. Diagrama esquemático del diseño propuesto de anclaje sumergido.

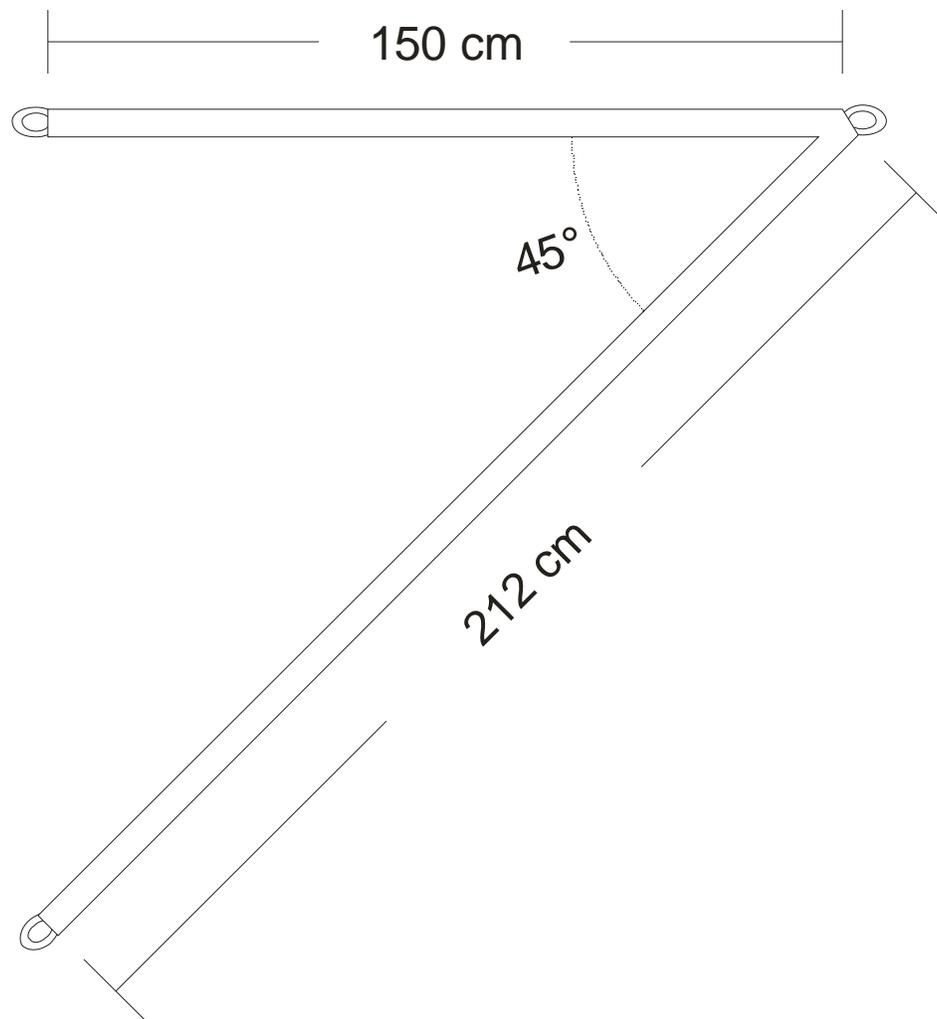


Figura 8. Esquema del armazón metálico diseñado para los anclajes a boyas.



Figura 9. Forma en que se unen los ganchos de soltado rápido a los aros del armazón.



Figura 10. Fotografía de un detector acústico atado a la línea vertical del diseño de anclaje a boyas.



Figura 11. Forma en que se ensamblaron los tres detectores para la prueba de anclaje a boyas. En la fotografía a la derecha se muestra la forma en que se aseguraron los plomos a la línea vertical.



Figura 12. Forma en que se une el extremo de la línea vertical a la cadena del ancla en el prototipo de anclaje a boyas. Por seguridad se hizo un nudo con tres vueltas (fotografía a la izquierda). El ancla utilizada es de tipo arenero de 10 Kg (fotografía a la derecha).

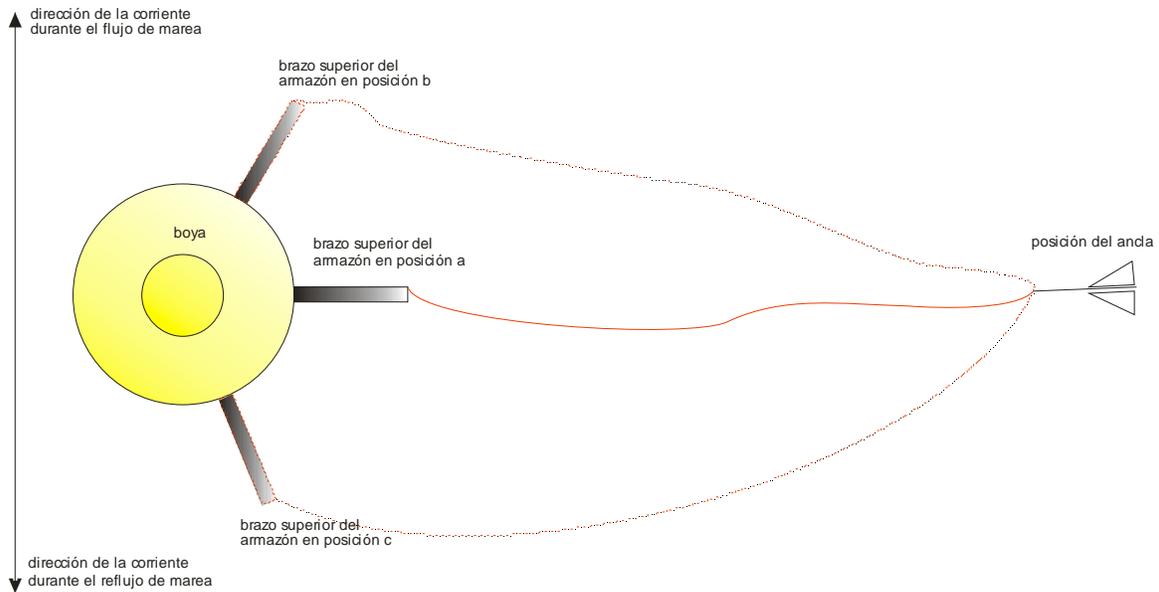


Figura 13. Posición en la que se colocó el ancla al montar el anclaje de prueba a boyas. La flecha indica la dirección de la corriente durante el flujo y reflujó de la marea. El ancla se colocó en el punto intermedio de oscilación del armazón (posición a) alrededor de la cadena de la boya. Con la corriente el brazo puede oscilar hacia la posición b (durante el flujo) o a la posición c (durante el reflujó). El diseño considero una cantidad suficiente de cuerda para no ejercer tensión al armazón en ningún momento durante el flujo o reflujó de marea (líneas punteadas).



Figura 14. Fotografías que muestran el estado de los detectores y las cuerdas del anclaje a boyas después del período de prueba. A la izquierda se puede apreciar una porción de la cuerda vertical y de la cuerda de amarre del detector. Estas presentaron moderado crecimiento algal. Los amarres principal y de seguridad se hallaban completos y en buen estado. El amarre que forma el asa en la cuerda vertical no mostraba señales de deslizamiento. A la derecha se muestra uno de los detectores usados en la prueba (el que trabajó a 10 m de profundidad), el cual mostró crecimiento algal moderado, de textura suave y fácil desprendimiento.

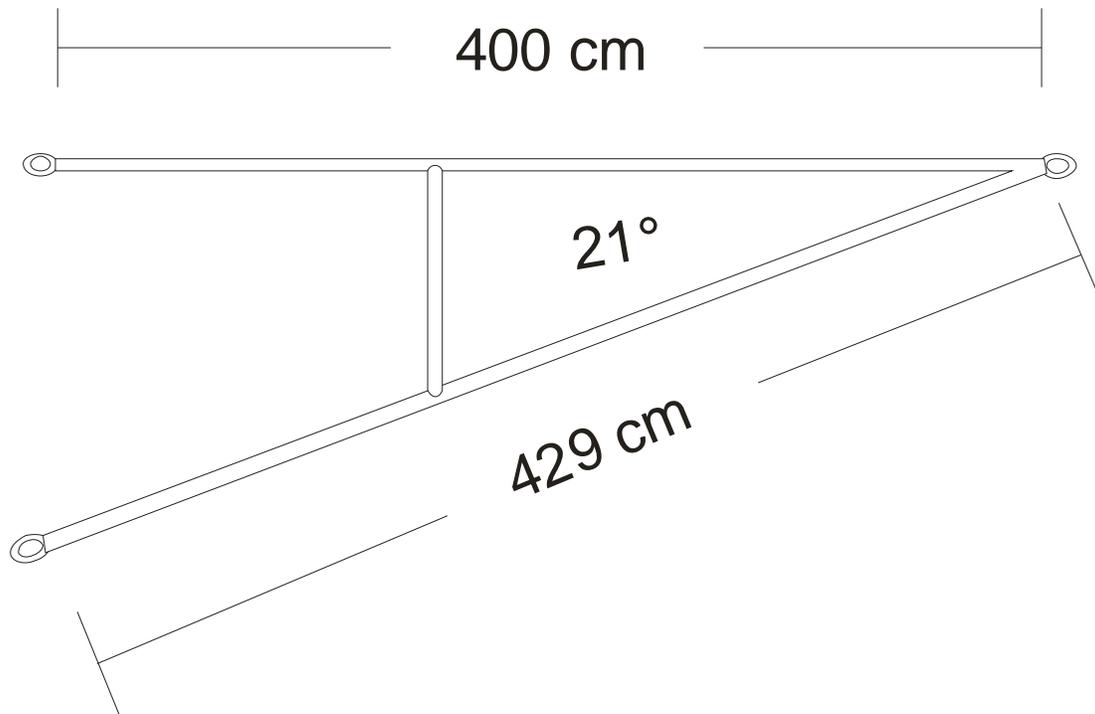


Figura 15. Cambio de diseño para el armazón metálico que es parte del anclaje a boyas. El diseño consiste en un incremento del tamaño del travesaño superior por un factor de 2.67 para tener un tamaño de 4 metros. La distancia entre los extremos libres no varía, por lo que el ángulo entre travesaños disminuyó a 21°. Para reforzar al armazón se incluye un travesaño vertical entre los dos travesaños principales (comparar con la Figura 8).

