



**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**  
**LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO Y OCEANOGRÁFICO PARA ELABORACIÓN**  
**DEL PLAN DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL SOLICITADO POR REFINERÍA LA**  
**PAMPILLA - CALLAO**

**Línea de investigación:**

**Condiciones oceanográficas y su impacto en los recursos hídricos**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Geógrafo

**Autor:**

Sáenz Juárez, Mariano Francisco

**Asesor:**

Reyna Mandujano, Samuel Carlos  
(ORCID: 0000-0002-0750-2877)

**Jurado:**

Mendez Gutierrez, Raúl  
Zuñiga Diaz, Walter Benjamín  
Fernández Ybarra, Felicita Nancy

**Lima - Perú**

**2023**



# LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO Y OCEANOGRÁFICO PARA ELABORACIÓN DEL PLAN DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL SOLICITADO POR REFINERÍA LA PAMPILLA - CALLAO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://www.dhn.mil.pe">www.dhn.mil.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	2%
6	<a href="http://portal.mtc.gob.pe">portal.mtc.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://fddocuments.es">fddocuments.es</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://cdn.www.gob.pe">cdn.www.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO Y OCEANOGRÁFICO PARA ELABORACIÓN DEL  
PLAN DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL SOLICITADO POR REFINERÍA LA  
PAMPILLA - CALLAO

Línea de investigación: Condiciones oceanográficas y su impacto en los recursos hídricos

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título Profesional de Ingeniero Geógrafo

**Autor:**

Sáenz Juárez Mariano Francisco

**Asesor:**

Reyna Mandujano Samuel Carlos

ORCID: 0000-0002-0750-2877

**Jurados:**

Mendez Gutierrez, Raúl

Zuñiga Diaz, Walter Benjamín

Fernández Ybarra, Felicita Nancy

Lima – Perú

2023

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	2
RESUMEN .....	10
ABSTRAC .....	11
I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1 Trayectoria del autor .....	13
1.2 Descripción de la empresa .....	15
1.3 Organigrama de la empresa .....	16
1.4 Áreas y funciones desempeñadas .....	17
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA.....	18
2.1 Antecedentes del proyecto .....	18
2.2 Objetivos.....	19
2.3 Definición de términos.....	20
2.4 Ubicación del proyecto .....	22
2.4.1 Áreas para batimetría y medición de corrientes marinas.....	23
2.5 Recursos y equipos .....	26
2.5.1 Recursos Humanos .....	26
2.5.2 Equipos Hidrográficos y topográficos.....	26
2.5.3 Equipos y Software para procesamiento de datos.....	26
2.5.4 Equipos fundamentales para el servicio .....	27

2.6 Metodología para realizar un levantamiento batimétrico .....	27
2.6.1 Instalación e integración de equipos.....	29
2.6.2 Posicionamiento de la embarcación .....	30
2.6.3 Medición y registro de profundidades.....	31
2.6.4 Separación entre líneas de sondaje .....	33
2.6.5 Reducción de sondajes .....	34
2.6.6 Nivel de reducción.....	35
2.7 Metodología para realizar una medición de corrientes marinas .....	36
2.7.1 Procesamiento de información de las corrientes marinas.....	40
2.8 Metodología para realizar una medición de mareas .....	41
2.8.1 Determinación de marea para las zonas de estudio .....	41
2.8.2. Procesamiento de información obtenida .....	48
2.8.2.1. Adecuación de formato de datos.....	48
2.8.2.2. Análisis No Armónico.. ..	48
2.8.2.3. Niveles de referencia mareográficos.....	48
2.8.2.4. Amplitud de marea.....	49
2.8.2.5. Análisis armónico.. ..	49
2.9 Resultados Hidro-oceanográficos .....	50
2.9.1 Resultados batimétricos.....	50
2.9.1.1. Resultados batimétricos en área de Playa Rio Seco.....	50
2.9.1.2. Resultados batimétricos en área de Playa Agua Dulce.....	50
2.9.1.3. Resultados batimétricos en área de Playa Chancayllo.....	51
2.9.2. Resultados de corrientes marinas.....	51

2.9.2.2 Resultados de corrientes marinas en Chancay. ....	54
2.9.2.3 Resultados de corrientes marinas en Isla Palomino. ....	59
2.9.2.4. Resultados de corrientes marinas en La Pampilla.....	62
2.9.3. Resultados de mareas.....	65
2.9.3.1. Resultados de corrientes marinas para Ancón .....	65
2.9.3.2. Niveles de referencia mareográficos.....	65
2.9.3.3 Amplitud de marea.....	69
2.9.3.4. Constituyentes armónicos de la marea.....	69
2.9.3.5. Correlación de la información mareográfica. ....	72
2.9.3.6. Resultados de corrientes marinas para Chancay .....	76
2.9.3.7. Correlación de la información mareográfica. ....	76
2.9.3.8 Resultados de corrientes marinas para La Pampilla .....	79
2.9.3.9 Correlación de la información mareográfica. ....	79
III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	83
IV. CONCLUSIONES .....	84
V. RECOMENDACIONES .....	86
VI. REFERENCIAS.....	87
VII. ANEXOS.....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 y 2</b> Áreas y funciones desempeñadas.....	17
<b>Tabla 3</b> Coordenadas Geográficas y UTM del área para levantamiento de Playa Río Seco .....	23
<b>Tabla 4</b> Coordenadas Geográficas y UTM del área para levantamiento en Playa Chancayllo (Chancay).....	24
<b>Tabla 5</b> Coordenadas Geográficas y UTM del área para levantamiento en Playa Agua Dulce (Chancay).....	25
<b>Tabla 6</b> Mediciones de corrientes marinas, Ancón 17 marzo 2023 .....	52
<b>Tabla 7</b> Mediciones de corrientes marinas, Ancón 18 marzo 2023 .....	53
<b>Tabla 8</b> Mediciones de corrientes marinas, Chancay 20 marzo 2023.....	56
<b>Tabla 9</b> Mediciones de corrientes marinas, Chancay 20 marzo 2023.....	56
<b>Tabla 10</b> Mediciones de corrientes marinas, Chancay 22 marzo 2023.....	57
<b>Tabla 11</b> Mediciones de corrientes marinas, Chancay 23 marzo 2023.....	57
<b>Tabla 12</b> Mediciones de corrientes marinas, Chancay 24 marzo 2023.....	58
<b>Tabla 13</b> Mediciones de corrientes marinas, Isla Palomino 02 marzo 2023.....	60
<b>Tabla 14</b> Mediciones de corrientes marinas, Isla Palomino 03 marzo 2023.....	60
<b>Tabla 15</b> Mediciones de corrientes marinas, La Pampilla 04 marzo 2023 .....	63

<b>Tabla 16</b> Mediciones de corrientes marinas, La Pampilla 05 marzo 2023 .....	63
<b>Tabla 17</b> Niveles de referencia mareográficos estaciones Chimbote y Callao datos 2015.....	65
<b>Tabla 18</b> Niveles de referencia mareográficos estaciones Chimbote y Callao data DIHIDRONAV .....	67
<b>Tabla 19</b> Amplitudes de marea.....	69
<b>Tabla 20</b> Constituyentes armónicos de Chimbote y Callao .....	70
<b>Tabla 21</b> Factores de forma para estaciones mareográficas de Chimbote y Callao.....	71
<b>Tabla 22</b> Diferencias de tiempo y altura para las estaciones mareográficas de Chimbote, Callao y Ancón.....	72
<b>Tabla 23</b> Interpolación de marea referida al NMM para Ancón.....	73
<b>Tabla 24</b> Comparación de los valores mareográficos de Ancón.....	75
<b>Tabla 25</b> Diferencias de tiempo y altura para las estaciones mareográficas de Chimbote, Chancay y Callao. ....	76
<b>Tabla 26</b> Interpolación de marea referida al NMM para Chancay .....	77
<b>Tabla 27</b> Comparación de los valores mareográficos de Chancay .....	78
<b>Tabla 28</b> Diferencias de tiempo y altura para las estaciones mareográficas de Chimbote, La Pampilla y Callao.....	80
<b>Tabla 29</b> Interpolación de marea referida al NMM para La Pampilla.....	81

<b>Tabla 30</b> Comparación de los valores mareográficos de La Pampilla.....	82
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Organigrama de Advíncula Ingenieros EIRL.....	16
<b>Figura 2</b> Ubicación general del proyecto.....	22
<b>Figura 3</b> Ubicación para el levantamiento hidro-oceanográfico en Playa Rio Seco (Chancay)..	23
<b>Figura 4</b> Ubicación para el levantamiento hidro-oceanográfico en Playa Chancayllo (Chancay).....	24
<b>Figura 5</b> Ubicación para el levantamiento hidro-oceanográfico en Playa Agua Dulce (Chancay).....	25
<b>Figura 6</b> Determinación de profundidades mediante técnicas de hidroacústica.....	28
<b>Figura 7</b> Geometría de un levantamiento monohaz.....	29
<b>Figura 8</b> Esquema del posicionamiento GPS con señal diferencial.....	31
<b>Figura 9</b> Visualización del levantamiento batimétrico .....	32
<b>Figura 10</b> Comprobación del sondaje con sondaleza.....	33
<b>Figura 11</b> Líneas planificadas para la batimetría .....	34
<b>Figura 12</b> Información de marea ingresada al software Hypack para corrección de sondajes....	35
<b>Figura 13</b> Esquema de los niveles de referencia mareográficos .....	36

<b>Figura 14</b> Equipo de flotadores con pértigas y cabos listos para estudio .....	38
<b>Figura 15</b> Flotadores (Boyas), son arrojados al mar dentro del área de estudio.....	39
<b>Figura 16</b> Flotadores (Boyas), son arrojados al mar con posicionamiento DGPS .....	39
<b>Figura 17</b> Programa Microsoft Excel con información de los derivadores . <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 18</b> Ubicación geográfica de las estaciones mareográficas para Chancay .....	42
<b>Figura 19</b> Ubicación geográfica de las estaciones mareográficas para Ancón.....	43
<b>Figura 20</b> Ubicación geográfica de las estaciones mareográficas para La Pampilla.....	43
<b>Figura 21</b> Registros horarios de mareas de Chimbote y Callao de la DIHIDRONAV, que figuran en el Centro del Nivel del Mar de la Universidad de Hawaii .....	45
<b>Figura 22</b> Predicciones de mareas de Chimbote, Chancay y Callao de enero-marzo 2023 .....	45
<b>Figura 23</b> Predicciones de mareas de Chimbote, Chancay y Callao de abril-junio 2023.....	46
<b>Figura 24</b> Predicciones de mareas de Chimbote, Chancay y Callao de julio-setiembre 2023 ....	46
<b>Figura 25</b> Predicciones de mareas de Chimbote, Chancay y Callao de octubre-diciembre 2023.....	47
<b>Figura 26</b> Gráfico de la Rosa de Corrientes marinas en Ancón.....	53
<b>Figura 27</b> Gráfico de la Rosa de Corrientes marinas en Chancay .....	58

<b>Figura 28</b> Gráfico de la Rosa de Corrientes marinas en Isla Palomino .....	61
<b>Figura 29</b> Gráfico de la Rosa de Corrientes marinas en La Pampilla.....	64
<b>Figura 30</b> Fórmula del coeficiente Courtier “F”.....	71

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo 1</b> Ubicación del Proyecto Zona de Chancay y Ancón.....	89
<b>Anexo 1</b> Zona de Callao y La Pampilla.....	90
<b>Anexo 2</b> Certificado de ecosonda.....	91
<b>Anexo 2</b> Certificado de GPS.....	93
<b>Anexo 3</b> Estaciones mareográficas de Chimbote y Callao.....	94
<b>Anexo 4</b> Plano Batimétrico B-2.....	95
<b>Anexo 4</b> Plano Batimétrico B-1.....	96
<b>Anexo 5</b> Plano Mediciones de Corrientes C-3 .....	97
<b>Anexo 5</b> Plano Mediciones de Corrientes C-4 .....	98
<b>Anexo 5</b> Plano Mediciones de Corrientes C-1 .....	99
<b>Anexo 5</b> Plano Mediciones de Corrientes C-2 .....	100

## RESUMEN

El presente informe detalla la trayectoria profesional del autor para adquirir información en el campo de la Hidrografía y Oceanografía, los cuales fueron necesarios para la empresa Refinería La Pampilla SAA (RELAPASAA). en la elaboración del Plan de Rehabilitación Ambiental tras el derrame de petróleo que contaminó el mar peruano en enero del 2022. Se realizó la adquisición de datos batimétricos, mareográficos y de corrientes marinas, desde Playa La Pampilla hasta Punta Salinas (Callao y Chancay) – Región Lima. El **objetivo** principal del estudio fue brindar a RELAPASAA una correcta información técnica respetando **metodologías**, análisis y procesamiento de la data que se obtuvo para el área solicitada. Se aplicaron lineamientos y normativas descritas en los términos de referencia (TDR), dando como **resultado** un modelo digital del terreno del fondo del mar, de corrientes marinas y de mareas en las áreas definidas por RELAPASAA. Se **concluye** que teniendo una adecuada planificación, supervisión y aplicación de la metodología para los trabajos Hidro-oceanográficos se optimizaron los recursos humanos y logísticos, generando un menor gasto operativo a favor de la empresa Advíncula Ingenieros EIRL. Por ende, se logró una información confiable, eficiente, así como la satisfacción al cliente.