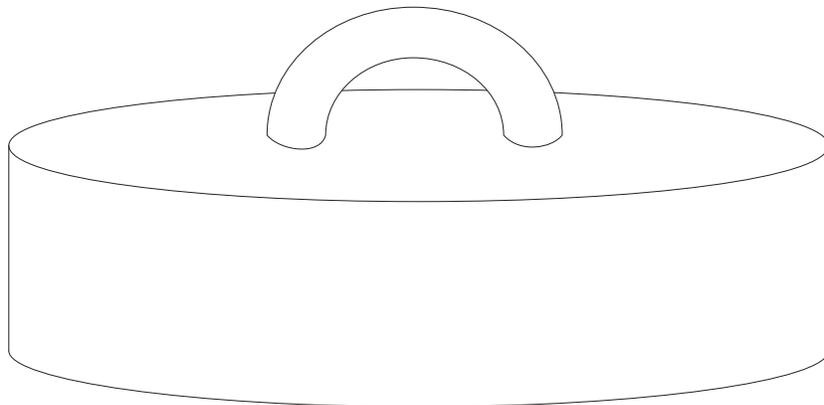


Figura 16. Propuesta de diseño para el peso que mantiene la cuerda en posición vertical en los anclajes a boyas. La construcción será en una sola pieza para evitar desprendimientos e incluirá un asa para unir la anclaje por medio de grilletes, sin la necesidad de utilizar cuerdas. El diseño cilíndrico ayudará a presentar menor resistencia hidrodinámica, reduciendo la tensión en el anclaje.

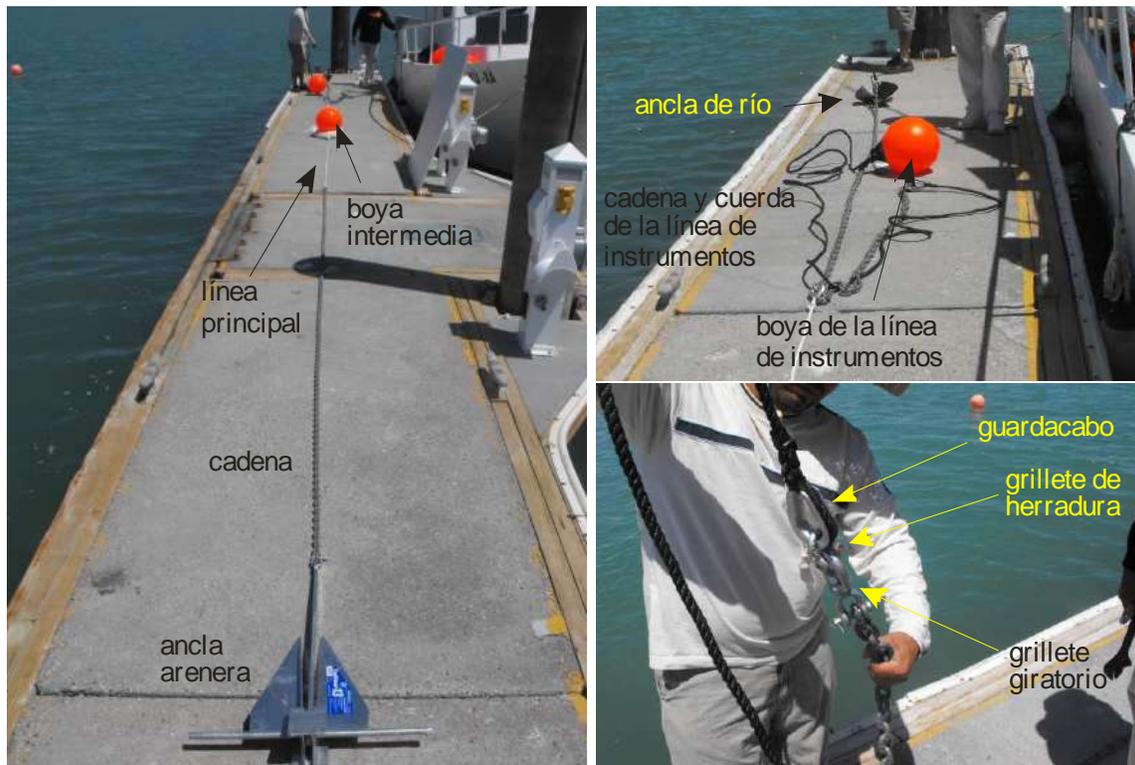


Figura 17. Fotografías que muestran el ensamblaje del prototipo de anclaje sumergido. A la izquierda se muestra todo el anclaje con el ancla de río y su cadena en primer plano. La cuerda principal se halla enrollada con la boya intermedia encima de ella. Arriba a la derecha se muestra el otro extremo del anclaje, con el ancla de río y su cadena, así como la línea para atar instrumentos, la cual finaliza con su boya. Abajo a la derecha se muestra un detalle de la forma en que se une una cuerda con cadena, lo que incluye guardacabo, grillete de herradura y grillete giratorio.

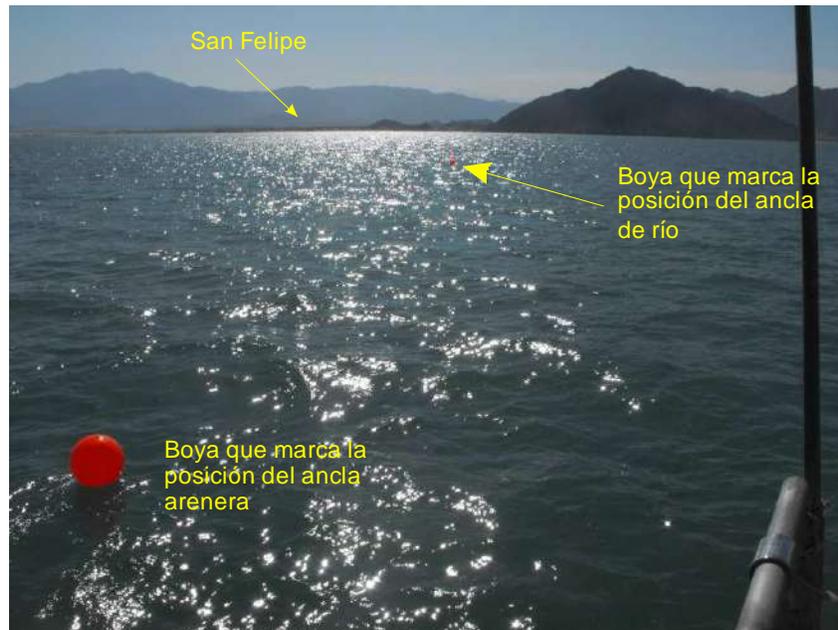


Figura 18. Una vista de la forma en que se marcó la posición de las dos anclas del prototipo de anclaje sumergido para ensayar el procedimiento de recuperación. La prueba se llevó a cabo en aguas cercanas al poblado de San Felipe, visible al fondo.



Figura 19. Gancho utilizado para realizar las prueba de recuperación de anclajes sumergidos. A la izquierda se muestra una porción del gancho, donde se aprecian dos de sus puntas las cuales son romas. El gancho tiene un aro a donde se unió una cadena con un grillete. A la derecha se muestra el tipo de cuerda utilizada para jalar el gancho, la cual se une al extremo de la cadena que sostiene al gancho.

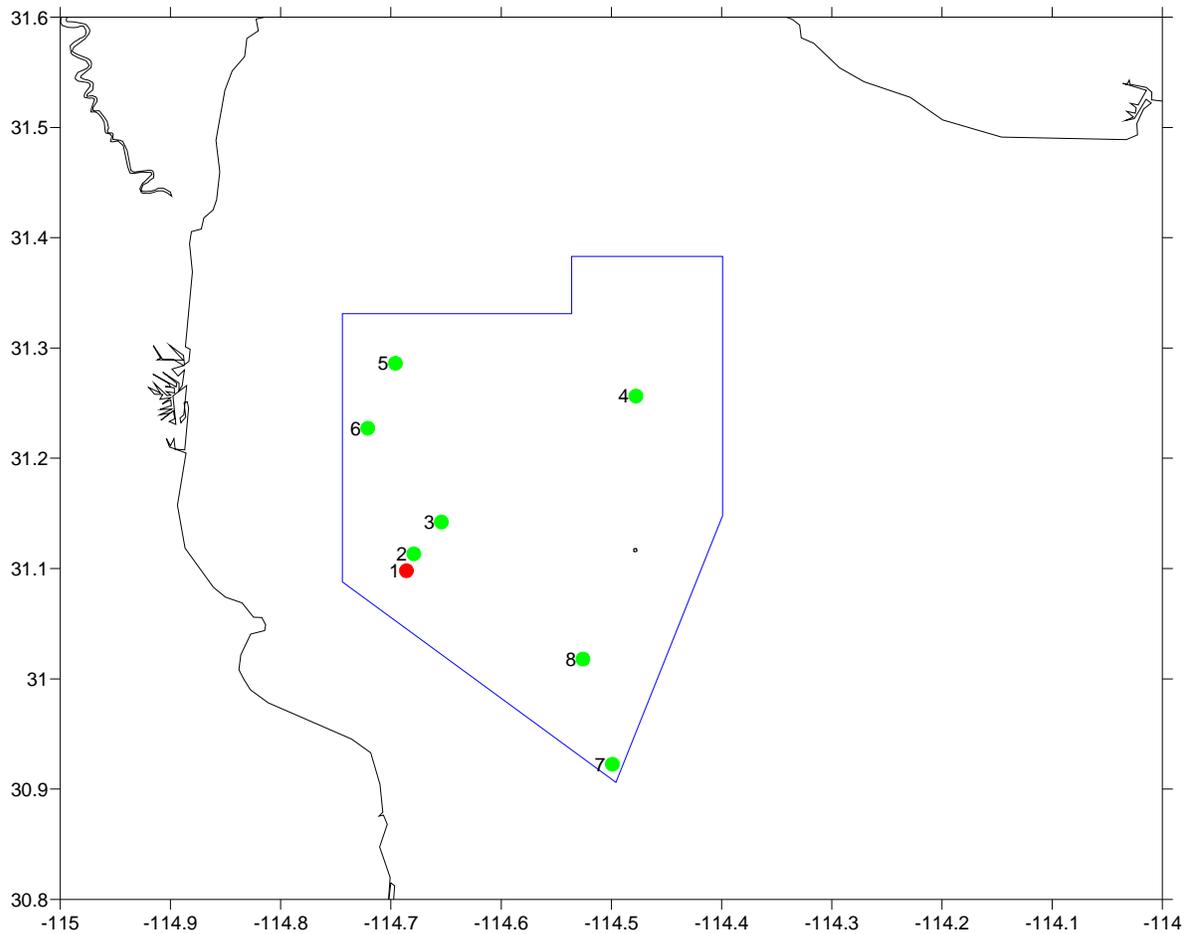


Figura 20. Mapa de la zona de estudio en la que se lanzaron los anclajes sumergidos de prueba (círculos verdes). Los números indican el orden cronológico en que fueron lanzados. Todos fueron instalados dentro del Refugio de Protección para La Vaquita (polígono azul). El anclaje 1, marcado en rojo, nunca se recuperó.



Figura 21. Pantalla del GPS de abordo. A la izquierda se muestran los puntos 0065 y 0067, los cuales marcan la posición de las anclas de río y arenera del anclaje de prueba 1. La posición actual de la embarcación se representa con la figura en forma de barco. En ese momento se estaba realizando la primera aproximación durante la prueba de recuperación. A la derecha se muestran las rutas por las que se había pasado para tratar de enganchar el anclaje.



Figura 22. Forma en que se modificó el sistema de recuperación utilizando un gancho más. Durante el arrastre el gancho grande va por detrás del pequeño. Los ganchos se unen con cadena, lo que ayuda a mantener el gancho arrastrándose por el fondo. En el recuadro arriba y a la derecha se muestra como el gancho grande pudo atrapar la línea principal del anclaje 2.



Figura 23. Estado de los elementos del anclaje 2 después de ser recuperado por primera vez. Se aprecia como las cuerdas, guardacabos y grilletes están en buena condición. De igual forma, las anclas muestran rastros del sedimento en que estuvieron enterradas, sobretodo en el ancla arenera (abajo a la derecha). El tipo de sedimento propicia que las anclas se entierren fácilmente, razón por la cual es necesario un elemento mecánico para desprenderlas, tal como el malacate.

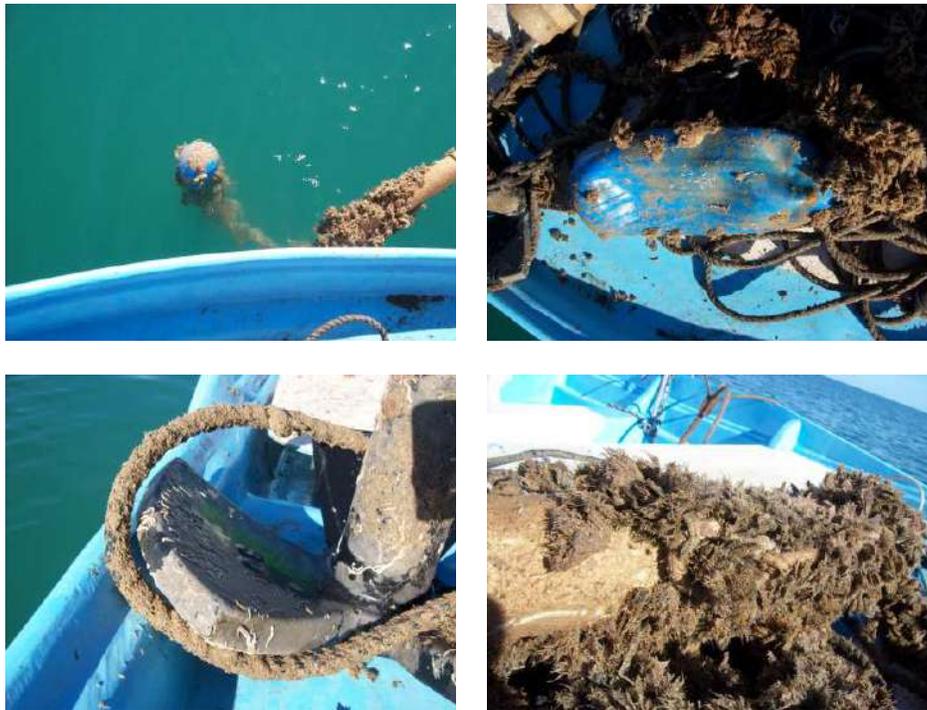


Figura 24. Estado de uno de los anclajes sumergidos después de varios días de trabajo. El denso crecimiento de flora y fauna fue evidente desde que los equipos salieron a la superficie (arriba a la izquierda). La boya perdió presión de aire y las cuerdas cercanas presentaban una densa capa de moluscos bivalvos parecidos a mejillones (arriba a la derecha). El ancla de río, aún enterrada en el sedimento, presentó estructura de carbonato de calcio pegadas a su superficie, resultado de actividad biológica (abajo a la izquierda). El cuerpo del “detector ficticio” fue altamente infestado por los moluscos, aunque estos no llegaron a crecer hacia el lado del hidrófono, aunque esto pudiera ocurrir con más tiempo de trabajo (abajo a la derecha).



Figura 25. Diferentes tipos de boyas rígidas que podrán utilizarse para reemplazar a las boyas inflables.

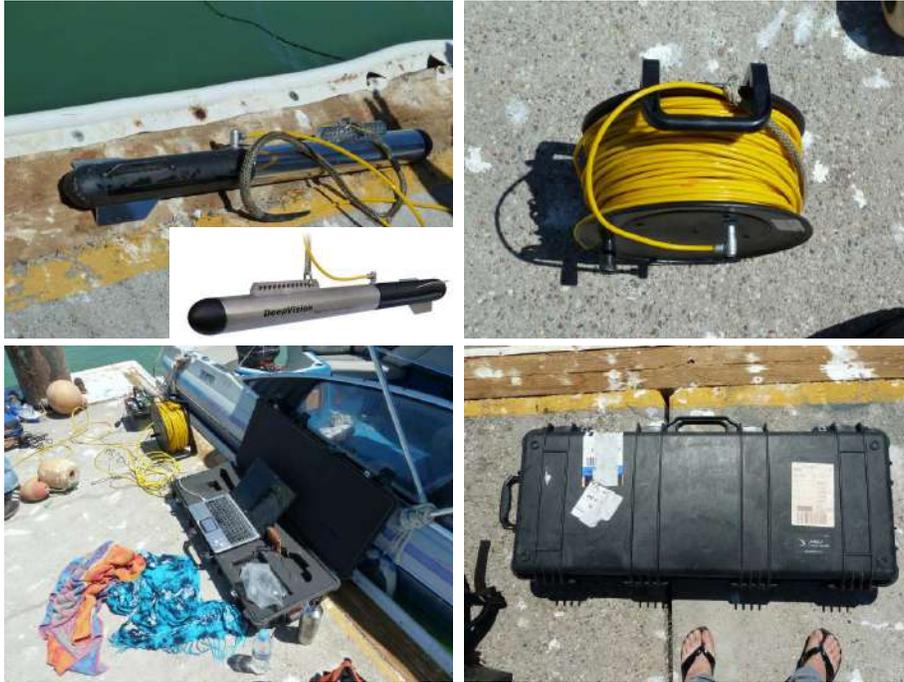


Figura 26. Sonar de barrido lateral (*side scan sonar*) utilizado para implementar un sistema de búsqueda eficiente para localizar los anclajes sumergidos en menor tiempo. Arriba a la izquierda se muestra el sonar, junto con una imagen comercial. El sonar tiene forma de torpedo y se usa arrastrándolo con su cable detrás de la embarcación. El cable (arriba a la derecha) transmite energía y datos, a la vez de ser el elemento de arrastre. Para su uso el sonar debe ser conectado a una computadora (abajo a la izquierda). El sistema adquirido incluye un maletín impermeable (abajo a la derecha).