*Palabras clave: hidrografía, oceanografía, plan de rehabilitación ambiental*

## ABSTRAC

This report details the author's professional career to acquire information in the field of Hydrography and Oceanography, which were necessary for the company Refinery La Pampilla SAA (RELAPASAA). in the preparation of the Environmental Rehabilitation Plan after the oil spill that contaminated the Peruvian sea in January 2022. The acquisition of bathymetric, tideographic and marine current data was carried out, from Playa La Pampilla to Punta Salinas (Callao and Chancay) – Lima Region. The main objective of the study was to provide RELAPASAA with correct technical information respecting methodologies, analysis and processing of the data obtained for the requested area. Guidelines and regulations described in the terms of reference (TDR) were applied, resulting in a digital model of the seabed terrain, marine currents and tides in the areas defined by RELAPASAA. It is concluded that having adequate planning, supervision, and application of the methodology for Hydro-oceanographic works, human and logistical resources were optimized, generating lower operating expenses in service of the company Advincula Ingenieros EIRL. Therefore, reliable, and efficient information was achieved, as well as customer satisfaction.

***Keywords: hydrography, oceanography, environmental rehabilitation plan***

## I. INTRODUCCIÓN

La batimetría se realiza para conocer valores de profundidad del agua con respecto a un nivel determinado, obteniendo la morfología del fondo mediante isóbatas. Se realiza para distintos fines, desde la construcción de estructuras, dragado de canales y para un sinnúmero de estudios científicos. Puede ser ejecutada mediante diferentes técnicas, utilizando ecosondas monohaz y multihaz. Colocando la sonda bajo la quilla o en los costados de una embarcación, permitiendo medir la distancia al fondo con ondas de sonido. Trabaja junto a un sistema GPS para obtener la ubicación exacta al momento de un levantamiento.

La correcta determinación de profundidad es una labor fundamental para un hidrógrafo, lo cual necesita del conocimiento específico del lugar, de la acústica submarina, de la variedad de los equipos disponibles para la medición de la profundidad, de los sensores necesarios para posicionamiento y las mediciones del cabeceo, así como los procedimientos correctos para lograr y cumplir con los estándares recomendados internacionalmente en la precisión y cobertura como lo indica la publicación de la Organización Hidrográfica Internacional S-44, OHI en su 6ta edición 2020.

El siguiente informe lleva el nombre de Levantamiento Batimétrico y Oceanográfico para elaboración del Plan de Rehabilitación Ambiental solicitado por Refinería La Pampilla, en el cual se detallan las metodologías para obtener la información necesaria de nuestro cliente. Los cuales nos permitirán obtener resultados positivos y fundamentales en las áreas determinadas por los términos de referencia (TDR), de este proyecto.

## 1.1 Trayectoria del autor

Mariano Francisco Sáenz Juárez, con Grado de Bachiller en Ingeniería Geográfica de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal, con 5 años de experiencia después de haber recibido el grado de Bachiller.

1. Experiencia laboral como jefe de operaciones offshore y shoreline en la Construcción del Nuevo Terminal Monoboya T-4 REPSOL (Refinería La Pampilla). Empresa: Geociencias Chile/Perú - 2018
2. Experiencia como jefe de proyecto en la adquisición geofísica para detección de elementos de fondeo – TRALSA - Callao. Empresa: Geociencias Chile/Perú -2018
3. Experiencia como operador hidrógrafo en el levantamiento geofísico del lecho lacustre, caracterización del área de emplazamiento para tendido de fibra óptica. (Lago Titicaca, sector Huiñaimarca) – Puno. Empresa: Geociencias Chile/Perú -2019
4. Experiencia como coordinador de proyectos en la empresa Advíncula Ingenieros E.I.R.L. desde el 2019 a la actualidad. A continuación, detallo los proyectos que he participado:
  - a) Levantamiento Batimétrico del Terminal Portuario Chimbote para Terminales del Perú - agosto de 2019.
  - b) Levantamiento Batimétrico para Muelle Municipal de Ilo - setiembre de 2019
  - c) Levantamiento Batimétrico para Instituto del Mar del Perú, IMARPE - noviembre de 2019.

- d) Levantamiento Batimétrico del Terminal Portuario Eten para Terminales del Perú - enero de 2020.
- e) Levantamiento Batimétrico en Pesquera Exalmar para tuberías y Chata, Tambo de Mora - Setiembre de 2020.
- f) Estudio Hidrográfico para Instalación de Boya de Señalización Náutica para el Emisor Submarino del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Paita, para FONDEPES, enero 2021.
- g) Levantamiento Batimétrico con Buzos, Determinación de Línea de Mas Alta Marea en Playa El Puerto y Playa Chorrillos, para Terminales Portuario Chancay, marzo 2021.
- h) Levantamiento Batimétrico en Río Urubamba, Las Malvinas-Camisea, para ENCOAS SAC., octubre 2021.
- i) Levantamiento Batimétrico y Topográfico, para la empresa GGM Abastecimientos y Servicios SAC. solicitado por Pesquera Diamante S. A., Callao diciembre 2022.
- j) Levantamiento Batimétrico y Mediciones de Corrientes Marinas, para la empresa DELIMAR SAC. solicitado por TEMA LITOCLEAN, Chancay-Callao mayo 2023.
- k) Estudio Hidrográfico para Reubicación de la Chata Cantabria, para Pesquera Cantabria S. A., Bahía Coishco Julio 2023.

## **1.2 Descripción de la empresa**

Advíncula Ingenieros E.I.R.L es una empresa peruana creada en el año 2018 inscrita, habilitada y homologada, por la Dirección de Hidrografía y Navegación (ver anexo), con una trayectoria consolidada y reconocida en el mercado. Cuenta con especialidad en trabajos Hidro-oceanográficos, topográficos, geodésicos y cartográficos a nivel de estudio, diseño y construcción, posee equipos de vanguardia que garantizan la realización de una óptima performance.

Advíncula Ingenieros E.I.R.L cuenta con el recurso más importante, profesionales con una amplia experiencia en el medio local y extranjero. De esta manera garantiza la inversión y satisfacción de sus clientes. Nuestra labor es reconocida porque cumplimos las normativas de seguridad en el trabajo, damos énfasis a los lineamientos necesarios para realizar diferentes tipos de estudios que tiene nuestra especialidad y aseguramos que las operaciones se realicen en armonía con el medio ambiente.

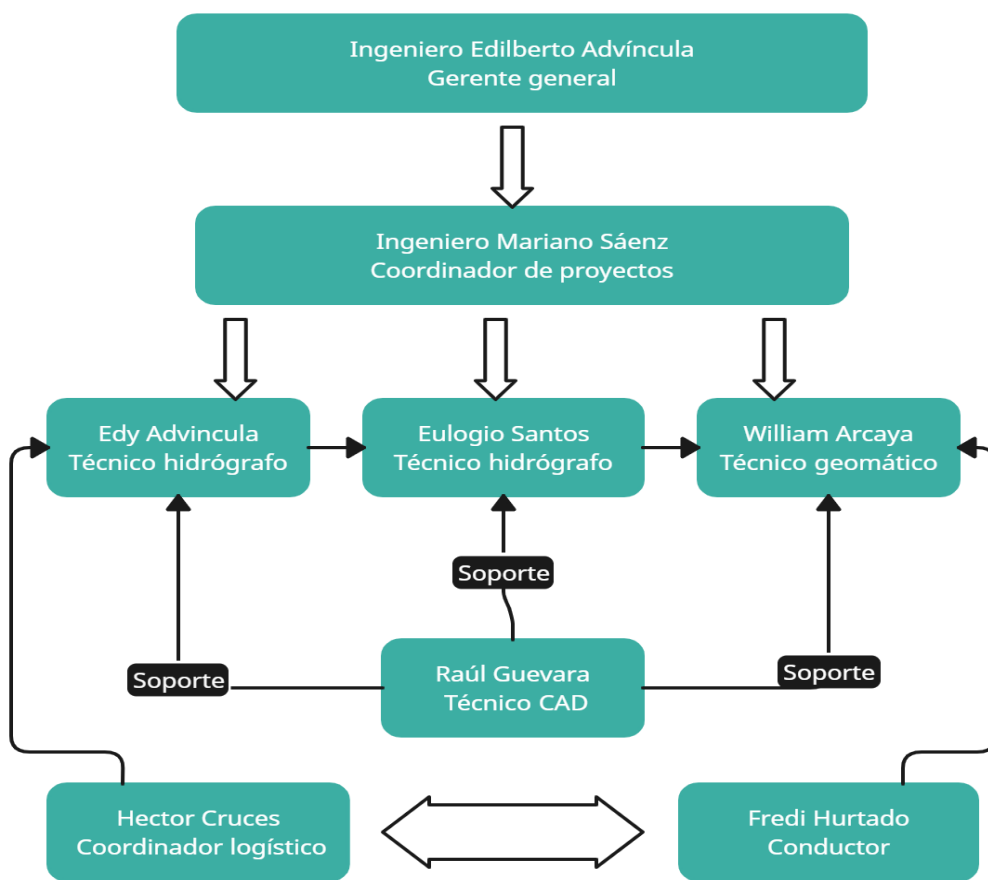
### 1.3 Organigrama de la empresa

Advíncula Ingenieros E.I.R.L se preocupa por mantener capacitado a su staff de profesionales los cuales integran: Ingenieros: Civil, Geógrafo y Geólogo. Técnicos: Hidrógrafo, Topógrafos, cartógrafos y auxiliares, los cuales cuentan con gran experiencia para ejecutar la planificación de manera eficaz y eficiente de los proyectos, Asimismo cuenta con dos movilidades para el traslado a las zonas de trabajo.

En la figura 1 se detalla el organigrama de Advíncula Ingenieros EIRL.

**Figura 1**

*Organigrama de Advíncula Ingenieros EIRL.*



## 1.4 Áreas y funciones desempeñadas

En las *tablas 1 y 2* se muestran las áreas y funciones desempeñadas para lo cual se detalla la siguiente información con la experiencia laboral del autor.

**Tabla 1 y 2**

### *Áreas y funciones desempeñadas*

<b>Áreas y funciones desempeñadas</b>	
Empresa	Advíncula Ingenieros EIRL
Tipo	Consultoría
Tiempo laboral	Agosto 2019 - Actualidad
Especialidad	Hidrografía, Oceanografía Topografía, Geodésia y Cartografía
Puesto	Coordinador de proyectos
Tiempo laboral	4 años y 3 meses
Funciones realizadas	Elaboración de propuestas técnicas y económicas Planificación de trabajos campo - gabinete Capacitar al personal involucrado en los proyectos Garantizar el uso adecuado de implementos de seguridad Brindar charlas de seguridad y simulacros Controlar la ejecución del proyecto Supervisar información recolectada en campo Control de calidad a entregables (Informe y planos) Reunión con el cliente y levantamiento de posibles observaciones
<b>Áreas y funciones desempeñadas</b>	
Empresa	Geociencias EIRL
Tipo	Consultoría e Ingeniería
Tiempo laboral	Setiembre 2018 - Julio 2019
Especialidad	Hidrografía, Oceanografía, Geofísica Topografía, Geodesia y Cartografía
Puesto	Jefe de proyectos
Tiempo laboral	11 meses
Funciones realizadas	Elaboración de propuestas técnicas y económicas Planificación de trabajos campo - gabinete Capacitar al personal involucrado en los proyectos Garantizar el uso adecuado de implementos de seguridad Brindar charlas de seguridad y simulacros Supervisar trabajos en mar y en línea de costa Controlar la ejecución del proyecto Supervisar información recolectada en campo Control de calidad a entregables (Informe y planos) Reunión con el cliente y levantamiento de posibles observaciones

## II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

El siguiente informe se elaboró tomando como base, los datos obtenidos durante la ejecución del proyecto Levantamiento batimétrico y oceanográfico para elaboración del plan de rehabilitación ambiental desde playa La Pampilla hasta Punta Salinas, Refinería La Pampilla – RELAPASAA. En esta actividad específica detallaremos los métodos empleados para el levantamiento batimétrico, de corrientes marinas y de mareas en las áreas descritas por los términos de referencia (TDR) entregados por el cliente. Así como los resultados obtenidos, recomendaciones y conclusiones para estas actividades.