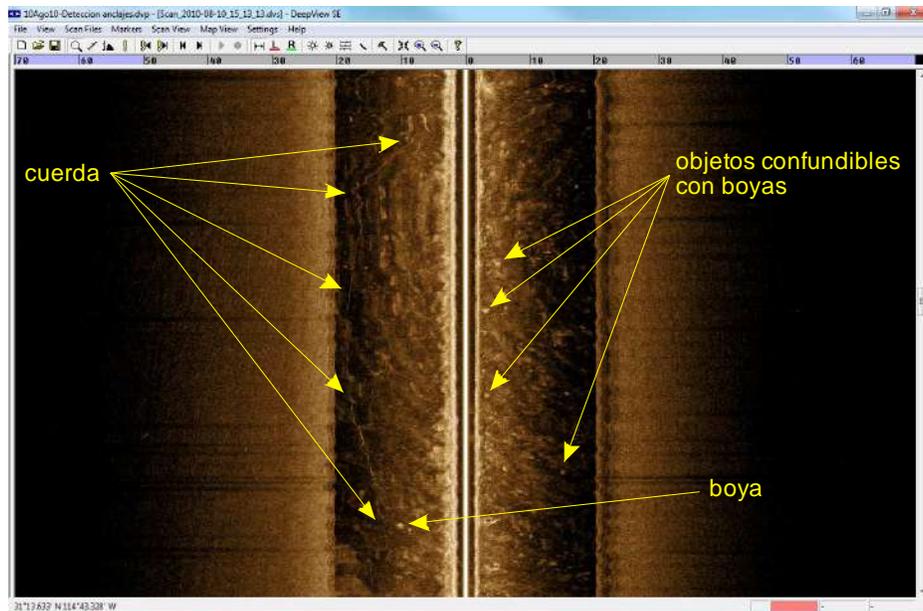


Figura 27. Pantalla del programa de manejo del sonar, que muestra la forma en que se detectó un anclaje. Se observa la línea principal que conecta las anclas y la boya de la línea de instrumentos. Se muestran también algunos objetos que reflejan de forma muy similar a la boya, lo que hace necesario ensayar con el uso de reflectores.



Figura 28. Reflectores de sonar que se instalarán en los anclajes sumergidos para mejorar los procedimientos y tiempos de localización. A la izquierda se muestra un reflector tipo estrella, con cuerdas para su sujeción al anclaje por medio de grilletes, y a una boya rígida para mantenerlo a flote.

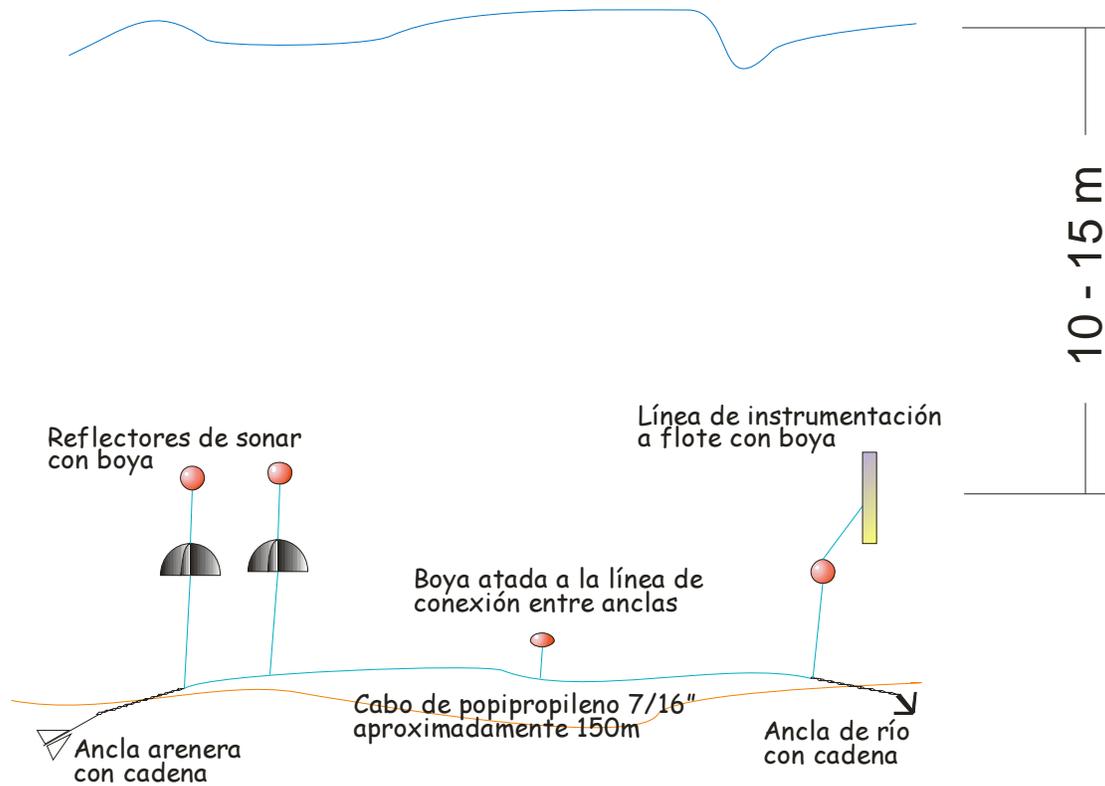


Figura 29. Diagrama esquemático del diseño propuesto de anclaje sumergido con un par de reflectores de sonar agregados en el lado cercano al ancla arenera.



Figura 30. Fotografías que muestran el momento en que se estaba preparando el C-POD número 1000. A la izquierda se ve el detector sin su tapa y se aprecian las baterías y el módulo electrónico. La tapa está en el lado opuesto al módulo del hidrófono. Se observa el aro de acero alrededor de la parte media del detector, que sirve para amarrarlo a los anclajes.

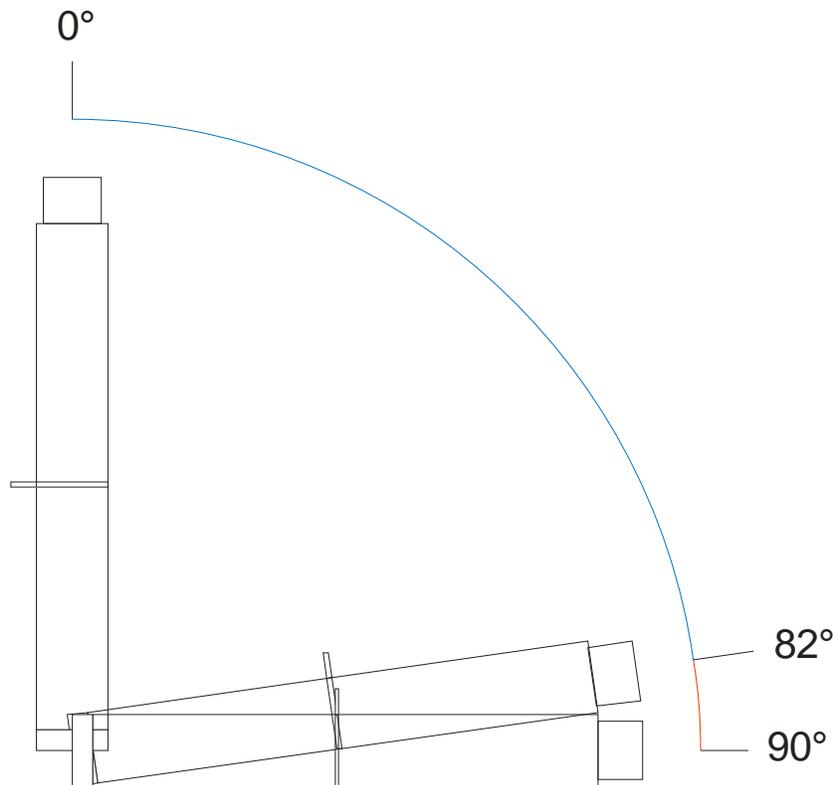


Figura 31. Esquema que muestra la posición del detector respecto de la vertical y horizontal. Entre los cero y menos de 82° el detector se halla almacenando información (rango en azul). El detector entra en un estado de espera, sin almacenar datos, en un ángulo de 8° (rango en rojo). Durante su transporte para instalación en los anclajes, si el detector es mantenido dentro de este ángulo no almacenará datos y se ahorra espacio para el tiempo de trabajo real.

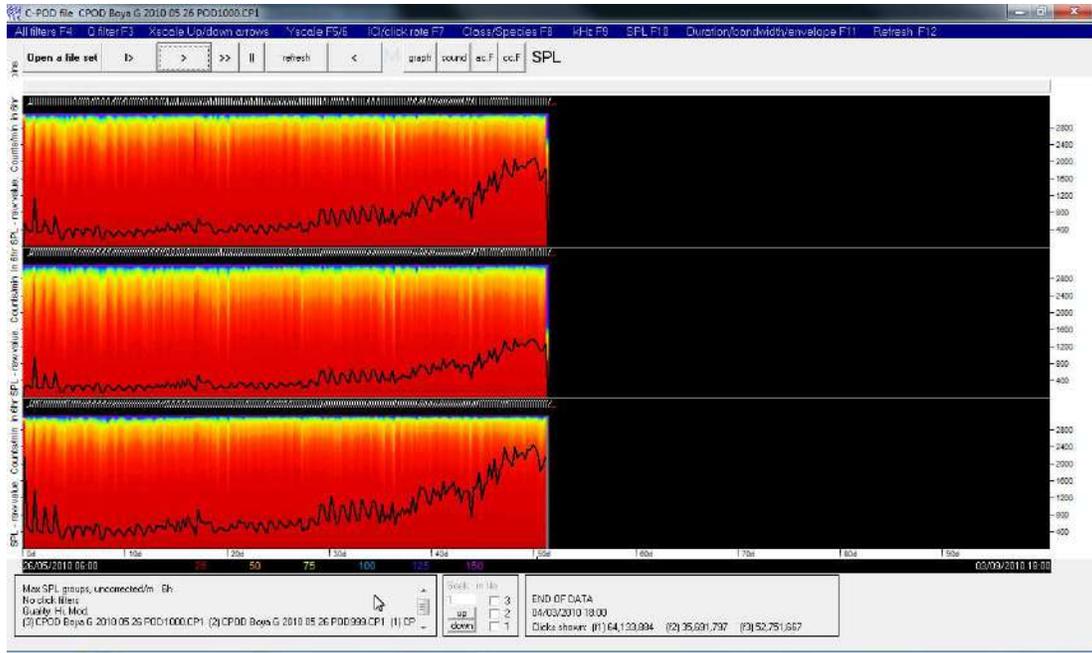


Figura 32. Gráfica que muestra el despliegue del programa para analizar los datos acústicos generados por el C-POD. Se presentan todos los datos generados por los tres detectores (a 5, 10 y 15 m de arriba abajo en la pantalla). Se puede apreciar como los tres detectores almacenaron información por más de 51 días. Además, se nota como la tendencia de los datos es muy similar entre los tres detectores, lo que indica que hubo homogeneidad en la información registrada y que, por tanto, los datos entre detectores son comparables.

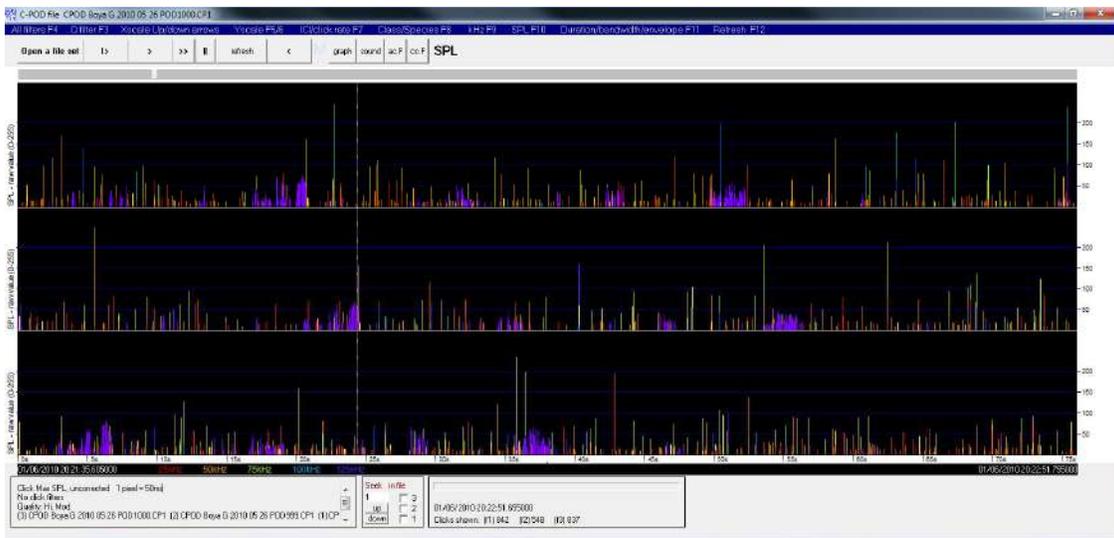


Figura 33. Gráfica que muestra el despliegue del programa para analizar los datos acústicos generados por el C-POD. Se presentan datos generados por los tres detectores (a 5, 10 y 15 m de arriba abajo en la pantalla). Los datos mostrados son el nivel de cada chasquido almacenado (barras verticales) durante los 76 segundos mostrados en pantalla. Las barras en morado representan chasquidos en la banda de frecuencia que emite la vaquita. La forma en que se acumulan estas barras indica la detección acústica de vaquitas. Se nota como es una señal muy clara y que se pudo obtener en los tres detectores.

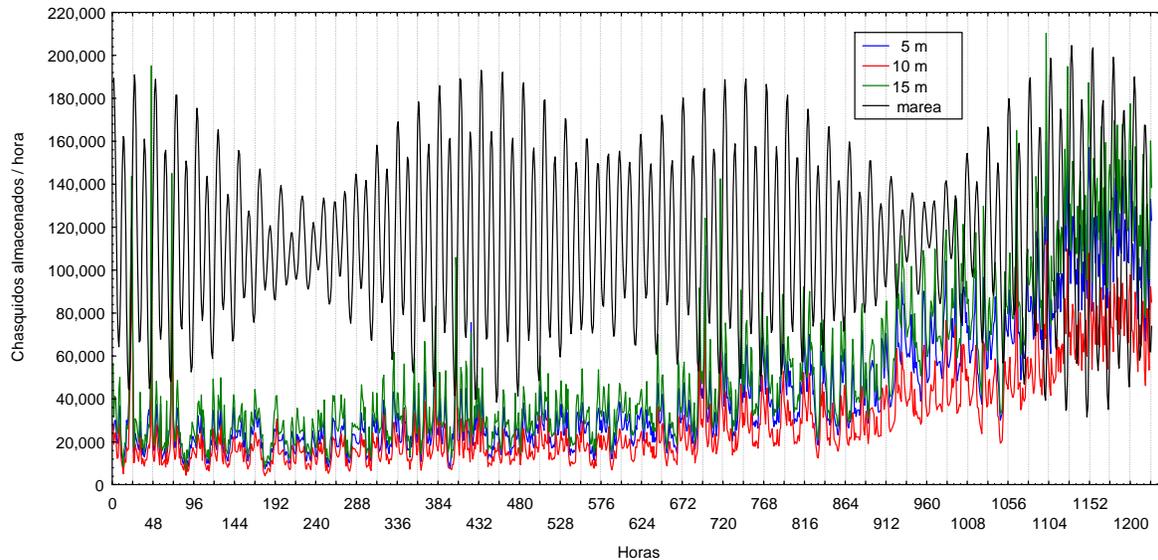


Figura 34. Gráfica del número de chasquidos almacenados por hora para cada uno de los tres detectores usados durante todo el tiempo que duró la prueba de anclajes a boyas. La línea azul representa los datos del detector instalado a 5 m. En rojo se presentan los datos para el detector a 10 m y en verde para el que se instaló a 15 m. La línea negra representa el ciclo de la marea durante el mismo período.

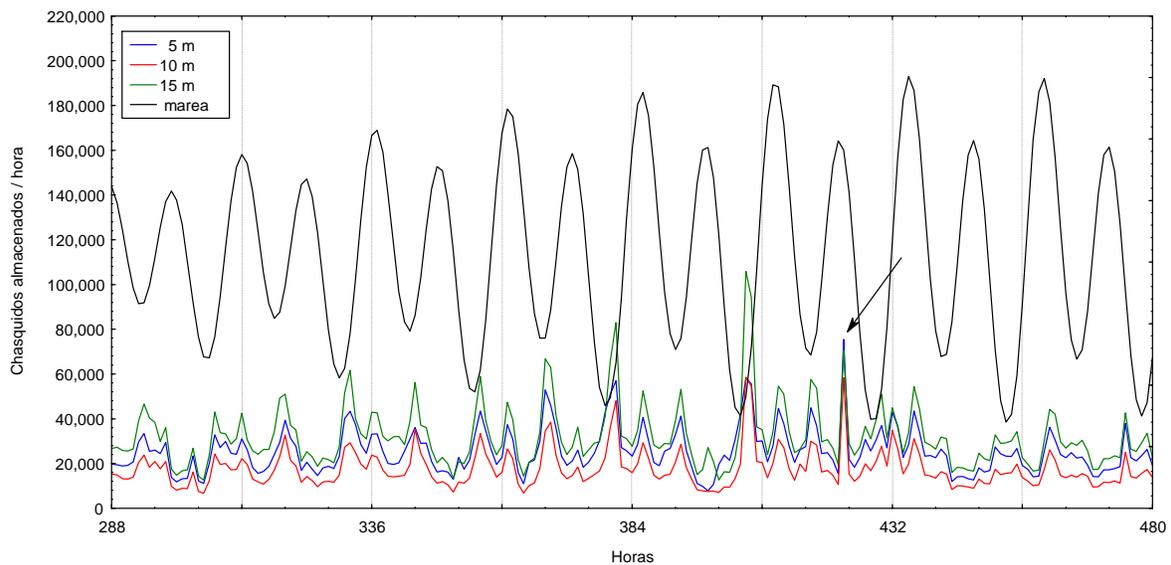


Figura 35. Gráfica similar a la Figura 34, en la que se presentan datos para las horas de muestreo de la 288 a la 480. La flecha muestra un evento aislado en el que pudo intervenir un factor adicional a la marea (ver texto).