### 2.1 Antecedentes del proyecto

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), organismo adscrito al Ministerio del Ambiente, solicitó a la empresa Refinería La Pampilla S.A.A. (RELAPASAA), realizar un plan de rehabilitación ambiental por el derrame de petróleo ocurrido el 15 de enero 2022. En tal sentido y por consideración de la empresa Litoclean, se contrata a Advíncula Ingenieros EIRL, empresa acreditada por la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) como empresa Hidro-Oceanográfica para que realice el servicio de Levantamiento batimétrico y oceanográfico.

Con la finalidad de cumplir el Decreto Supremo 039-2014-EM, Refinería la Pampilla se encuentra en la obligación de elaborar un Plan de Rehabilitación Ambiental, el cual deberá ser aprobado por el Ministerio de Energía y Minas. Para conocer algunas de las características del área de estudio del Plan de Rehabilitación es necesario describir los factores hidrográficos y oceanográficos. Se debe realizar un estudio de corrientes marinas tanto superficiales, subsuperficial como de fondo y para la batimetría monohaz del área de estudio se debe precisar la pendiente promedio o

inclinación del fondo marino. Obteniendo como resultados planos batimétricos, de corrientes marinas e información mareográficas para las zonas detalladas en el TDR.

## **2.2 Objetivos**

Los objetivos del presente informe son:

- a) Obtener información determinante en el ámbito de la hidrografía y oceanografía necesarios para la elaboración del plan de rehabilitación ambiental Refinería La Pampilla - RELAPASAA.
- b) Realizar el levantamiento de Ingeniería básica siguiendo los lineamientos y en las áreas detalladas entregada por el cliente en los términos de referencia.
- c) Plasmar como resultado un informe profesional de la especialidad, así como los planos necesarios para las áreas detalladas en los términos de referencia (TDR).
- d) Identificar y establecer el planeamiento necesario para optimizar recursos generando mayores ingresos económicos a la empresa Advíncula Ingenieros EIRL.

## **2.3 Definición de términos**

### **Batimetría**

Es la adquisición de superficies subacuáticas. Esto supone el estudio e investigación de los fondos como si fuera un terreno seco. Este tipo de estudio se aplica a los mares, lagos, embalses o cualquier tipo de superficie que contenga agua. Al igual que en los levantamientos topográficos y planimétricos, en la batimetría también se deben hallar las coordenadas XYZ, así se describirán los fondos y cualquier tipo de anomalía que pueda haber (Global Mediterránea Geomática, 2017).

### **Hidrografía**

Se define como una rama de las ciencias aplicadas, que se encarga de la descripción, estudio e identificación de las masas de agua que existen en el planeta. El término “Hidrografía” es designado para hacer mención global del conjunto de mares, lagos y aguas corrientes, que se encuentran presentes en áreas determinadas de un territorio, siendo común en el desarrollo de investigaciones relacionadas con el estudio del planeta y sus elementos subyacentes (Fibras y Normas de Colombia S.A.S, 2023).

### **Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO)**

Es el nivel de referencia hidrográfica o “nivel “0” de los sondajes y/o profundidades, valor al que están referidas las alturas que figuran en la Tabla de Mareas, así como, las cartas y portulanos; dichos valores han sido calculados en base a la data histórica de las Estaciones Mareográficas de la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), instalados a lo largo de nuestra costa, y que incluye un ciclo nodal lunar de 19 años (DHN – 2022).

## **Oceanografía**

Es la ciencia que estudia todos los procesos físicos, químicos y biológicos que se dan en los ríos, lagos, mares, océanos y cualquier espacio del mundo acuático de la Tierra (Masmar, 2013).

## **Plan de rehabilitación ambiental**

Instrumento de Gestión Ambiental Complementario dirigido a recuperar uno o varios elementos o funciones alteradas del ecosistema después de su exposición a los impactos ambientales negativos que no pudieron ser evitados o prevenidos, ni reducidos, mitigados o corregidos (Decreto Supremo N° 039-2014-EM).

## **Sonda bajo quilla**

Distancia entre el punto más bajo del casco de la embarcación y el fondo marino, lecho del río, etc (Normas de la Organización Hidrográfica Internacional para los Levantamientos Hidrográficos S-44 Edición 6.0.0, 2020).

## **Términos de Referencia**

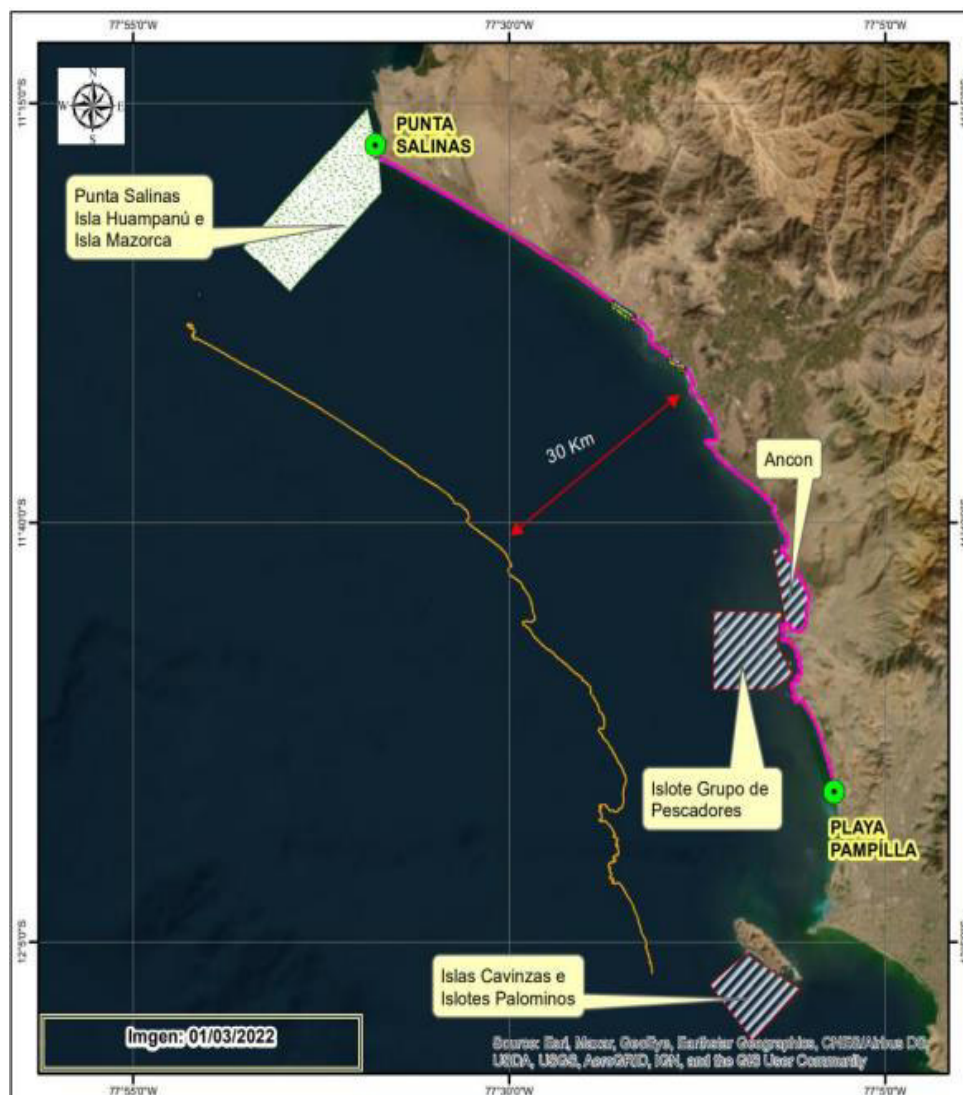
Descripción elaborada por la entidad de las características técnicas y de las condiciones en que se ejecutará la prestación de servicios y de consultoría (OSCE, 2013).

## 2.4 Ubicación del proyecto

El estudio Hidro-oceanográfico abarca desde Playa La Pampilla a Punta Salinas, Región Lima y cuyo gráfico se muestra en la Figura 2. (Véase Anexo 1).

**Figura 2**

*Ubicación general del proyecto*



Nota. Plano elaborado por empresa Tema Litoclean en TDR

### 2.4.1 Áreas para batimetría y medición de corrientes marinas

**Figura 3**

Ubicación para el levantamiento hidro-oceanográfico en Playa Río Seco (Chancay)



Nota. Cuadro de coordenadas en tabla 3, plano elaborado por Tema Litoclean

**Tabla 3**

Coordenadas Geográficas y UTM del área para levantamiento de Playa Río Seco.

Lugar				
Playa Río Seco				
ID	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	Norte	Este
1	11°26'51.77"S	77°23'7.71"O	8733440.439	239733.4495
2	11°27'5.10"S	77°23'17.15"O	8733028.397	239450.2149
3	11°28'1.01"S	77°21'50.23"O	8731331.297	242100.7372
4	11°27'47.69"S	77°21'40.78"O	8731743.339	242383.9718

**Figura 4**

*Ubicación para el levantamiento hidro-oceanográfico en Playa Chancayllo (Chancay).*



Nota. Cuadro de coordenadas en tabla 4, plano elaborado por Tema Litoclean

**Tabla 4**

*Coordenadas Geográficas y UTM del área para levantamiento en Playa Chancayllo (Chancay).*

Lugar		Playa Chancayllo		
ID	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM-WGS84	
	Latitud	Longitud	Norte	Este
5	11°30'9.31"S	77°19'13.95"O	8727426.604	246870.8915
6	11°30'21.98"S	77°19'24.25"O	8727034.103	246561.1448
7	11°30'47.08"S	77°18'49.42"O	8726271.301	247623.9252
8	11°30'34.40"S	77°18'39.09"O	8726663.802	247933.6719

**Figura 5**

*Ubicación para el levantamiento hidro-oceanográfico en Playa Agua Dulce (Chancay).*



Nota. Cuadro de coordenadas en tabla 5, plano elaborado por Tema Litoclean.

**Tabla 5**

*Coordenadas Geográficas y UTM del área para levantamiento en Playa Agua Dulce (Chancay)*

Lugar	Playa Agua Dulce			
ID	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM-WGS84	
	Latitud	Longitud	Norte	Este
7	11°30'47.08"S	77°18'49.42"O	8726271.301	247623.9252
8	11°30'34.40"S	77°18'39.09"O	8726663.802	247933.6719
9	11°31'2.48"S	77°18'31.18"O	8725802.746	248180.3207
10	11°30'49.69"S	77°18'19.36"O	8726198.376	248535.0513

## **2.5 Recursos y equipos**

### **2.5.1 *Recursos Humanos***

- a) Perito Hidrográfico, Juvenal Ponce de León.
- b) Ingeniero Geógrafo, Edilberto Advíncula Huerto.
- c) Ingeniero Civil, David Advíncula Quispe.
- d) Bachiller Geógrafo, Mariano Sáenz Juárez.
- e) Hidrógrafo, Edy Advíncula Quispe.
- f) Técnico Hidrógrafo, William Arcayo Alvarado.