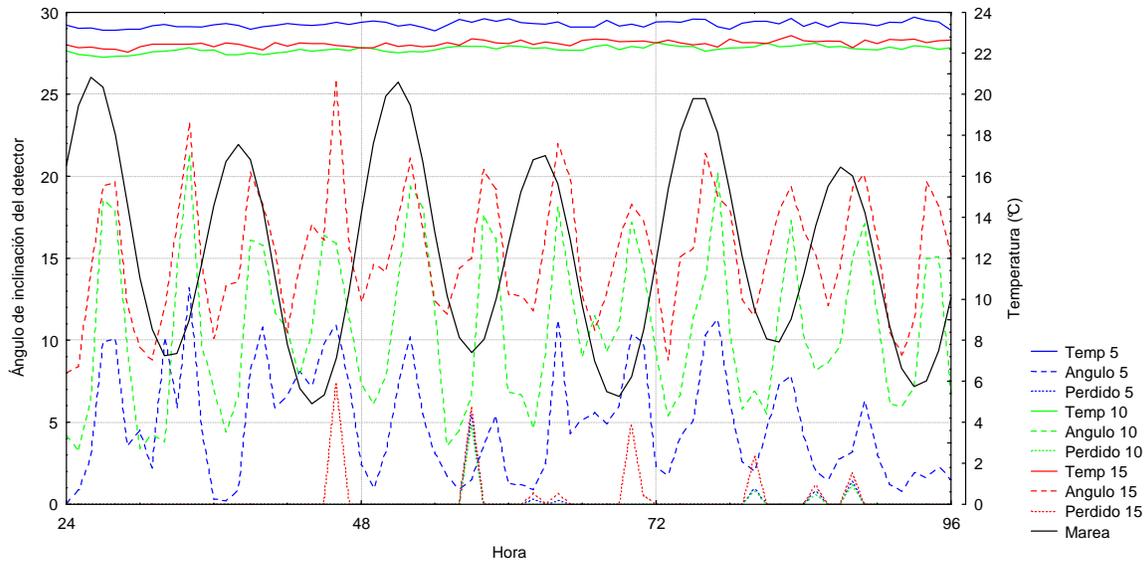


Figura 36. Gráfica que presenta información generada por los tres detectores usados durante la prueba de anclaje a boyas. Se muestra información sobre temperatura (líneas sólidas arriba de la gráfica con escala en el eje y derecho), ángulo de inclinación del detector (líneas quebradas, con escala en eje y a la izquierda; ver Figura 31 para una explicación de los ángulos) y porcentaje de tiempo perdido de almacenamiento (líneas punteadas, con escala en el eje y izquierdo). El color azul corresponde al detector instalado a 5 m, en verde los datos para los 10 m y en rojo para el detector a 15 m.



Figura 37. Fotografías de armazón extendido y peso construido en una sola pieza, de acuerdo a las especificaciones de las figuras Figura 15 y Figura 16.

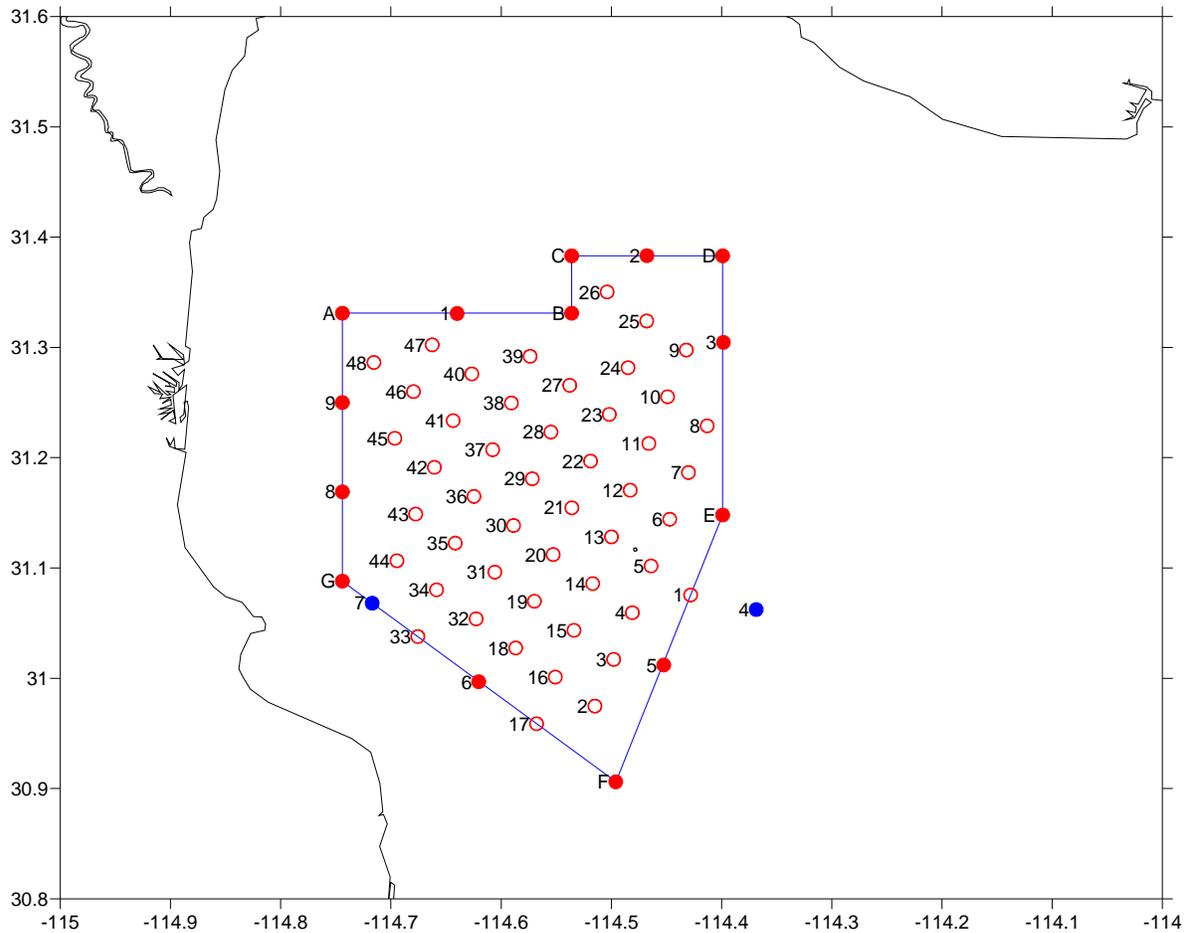


Figura 38. Mapa que muestra el Refugio de Protección para la Vaquita y los sitios de muestreo del esquema de monitorización acústica, de acuerdo a los resultados del Taller para el Diseño del Esquema de Monitorización. Los puntos rojos en los bordes del refugio muestran la posición de las boyas de marcaje en la que se instalarán detectores. Los círculos azules no fueron seleccionados durante el Taller. Los círculos rojos dentro del refugio, y los dos en el margen suroeste, representan sitios de muestreo con base en los anclajes sumergidos diseñados y probados en este trabajo.