### **2.5.2 *Equipos Hidrográficos y topográficos***

- a) Una Ecosonda Hidrográfica Digital SyQwest modelo Bathy 500-MF.
- b) Un Transductor montado de forma lateral de la embarcación.
- c) DGPS Hemisphere modelo A222 con señal diferencial Atlas H50.
- d) Kit completo de flotadores (Boyas) para medición de corrientes marinas.

### **2.5.3 *Equipos y Software para procesamiento de datos***

- a) Software de Dibujo Vectorial AutoCAD 2020.
- b) AutoCAD Civil 3D Land Desktop Companion 2020.
- c) Software Hidrográfico Hypack Versión 2018.
- d) Tres laptops con el Software Hypack 2018.

#### **2.5.4 Equipos fundamentales para el servicio**

- a) Una Plancheta de metal (sondaleza de mano que cuenta con un cable graduado).
- b) Dos baterías para suministrar energía a los equipos.
- c) Chalecos salvavidas, zapatos punta de acero y equipos de protección personal (EPP).

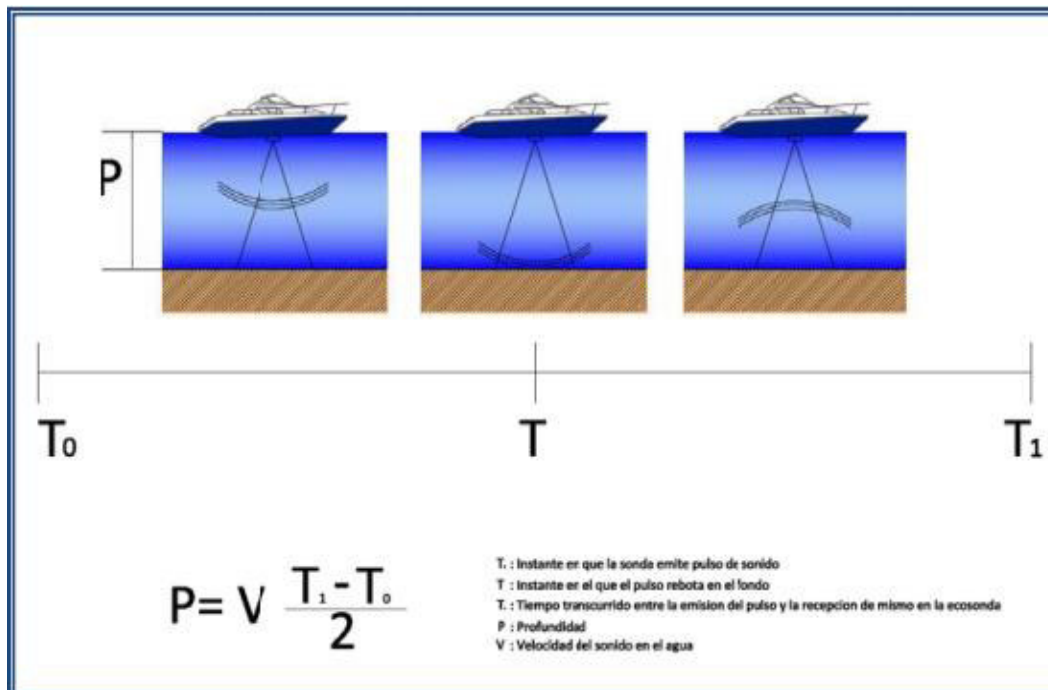
#### **2.6 Metodología para realizar un levantamiento batimétrico**

Para la definición de la topografía del fondo marino en la zona de estudio, se realizó a petición del cliente, un levantamiento batimétrico mediante tecnología monohaz. De acuerdo con las necesidades del proyecto, lo establecido en los términos de referencia, y las condiciones del mar, se prepararon previo al embarque, las líneas que se seguirán durante el trabajo de campo para la adquisición de los datos.

El levantamiento batimétrico con ecosondas se basa en la facilidad de propagación de pulsos acústico en recorrer la distancia comprendida entre el transductor y el fondo, y conociendo la velocidad de propagación del sonido en ese medio, puede obtenerse el valor de la profundidad (véase figura 6). Gracias al sistema GPS y midiendo offset entre los diferentes elementos del sistema es posible determinar el valor de la profundidad. A continuación, se ilustra el principio de funcionamiento de un sistema acústico para la determinación de la profundidad.

**Figura 6**

*Determinación de profundidades mediante técnicas de hidroacústica.*



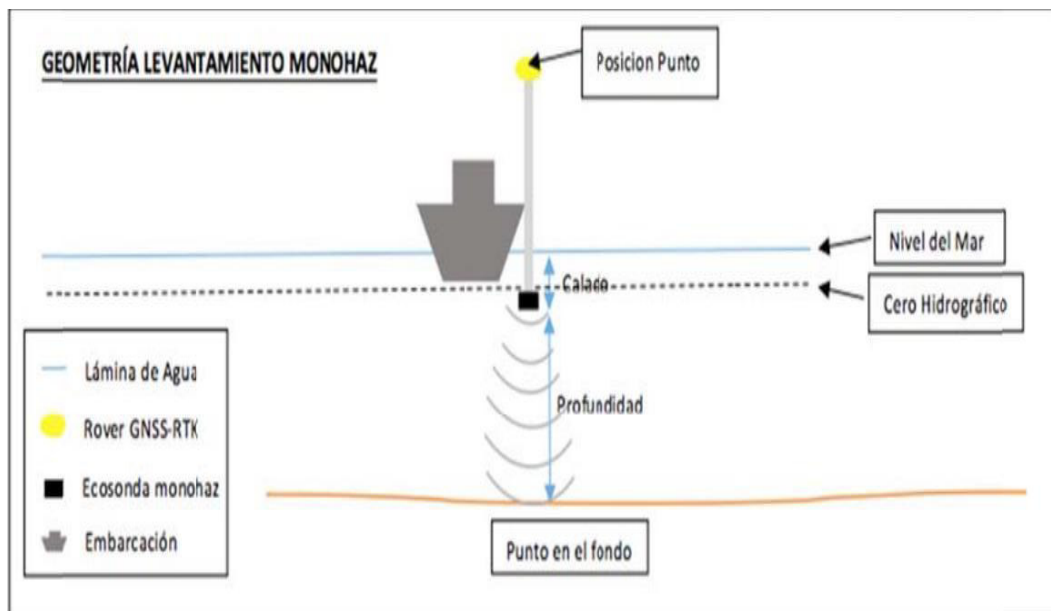
La ecosonda monohaz está compuesta por dos partes principales, la ecosonda (parte seca), y el transductor (parte mojada). La ecosonda actúa como interfaz entre el operador y el transductor, que es el encargado de emitir las ondas acústicas que servirán para obtener las profundidades- En este caso se usó un ecosonda Hidrográfica Digital SyQwest modelo Bathy 500-MF. Estos equipos llevan periódicamente un mantenimiento y un chequeo preventivo para garantizar su óptimo funcionamiento. Ver certificado de calibración (Anexo 2).

En este caso, el levantamiento batimétrico se realizó integrando un ecosonda monohaz con el sistema de posicionamiento GPS Hemisphere modelo A222 con receptor de señal Diferencial. La integración de los distintos sensores mediante el software de adquisición Hypack 2018 permite determinar las profundidades del lecho marino cubierto por agua.

A continuación, se muestra la Figura 7 que ilustra el proceso de medición de las profundidades para la determinación de la batimetría del fondo marino.

### Figura 7

*Geometría de un levantamiento monohaz*



#### 2.6.1 Instalación e integración de equipos

Para integrar la información procedente de los distintos sensores (GPS y ecosonda monohaz), es necesario el uso de una laptop desde la que monitorizan todos los sistemas gracias al software de adquisición y procesamiento Hypack 2018.

La ecosonda monohaz y todos sus periféricos fueron instalados sobre la embarcación. Para esto se emplearon un tubo y una estructura de acero especialmente diseñados para este propósito, y cabos para la maniobra de amarre del tubo a la embarcación. El tubo de acero con el transductor en un extremo y el sistema de posicionamiento en el otro debe ser instalado de manera precisa cuidando asegurar la verticalidad de este. Una vez aprobada la posición del sistema conjunto deben

tomar medidas precisas del calado del transductor. El calado es la distancia comprendida entre el nivel del agua y el transductor sumergido.

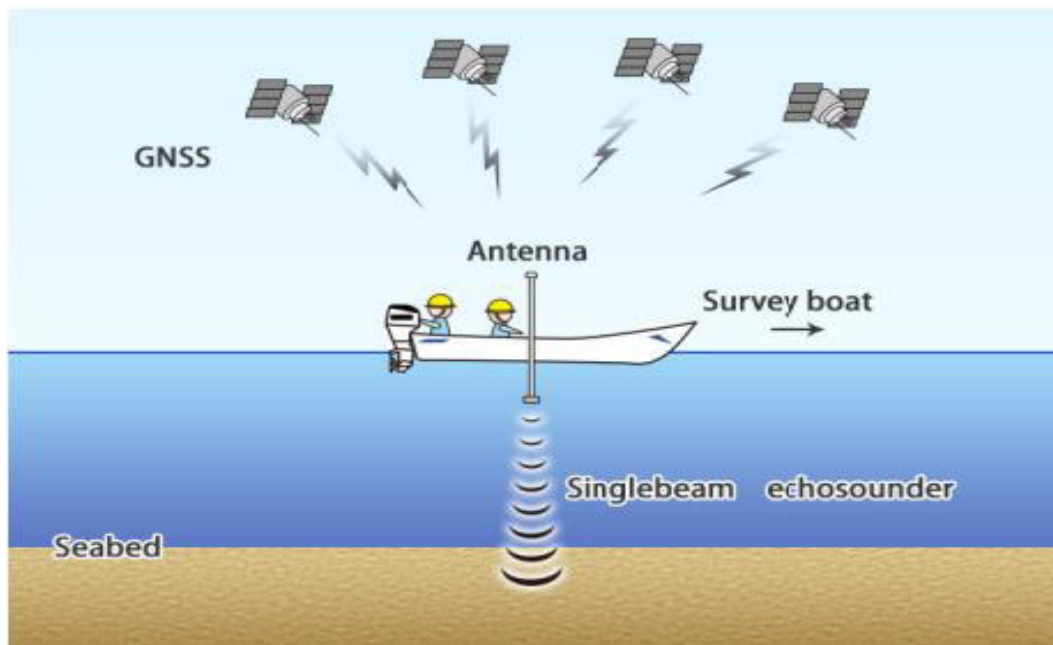
### **2.6.2 *Posicionamiento de la embarcación***

Consiste en la instalación de un Sistema Diferencial de Posicionamiento Satelital (DGPS), con señal diferencial en la parte superior del tubo que porta el transductor, este equipo suministra a un computador la posición permanente de la embarcación, siendo recopilada y almacenada por el software hidrográfico Hypack 2018 (Figura 8). En esta oportunidad se utilizó el DGPS Hemisphere modelo A222 con receptor de señal Diferencial, obteniendo una alta precisión con acceso a la Señal Diferencial Atlas H50, con un error menor a 1 m. en tiempo real.

Se genera mediante un software que utiliza algoritmos para hacer correcciones que serán actualizadas durante el movimiento del receptor siempre y cuando se tenga una cobertura de satélites. Esto significa que siempre se tendrá errores no deseados, pero serán mínimos, las precisiones exigidas para estos estudios serán de muy alta calidad. Es fundamental utilizar un equipo que se encuentre calibrado y certificado para garantizar un buen funcionamiento y que la adquisición sea la correcta. Ver certificado de funcionamiento del GPS (Anexo 2).

**Figura 8**

Esquema del posicionamiento GPS con señal diferencial.



### 2.6.3 Medición y registro de profundidades

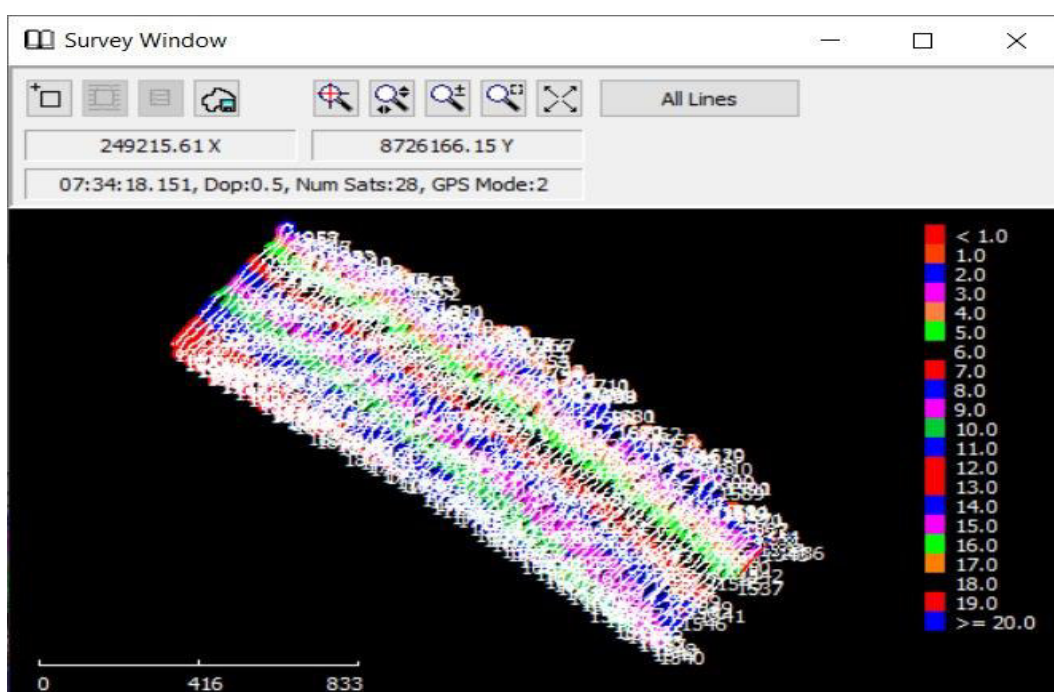
Para obtener los valores de las profundidades en las áreas de estudio se utilizó una ecosonda Monohaz de marca SyQwest modelo Bathy 500-MF, esta ecosonda garantiza el registro de los sondajes de forma continua y con la calidad necesaria, toda esta información va directamente al ordenador (Laptop) que contiene el Software Hypack 2018. Los datos de profundidad calculados se transcriben a un papel de forma instantánea de manera que de una forma rápida y precisa puede identificarse una sonda en el rollo de papel térmico con su correspondiente valor digital y viceversa. Al ser estos datos inalterables, se usan para corregir cualquier tipo de ruido registrado por el sondador digital.

Una vez el software recibe todos los datos desde los distintos equipos, el patrón debe seguir el proyecto de líneas planificadas y gobernar la embarcación ayudado por las indicaciones

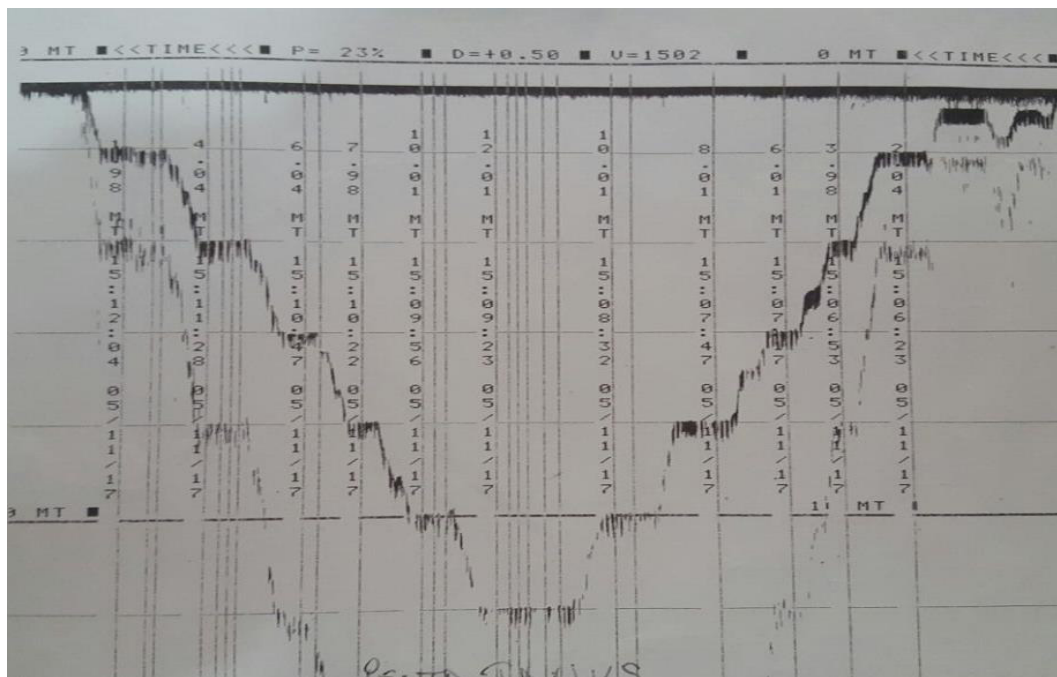
de la pantalla del ordenador (Figura 9), que le va mostrando, por medio de alarmas visuales y sonoras, cuándo se separa de la línea más de una cantidad especificada, y también cuándo existe algún problema en alguno de los equipos, como podría ser la pérdida de correcciones diferenciales.

### Figura 9

*Visualización del levantamiento batimétrico.*



Con el fin de calibrar la ecosonda y de comprobar su correcto funcionamiento se realiza una comparación entre la profundidad medida por la ecosonda y la que se registra por la inmersión de una plancheta de metal (sondaleza), la cual tiene un cable con medidas ya distribuidas a lo largo de la misma. De esta forma se realiza en el equipo una gráfica del fondo medido sobre la sondaleza y se muestra como una forma de escalera. Es muy importante este procedimiento, y quedará registrado en el ecograma (papel térmico de la ecosonda), tal como muestra la Figura 10.

**Figura 10***Comprobación del sondaje con sondaleza*

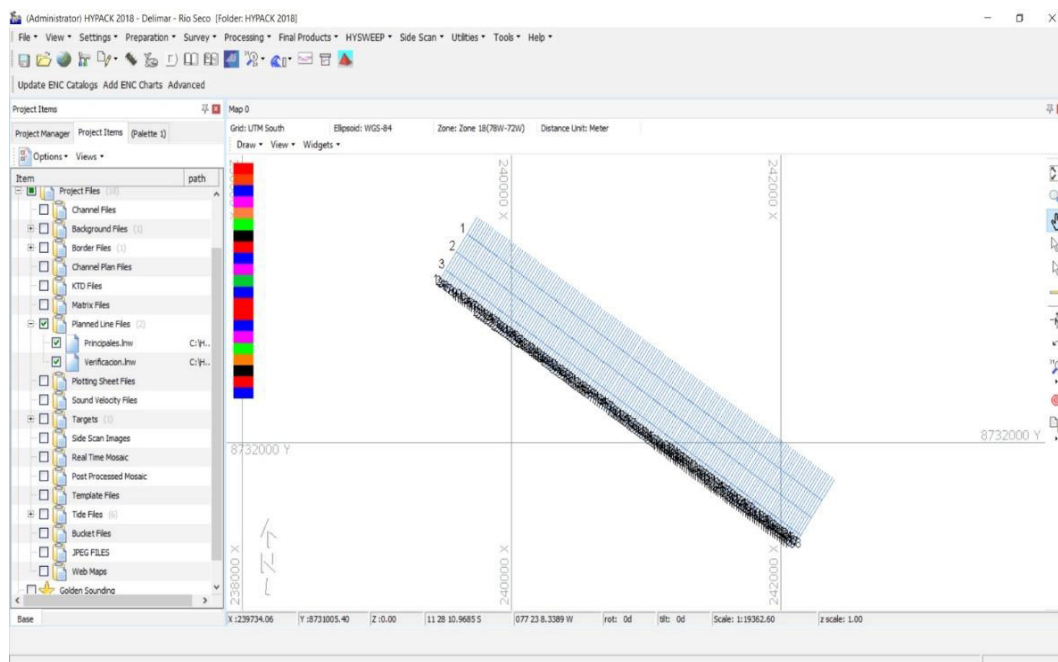
#### 2.6.4 Separación entre líneas de sondaje

Previo comienzo de las tareas de levantamientos se estableció el plan de líneas de acuerdo con las directrices establecidas por el cliente. Para realizar este levantamiento se consideró el área de trabajo y fue determinante cumplir los siguientes requisitos:

- a) Las líneas principales para este proyecto se realizaron de manera perpendicular a la costa con una misma distancia de 20m.
- b) Las líneas para verificar fueron cada 140 metros perpendiculares a las líneas principales (Figura 11).

**Figura 11**

*Líneas planificadas para la batimetría.*



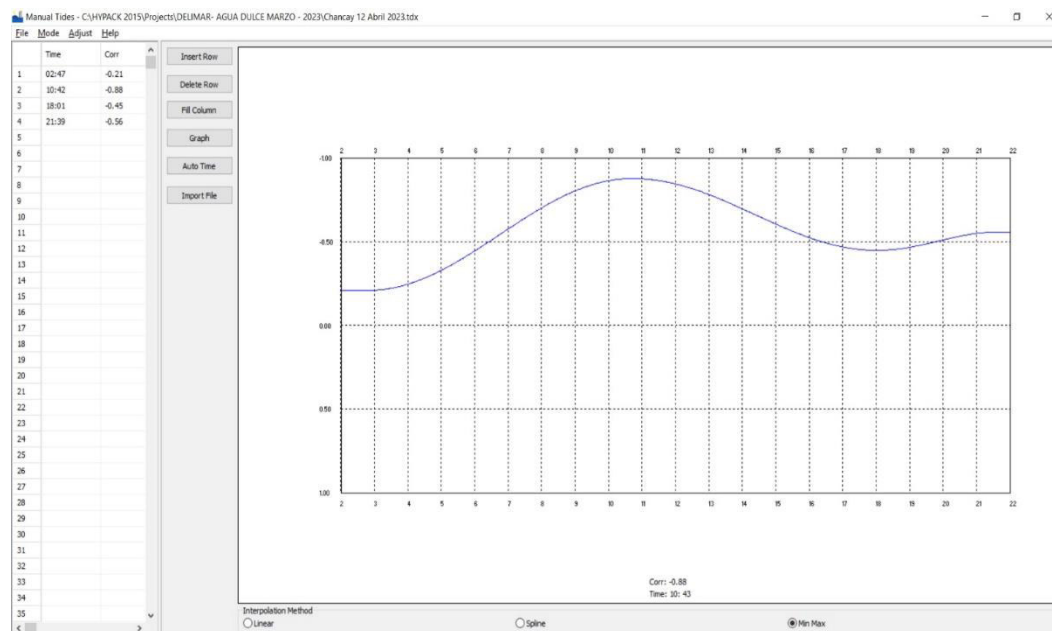
### 2.6.5 Reducción de sondajes

Para ajustar los sondajes obtenidos de la ecosonda durante el levantamiento batimétrico se realizaron mediante dos tipos de reducción:

- a) *Por inmersión del transductor*, se refiere al incremento que se le da a cada valor registrado debido a la distancia del transducer con respecto a la superficie. En este estudio se estableció 0.40 m. por debajo del calado.
- b) *Por marea*, es el ajuste que se le hace al valor medido por la diferencia de la marea en el tiempo que dura la adquisición de datos a la ecosonda. (Ver Figura 12).