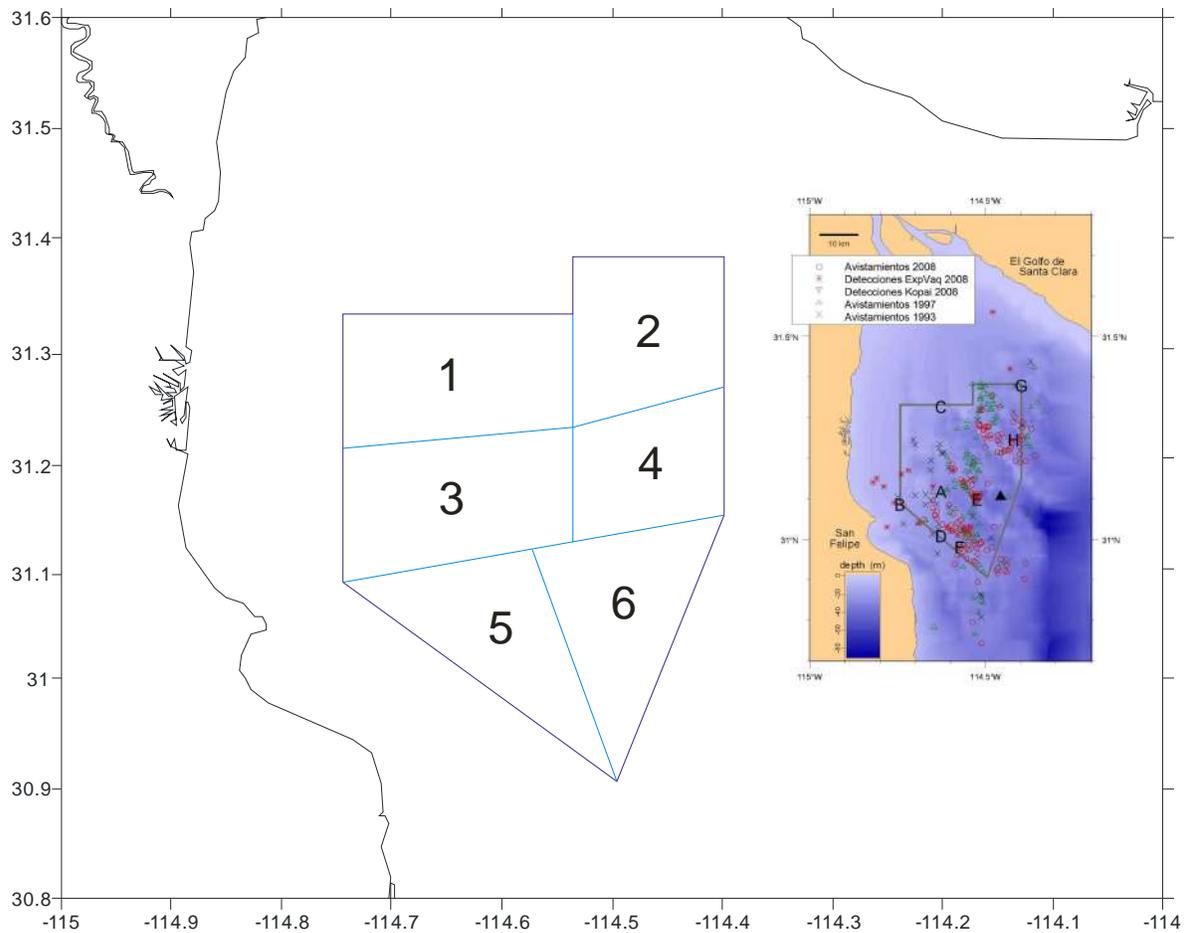


Figura 39. Mapa del Refugio de Protección para la Vaquita, en que se muestran los estratos usados para definir los sitios de muestreo de la prueba piloto. A la derecha se presenta un mapa extraído del reporte del Taller para Diseñar el Esquema de Monitorización, que muestra la distribución de avistamientos de vaquita durante cruceros en 1993, 1997 y 2008, así como detecciones acústicas durante 2008. Ver el texto para la definición de criterios de la estratificación usada.

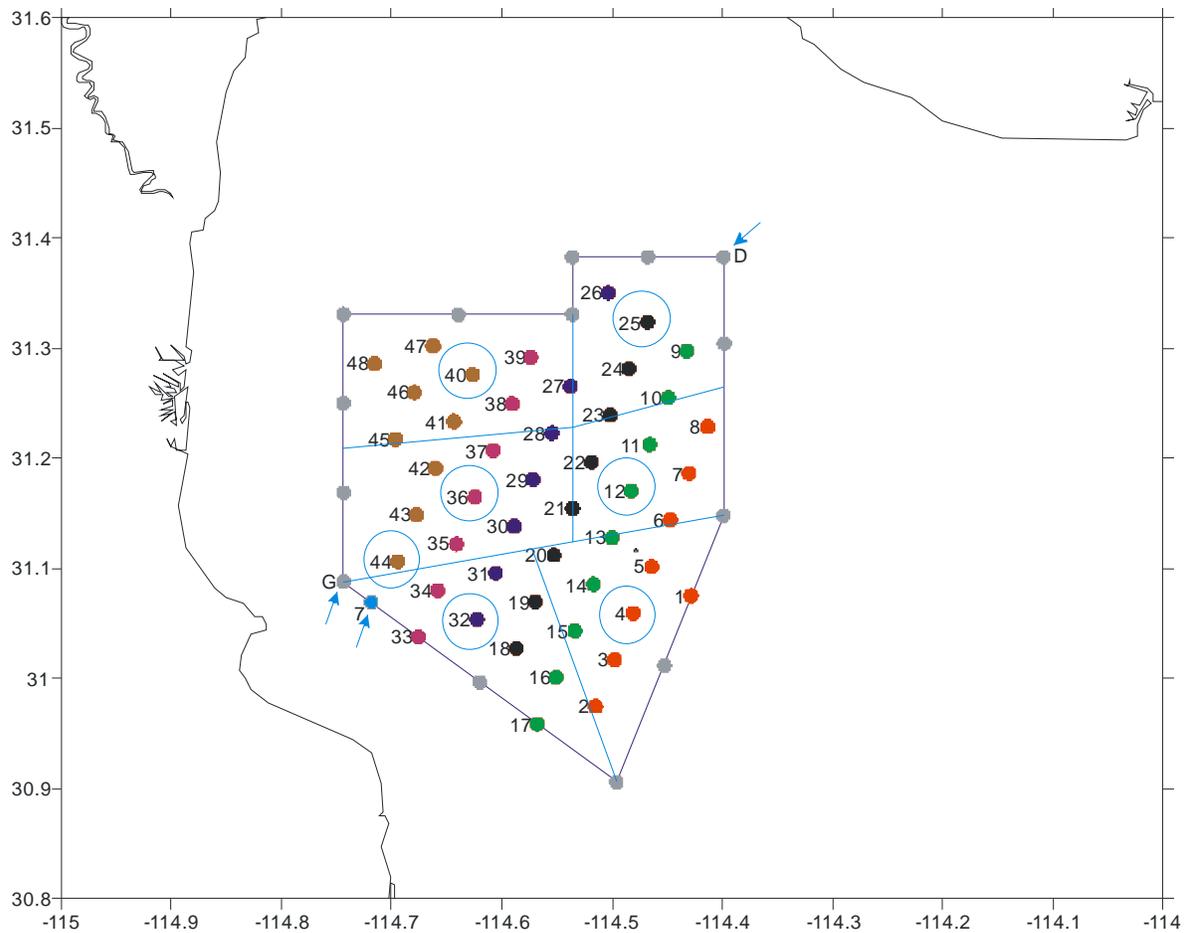


Figura 40. Mapa del Refugio de Protección para la Vaquita que muestra los sitios de muestreo definidos en el Taller y los estratos usados en la prueba piloto. Los círculos azules indican el sitio de muestreo seleccionado en cada estrato. Las flechas indican las boyas seleccionadas. El sitio de muestreo 44 y la boya 7 fueron seleccionados adicionalmente (ver texto).

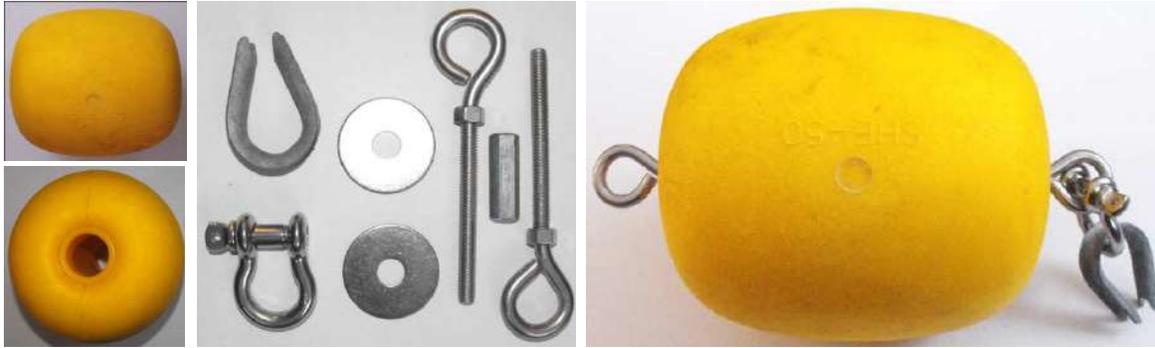


Figura 41. Boya rígida de poliuretano de alta resistencia usada para mantener a flote la cuerda para sostener el detector acústico en los anclajes sumergidos. Dos armellas, unidas con contratuerca y sostenidas contra la pared externa del orificio de la boya con rondanas, son usadas para unirse a las cuerdas del anclaje. Un grillete es usado para unir la boya a la cuerda por medio de un guardacabo (el cual se muestra sin cuerda en la fotografía).



Figura 42. Prototipo de reflector de sonar usado durante la prueba piloto. Se construyó a partir de una placa de policarbonato de 4x4 pies. El diseño consta de tres planos ortogonales, lo que maximiza las posibilidades de reflexión y, por tanto, ocasiona una señal intensa en el sonar.