## Figura 12

*Información de marea ingresada al software Hypack para corrección de sondajes*



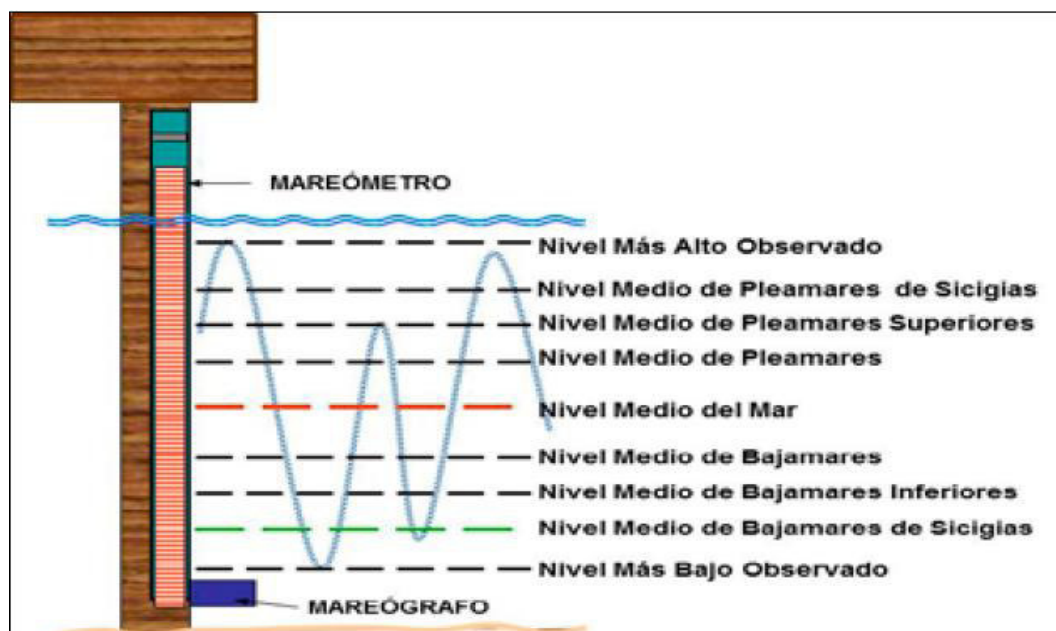
### 2.6.6 Nivel de reducción

En el océano, el nivel de agua con respecto al fondo marino no es constante, sino que cambia con el transcurso de las horas. Esta variación se da por efecto de atracción de la luna, el sol y la tierra, llamando a este fenómeno como marea. Para la batimetría se requiere adoptar un nivel de referencia que sirva para ajustar las mediciones de sondajes (registros de profundidad medidos por el ecosonda), se sobreentiende que un levantamiento batimétrico se ejecuta en distintas horas y días, por lo tanto, la cantidad de agua sobre el fondo es variable.

Los mareógrafos instalados en el litoral peruano permiten conocer los niveles medios del mar (Figura 13), con los cuales se obtienen las cotas de nivel, lo que permite conocer un nivel de referencia utilizado internacionalmente y que se aplica en toda la Cartografía Náutica Nacional, a este nivel se le denomina como “*El Nivel Medio de Bajamares y Sicigias Ordinarias*” (NMBSO).

**Figura 13**

Esquema de los niveles de referencia mareográficos.



Nota. HIDRONAV-5172, 2013

## 2.7 Metodología para realizar una medición de corrientes marinas

En nuestro litoral predomina el sistema de corrientes del Perú. La corriente marina del Perú tiene como dirección al norte y se traslada por toda la costa, sigue la forma de los accidentes costeros y las curvas batimétricas de la plataforma continental. Por otro lado, tenemos otra corriente marina que se genera por el oleaje, esta al aproximarse a la costa con dirección Sur – Suroeste, ocasiona las corrientes litorales siendo las más importantes en el proceso natural en el cual se transportan los sedimentos. Dicha corriente posee una dirección general hacia el norte, siguiendo la dirección predominante Sur – Norte del sistema de corrientes costeras en el litoral peruano. Pero debemos tener en cuenta que dentro de una bahía el sistema de corrientes está expuesta a factores como la marea, la batimetría próxima a la bahía, los vientos locales, entre otros. Ocasionalmente que las corrientes en su interior no sean constantes y resulten difíciles de

conocer, por otro lado, es importante diferenciar los períodos de circulación que se van a manifestar sobre todo en las estaciones de invierno y verano, en períodos de mareas ascendentes y descendentes.

Hay que denotar que en el invierno los vientos alisios son más intensos, ocasionando que el sistema de corrientes del Perú que se va hacia el Norte, y sobre todo la corriente costera peruana, como el oleaje será intenso y por ende la dirección Norte va a predominar en las regiones de la costa. Pero la influencia de la marea que procede del norte origina que, en áreas estrechas haya cambios en la circulación entre las pleamares y bajamares.

Los vientos de procedencia local, según la experiencia que se tiene en trabajos realizados en la costa sur de nuestro litoral, no arrojan una relación con la circulación superficial, por ende, su influencia es insignificativa. No hay que descartar que cuando se tiene vientos fuertes o ráfagas se tenga alguna influencia, aunque en términos generales no es significativa.

Para efectuar las mediciones de las corrientes marinas utilizamos el método directo de Lagrange con el fin de tener registros de dirección y velocidad de las corrientes marinas en la zona de interés, se realizaron mediciones para diferentes estados de marea, en los que se ha podido observar un patrón de circulación en las áreas del presente servicio.

En este estudio se realizó mediante el uso de boyas (Figura 14) los cuales se soltaron a la deriva, los cuales cada uno deberá estar compuesto de una boya o banderola de color, ubicada sobre la superficie del mar y unida a una pértiga posicionada a un metro bajo la superficie del mar; para el caso de las corrientes superficiales; mientras que para las subsuperficiales la pértiga debe estar unida al flotador mediante un cabo cuya longitud sea los  $\frac{2}{3}$  de la profundidad predominante en la zona.

**Figura 14**

*Equipo de flotadores con pértigas y cabos listos para estudio.*



Desde la embarcación se lanzan flotadores (boyas) al mar (Figura 15) con sus respectivas pértigas a la deriva, los flotadores estarán distribuidos en una línea a cada 100 a 500 metros hasta cubrir el área de estudio, para ello se debe en criterio las dimensiones del área de trabajo.

**Figura 15**

*Flotadores (Boyas), son arrojados al mar dentro del área de estudio.*



Los flotadores fueron observados por un determinado tiempo se controló la posición de este, haciendo uso de un DGPS Marca Hemisphere Modelo A222 con señal diferencial Atlas H50 (Figura 16), conectado a una laptop y mediante el software Hidrográfico Hypack versión 2018 se almacena la información obtenida.

**Figura 16**

*Flotadores (Boyas), son arrojados al mar con posicionamiento DGPS.*



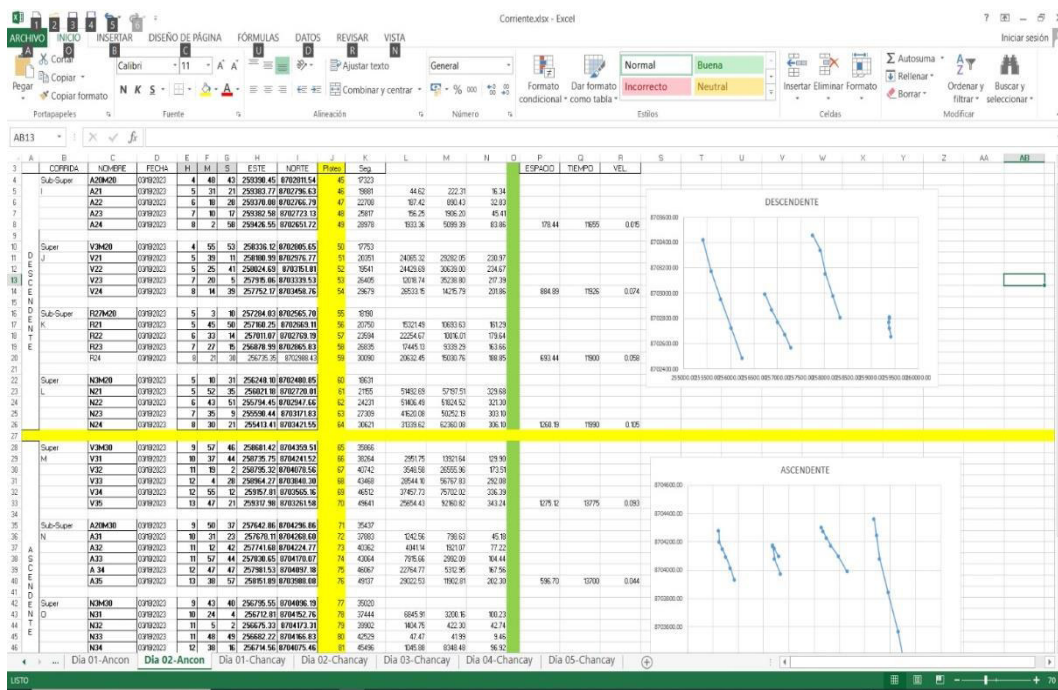
Estas mediciones se realizaron en etapas de marea descendente y ascendente, teniendo en cuenta los pronósticos publicados en la Tabla de Mareas del 2023 por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina (DHN), para el puerto correspondiente a la zona de estudio.

### 2.7.1 Procesamiento de información de las corrientes marinas

Se procede a clasificar la información obtenida en cada corrida, la medición nos arrojará los parámetros de velocidad y dirección para cada una de estas. Mediante el software Hypack y el módulo Target se procede con la descarga de información de campo (Coordenadas de la posición de los flotadores). Utilizaremos el programa Microsoft Excel (Figura 17), para realizar cálculos de velocidad y dirección entre las posiciones medidas para luego promediarlos, de tal manera que se pueda determinar estos parámetros para cada corrida.

Figura 17

Programa Microsoft Excel con información de los derivadores.



Finalmente, toda esta información se exportará al programa AUTOCAD con el cual se elaborará el plano correspondiente, a la vez se verifica en forma gráfica el valor obtenido para la dirección de las corrientes; pudiendo ocasionar más de un valor en el caso que la trayectoria del flotador no haya seguido un mismo rumbo.

## **2.8 Metodología para realizar una medición de mareas**

Para la determinación de las características de la marea en las zonas de estudio, se ha utilizado la información mareográfica que dispone la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHN), específicamente la información registrada por las estaciones de Chimbote, Callao y las predicciones de Chancay. Siendo estas estaciones las más cercanas al área de interés.

El procesamiento de la información mareográfica, obedece las especificaciones contenidas en la Norma Técnica Hidrográfica N° 43, Manual de Procedimientos para Estudios de Mareas, (Hidronav, 5172), que contempla las especificaciones dadas por los organismos internacionales especializadas en este tema, como son, el Servicio Permanente del Nivel Medio del Mar (PSMSL) y el Sistema Global de Observación del Nivel del Mar (GLOSS), ambos programas de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO.

### ***2.8.1 Determinación de marea para las zonas de estudio***

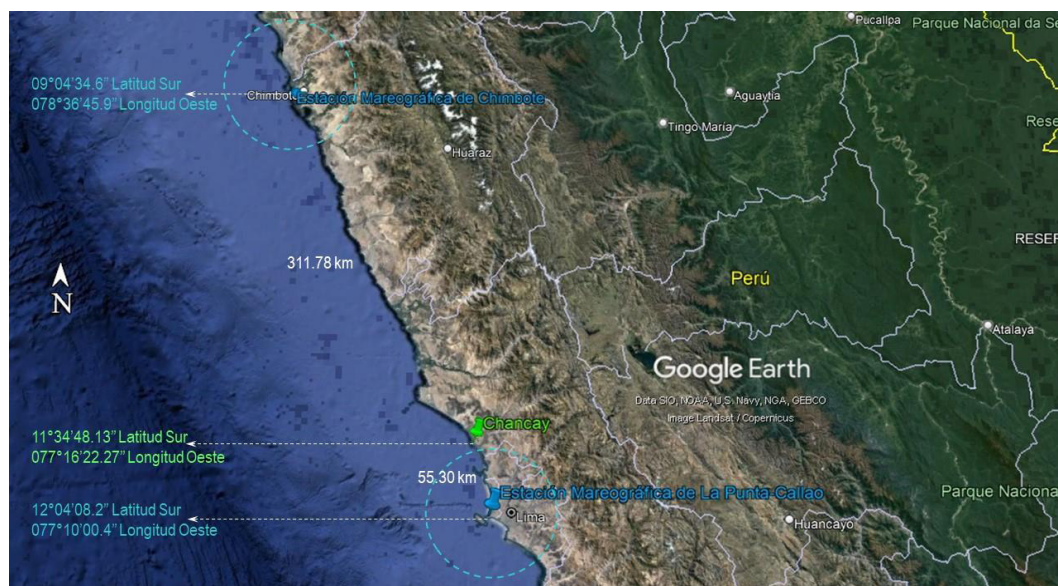
Para las zonas de Chancay, Ancón y La Pampilla las cuales no cuentan con una estación mareográfica en el lugar, se utiliza la metodología estándar de interpolación lineal y correlación por ubicación geográfica (latitud y longitud), entre las estaciones mareográficas más próximas, como son las estaciones de Chimbote y Callao, que administra la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHN).

Dichas estaciones, están compuestas por sensores medidores del nivel del mar automáticos del tipo radar, instaladas a mediados del 2010. La estación de Chimbote se encuentra instalada en el Muelle 2 de la Empresa Nacional de Puertos (ENAPU), en la bahía y distrito del mismo nombre, provincia del Santa, departamento de Ancash, en las coordenadas:  $09^{\circ}04'34.61''$  de latitud Sur y  $078^{\circ}36'45.85''$  de longitud Oeste; mientras que, la estación del Callao se ubica en el espigón norte de la Escuela Naval, que pertenece al distrito de La Punta, provincia Constitucional del Callao, departamento de Lima; y geográficamente ubicada en las coordenadas:  $12^{\circ}03'55''$  de latitud Sur y  $077^{\circ}09'52''$  de longitud Oeste.

A continuación, se muestra (figura 18) la ubicación de las áreas de interés, respecto a las estaciones mareográficas cercanas, así como las distancias que existen para el cálculo de las interpolaciones de alturas o cotas (figura 18,19 y 20). También se muestran las imágenes de las estaciones mareográficas de Chimbote y Callao (Anexo 3), obtenidas de la página web de la Dirección de Hidrografía y Navegación ([www.naylamp.dhn.mil.pe/dhn/est\\_mareograficas](http://www.naylamp.dhn.mil.pe/dhn/est_mareograficas)).

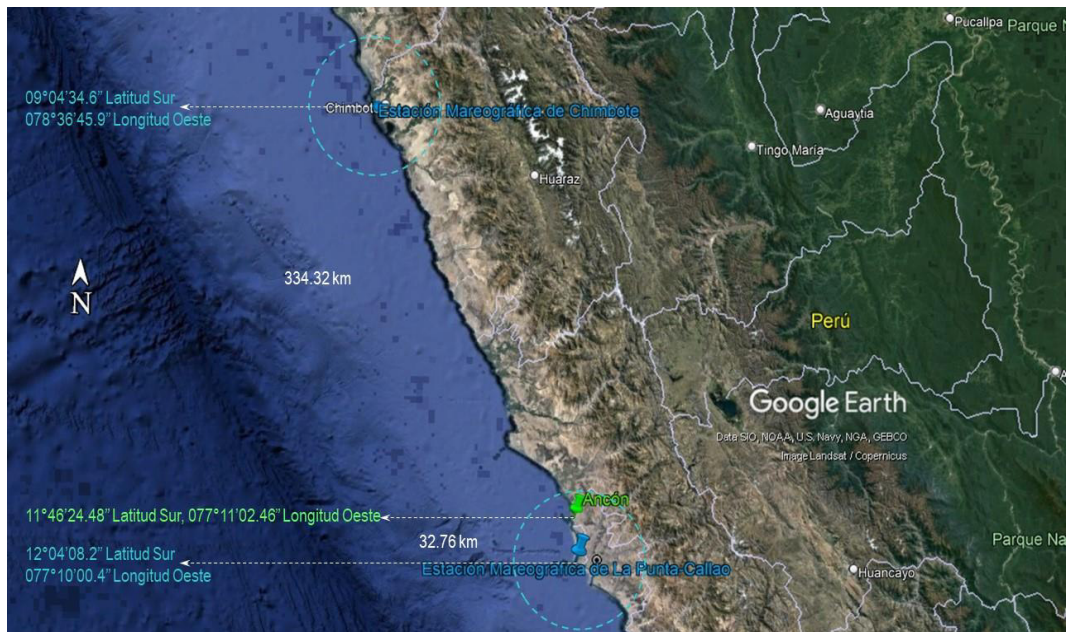
### Figura 18

*Ubicación geográfica de las estaciones mareográficas para Chancay.*

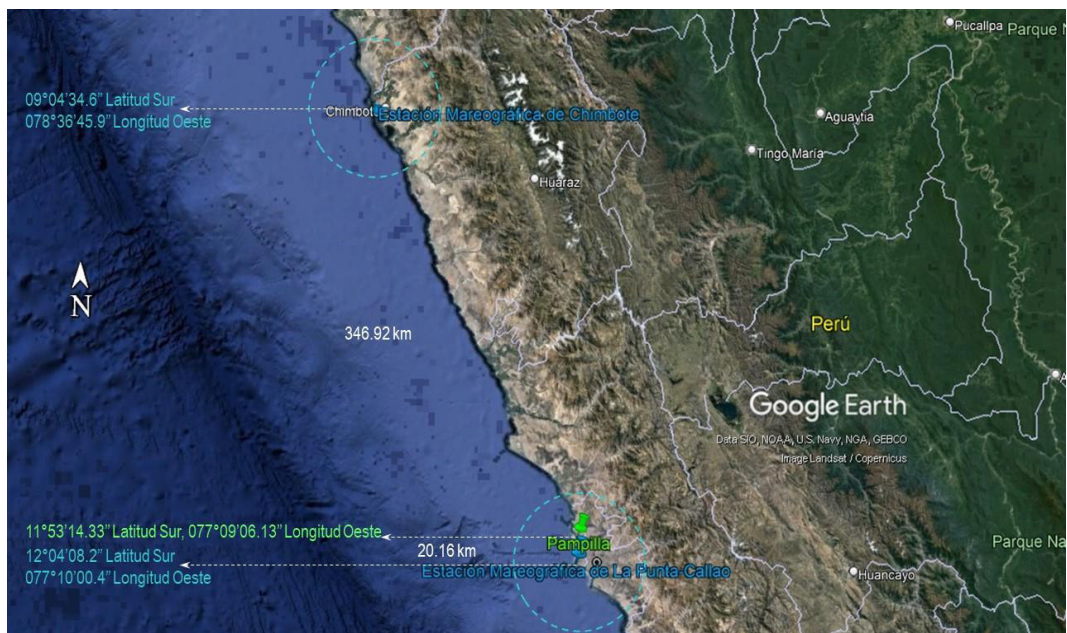


**Figura 19**

*Ubicación geográfica de las estaciones mareográficas para Ancón.*

**Figura 20**

*Ubicación geográfica de las estaciones mareográficas para La Pampilla.*



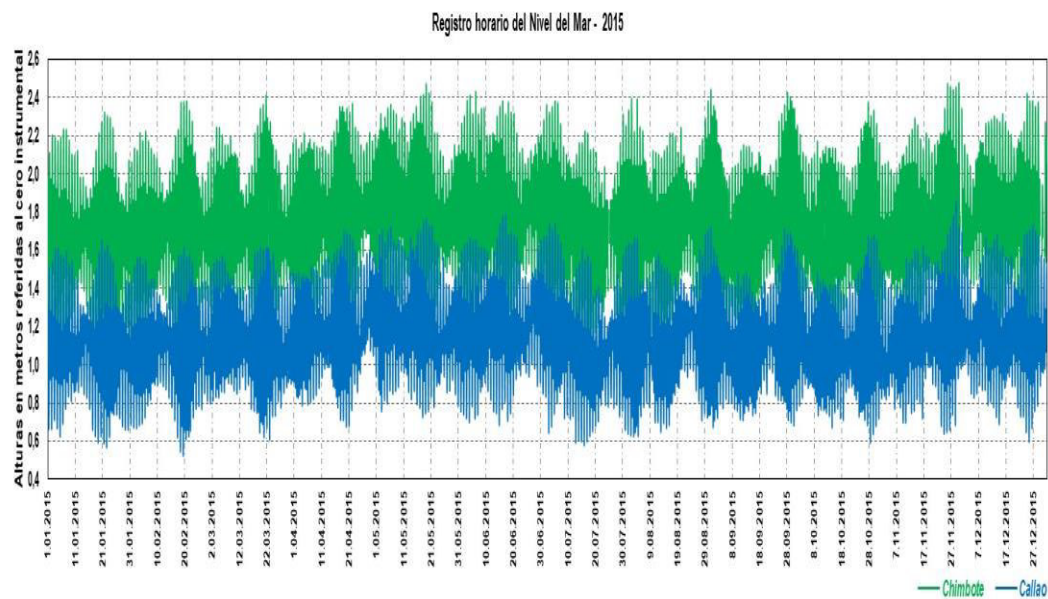
Respecto a la obtención de las amplitudes de marea y niveles de referencia para las zonas de estudio se emplean los datos de horarios mareográficos en metros, referidos a sus ceros instrumentales de las estaciones de Chimbote y Callao del año 2015 (figura 21). Se encuentran disponibles libremente en la base de datos del Centro del Nivel del Mar de la Universidad de Hawai –UHSLC (<https://uhslc.soest.hawaii.edu/network/> en <ftp://ftp.soest.hawaii.edu/uhslc/rqds>), así como los niveles de referencia mareográficos de Chimbote y Callao que son proporcionadas por la Dirección de Hidrografía y Navegación, mediante carta de fecha 27/04/2023.

Esta data consta de un ciclo nodal lunar de acuerdo con lo indicado en la Norma Técnica N° 45 sobre la Elaboración de Estudios Hidro-Oceanográficos (DHN) que considera la determinación de estos valores en base a una estadística de información mareográfica de un año como mínimo, para la realización de la interpolación por distancia.

Asimismo, se han empleado las predicciones de mareas para el puerto de Chancay, Chimbote y Callao de todo el año 2023, alturas en metros referidas al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO), graficadas en periodos de 3 meses cada una (Figura 22,23,24 y 25), como muestra la Tabla de Mareas 2023 en la publicación HIDRONAV-5023.

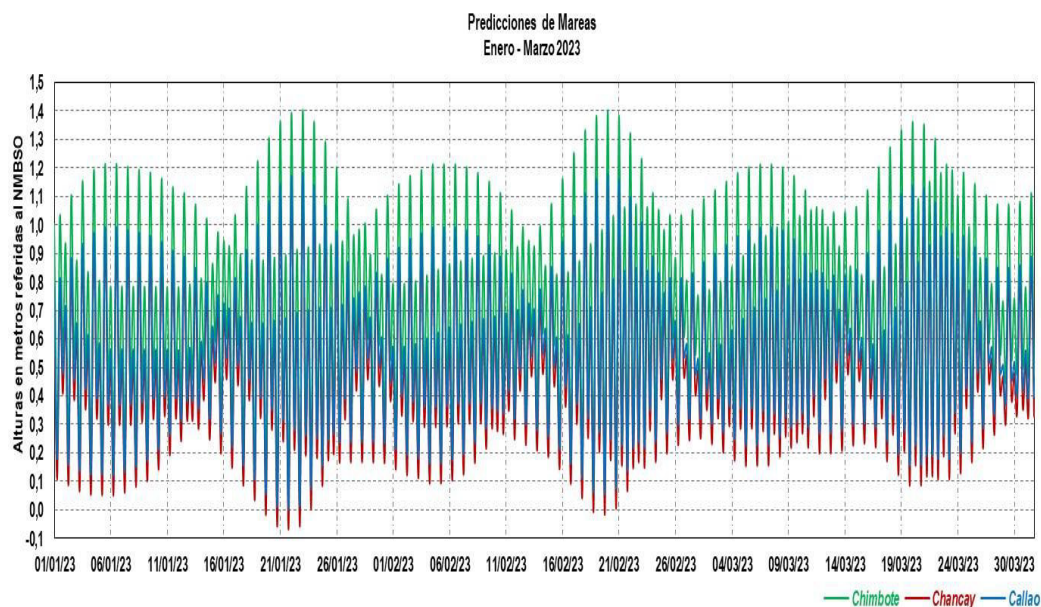
**Figura 21**

*Registros horarios de mareas de Chimbote y Callao de la DIHIDRONAV, que figuran en el Centro del Nivel del Mar de la Universidad de Hawaii.*