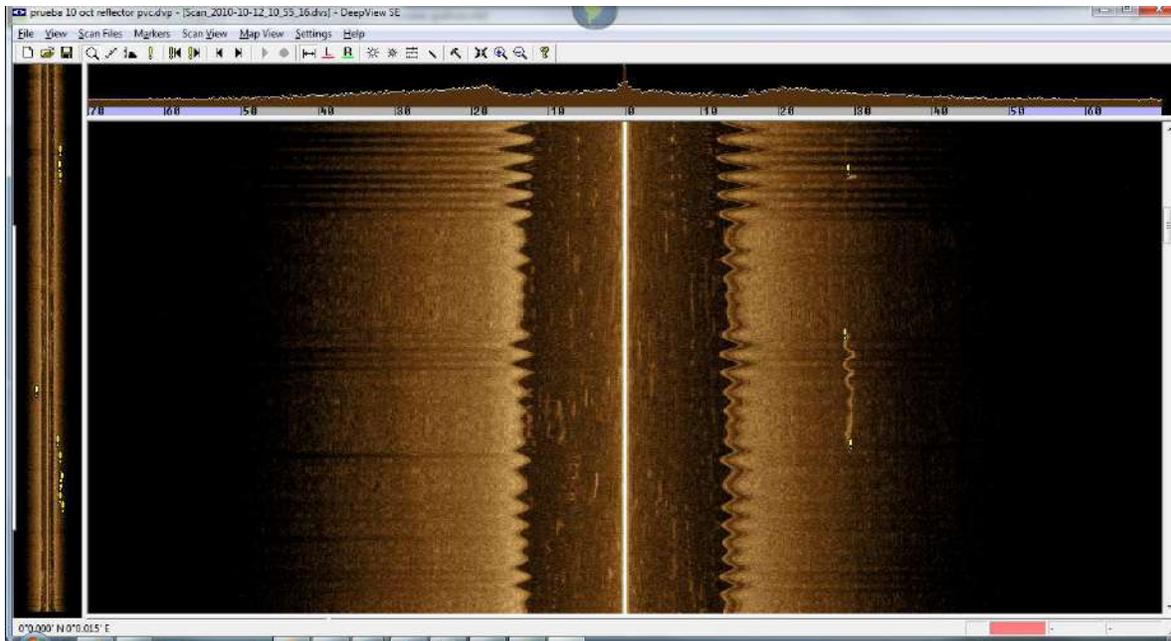


Figura 43. Pantalla del sonar en la que se muestra la señal reflejada por el prototipo de reflector fabricado con policarbonato. La señal está indicada por símbolos amarillos a la derecha de la imagen. Se puede encontrar arriba una pequeña señal en forma de alas y más abajo una muy clara en forma de una línea curvada ininterrumpida.



Figura 44. Fotografía de un detector acústico unido a las curdas de amarre y línea de seguridad por medio de ganchos de soltado rápido. Se observa como se colocó un asa de cuerda a la tapa del detector como medio para asir el gancho.

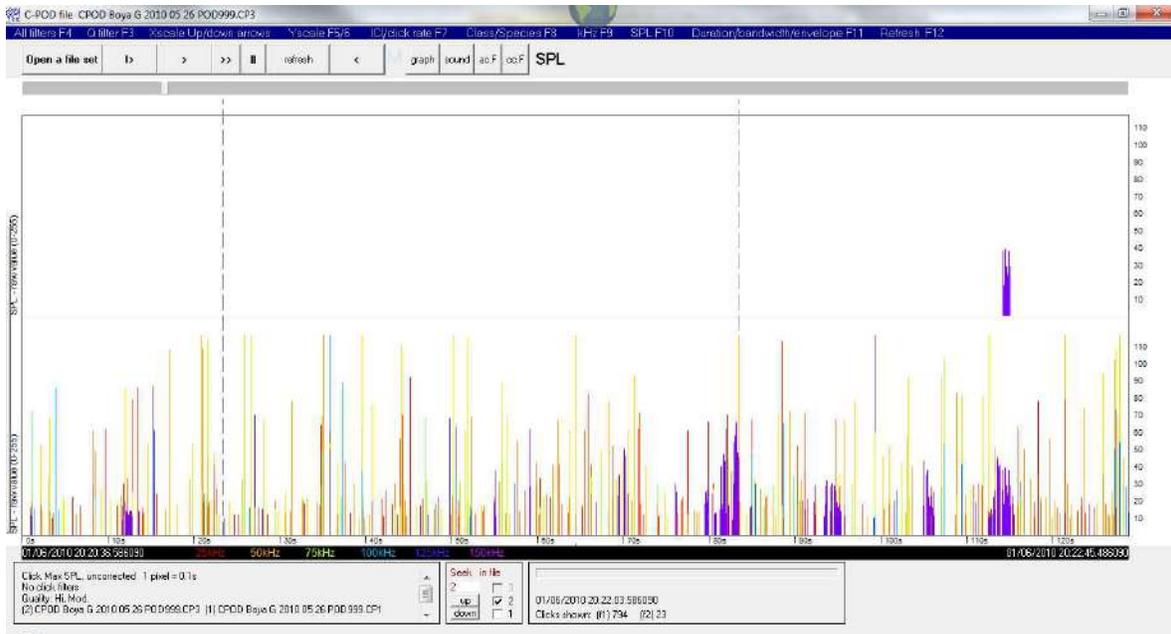


Figura 45. Pantalla del programa de análisis de información acústica. La pantalla está dividida en una sección superior y una inferior. Se muestran 130 segundos de datos. En la parte inferior se presenta el archivo original y en la superior el archivo filtrado después de la rutina de búsqueda de series de chasquidos. En este caso en el archivo superior se identificó una serie típica de vaquita y en la parte de abajo se aprecia que el evento completo se compone de aproximadamente 15 series.

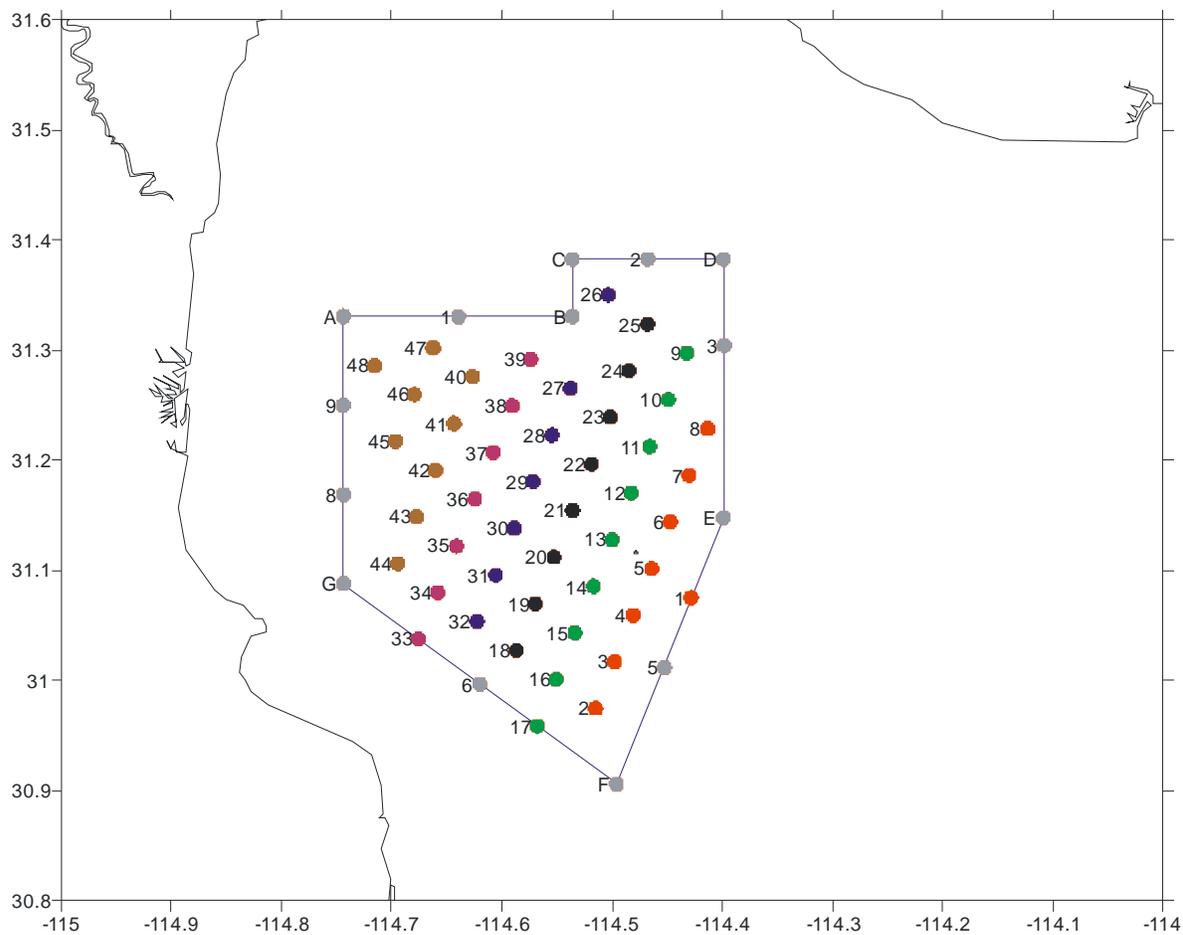


Figura 46. Mapa de los sitios de muestreo que componen el esquema de monitorización completo arreglados por parcelas, las cuales se hallan representadas por círculos del mismo color. Las parcelas se nombran con letras, siendo la A para los anclajes en rojo, B en verde, C en negro, D en púrpura, E en morado, F en café y G en gris. La parcela G se compone de todos los anclajes a boyas que delimitan el Refugio para la Vaquita.