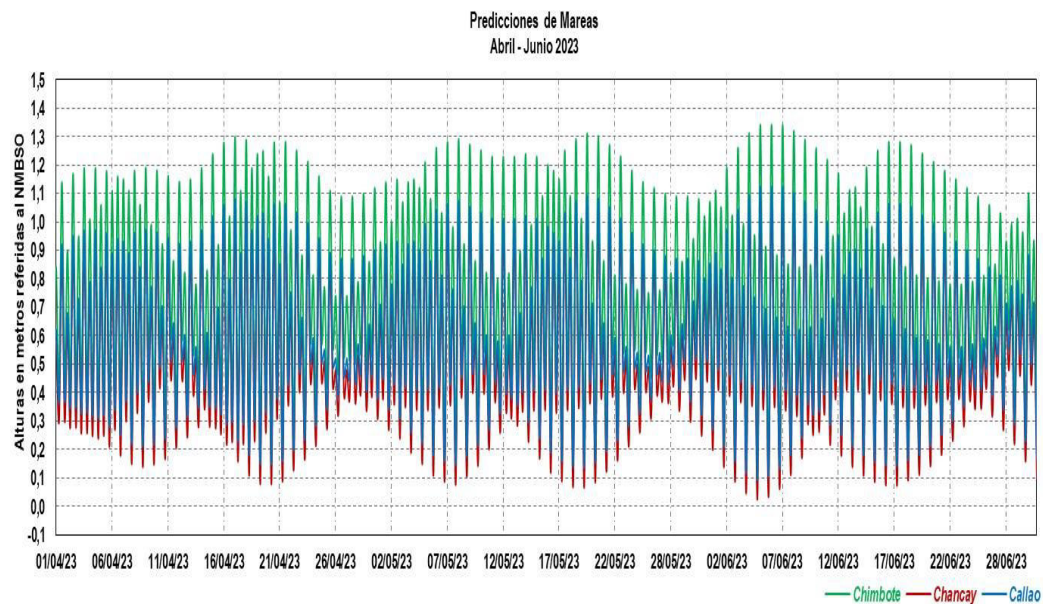
**Figura 22**

*Predicciones de mareas de Chimbote, Chancay y Callao de enero-marzo 2023.*

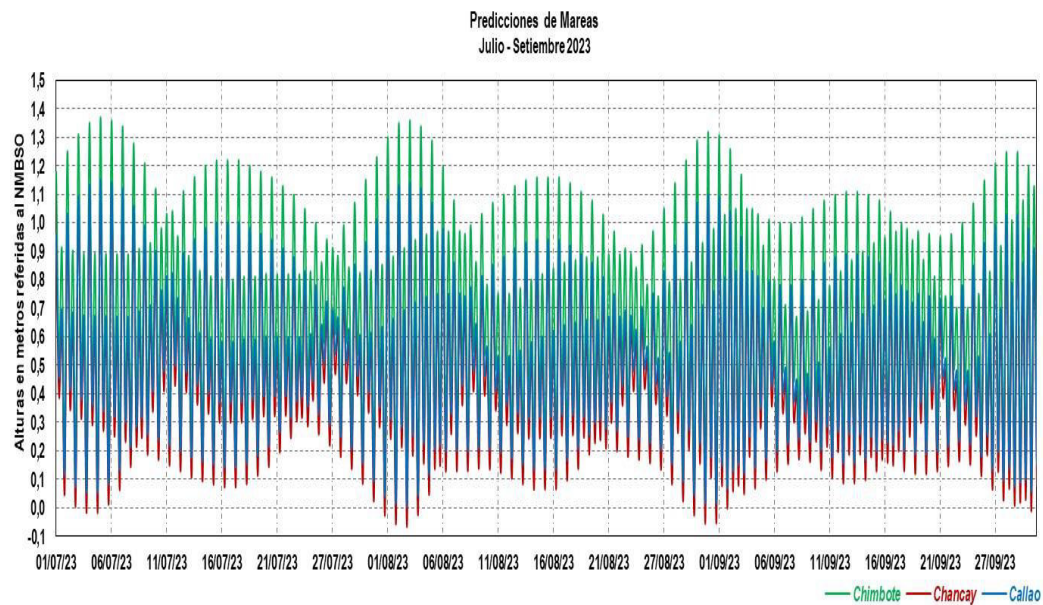


**Figura 23**

*Predicciones de mareas de Chimbote, Chancay y Callao de abril-junio 2023.*

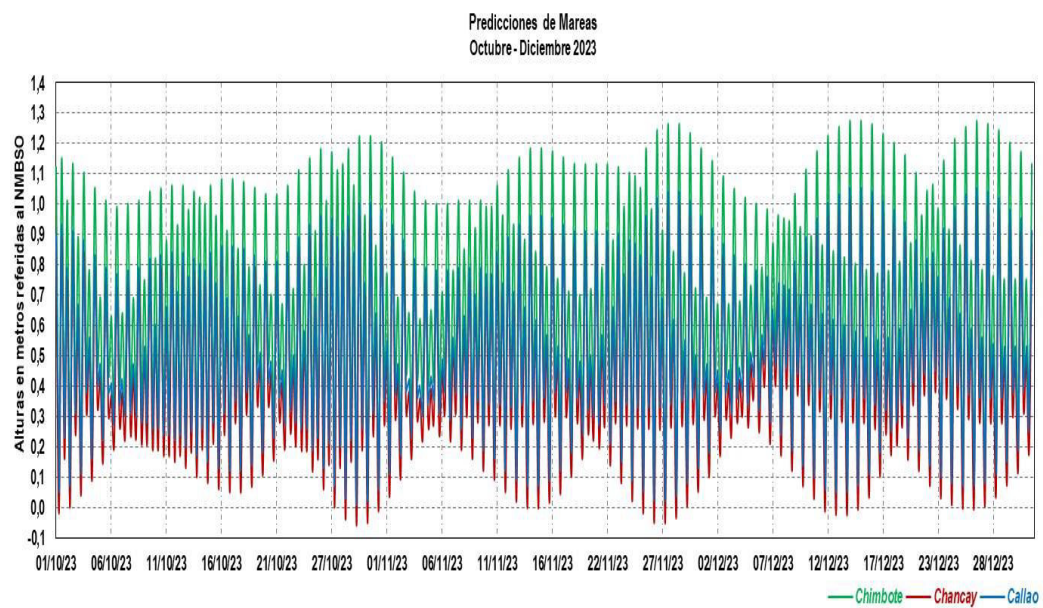
**Figura 24**

*Predicciones de mareas de Chimbote, Chancay y Callao de julio-setiembre 2023.*



**Figura 25**

*Predicciones de mareas de Chimbote, Chancay y Callao de octubre-diciembre 2023.*



Nota. Tabla de Mareas 2023, publicación HIDRONAV-5023.

## **2.8.2. *Procesamiento de información obtenida***

**2.8.2.1. Adecuación de formato de datos.** Previamente al procesamiento de la información, se procedió a la adecuación de los formatos en las series de datos horarios con las estaciones de Chimbote y Callao. Para su lectura como datos de entrada en los programas SLP64 (Matlab) y TideHarmonic (lenguaje R), obviándose el control de calidad, ya que estando en la base de datos del UHSLC, ya cuenta con un control de calidad preliminar.

**2.8.2.2. Análisis No Armónico.** Inferidos directamente de los registros, empleándose técnicas estadísticas del subprograma ftide del software TideHarmonic, con el cual, se determinaron los principales planos de referencia del nivel del mar, además de las amplitudes representativas.

**2.8.2.3. Niveles de referencia mareográficos.** La determinación de los planos de referencia de mareas, requieren de una serie larga de observaciones efectuadas en un periodo de tiempo de 18.6 años o más, de manera que incluya todas las variaciones astronómicas significativas. En este caso, en particular, se han obtenido los valores representativos de los diferentes planos de la marea para Chancay, Ancón y La Pampilla. Empleando el método de reducción por correlación con la información de las estaciones mareográficas del Callao y Chimbote. Se efectúa la transposición del plano de referencia mareográfico, siguiendo la metodología de interpolación por distancia, en base a los niveles de referencia otorgados por la DIHIDRONAV que provienen del último ciclo nodal lunar, de acuerdo con la Norma Técnica N° 43, HIDRONAV-5172.

**2.8.2.4. Amplitud de marea.** Se define a la diferencia de altura entre pleamares y bajamares consecutivas. Aunque la marea en un lugar determinado pueda clasificarse según su tipo, presenta muchas variaciones durante el mes. Las alturas de la marea varían de acuerdo con la intensidad de la fuerza que la produce y la ubicación geográfica, aunque puede haber un retardo de uno o dos días entre una causa astronómica particular y el efecto de la marea.

**2.8.2.5. Análisis armónico.** Se determinaron los constituyentes armónicos de la onda de marea, empleando el software SLP64, programa especializado en el procesamiento y análisis de datos del nivel del mar, de propiedad intelectual del Joint Archive for Sea Level (JASL) de la Universidad de Hawai y del Centro Nacional de Datos Oceanográficos de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) y que se encuentra de manera gratuita y de libre acceso en internet (<http://ilikai.soest.hawaii.edu/UHSLC/jasl/jaslsoft.html>).

Las amplitudes y las fases de marea respecto al Meridiano de Greenwich son calculadas por medio de un ajuste lineal por mínimos cuadrados acoplado con modulación nodal para solo aquellas constantes astronómicas que pueden ser resueltas según la longitud de los datos de entrada. Para ello, se emplearon como datos de entrada, las lecturas horarias del nivel del mar del año 2015 de las estaciones de Chimbote y Callao.

Finalmente, la información de los niveles de referencia mareográficos que se obtienen en las zonas de estudio, serán comparados con los niveles de referencia mareográficos de estas mismas, las cuales serán obtenidas de las predicciones que figuran en la Tabla de Mareas 2023.

## **2.9 Resultados Hidro-oceanográficos**

### **2.9.1 Resultados batimétricos**

**2.9.1.1. Resultados batimétricos en área de Playa Río Seco.** La batimetría se realizó en una área marítima de 3150 x 500 metros de lado entre la desembocadura de la Quebrada Río Seco y Punta Malpaso a escala 1/2000. Los sondeos registrados variaron desde los 4.2 metros hasta los 11.6 m., observando que el relieve del fondo marino en el área de estudio es uniforme. Cabe mencionar que a lo largo de la línea entre los vértices 1 y 4 del área de Trabajo no se pudo cubrir aproximadamente un espacio de 100 metros. Por motivos de la rompiente en la zona que no permitió un mayor ingreso a tierra de parte de la embarcación; sin embargo, se hicieron dos líneas paralelas a costa con la finalidad de poder cubrir un poco más de área. Los resultados se presentan en el Plano Batimétrico B-2 (Ver Anexo 4).

**2.9.1.2. Resultados batimétricos en área de Playa Agua Dulce.** La batimetría se realizó en una área marítima de 1300 x 500 metros de lado en Playa Agua Dulce (Al centro entre Punta Grita Lobos y Punta El Casonal) a escala 1/2000. Los sondeos registrados variaron desde los 1.5 metros hasta los 12.6 m., observando que el relieve del fondo marino en el área de estudio es uniforme. Cabe mencionar que a lo largo de la línea entre los vértices 5 y 7 del área de trabajo no se pudo cubrir aproximadamente un espacio de 30 m., esto debido a la poca profundidad que no permitió un mayor ingreso a tierra por parte de la embarcación; sin embargo, se hicieron dos líneas paralelas a costa con la finalidad de poder cubrir un poco más de área con información. Los resultados se presentan en el Plano Batimétrico B-1 (Ver Anexo 4).

**2.9.1.3. Resultados batimétricos en área de Playa Chancayllo.** La batimetría se realizó en una área marítima de 760 x 500 metros de lado en Playa Agua Dulce (Al centro entre Punta Grita Lobos y Punta El Casonal), esta zona colinda con el área de Playa Agua dulce por la parte Sur. La escala de levantamiento fue a 1/2000. Los sondeos registrados variaron desde los 1.3 metros hasta los 11.8 m., observando que el relieve del fondo marino en el área de estudio es uniforme. Cabe mencionar que a lo largo de la línea entre los vértices 8 y 10 del área de trabajo no se pudo cubrir cerca al vértice 10, esto debido a la presencia de rocas, las mismas que impidieron un mayor ingreso a tierra por parte de la embarcación; sin embargo, se levantó una línea paralela a costa con la finalidad de poder cubrir un poco más de área con información. Los resultados se presentan en el Plano Batimétrico B-1 (Ver Anexo 4).

## **2.9.2. Resultados de corrientes marinas**

**2.9.2.1. Resultados de corrientes marinas en Ancón.** Información obtenida por método Lagrangiano (derivadores), los días 17 y 18 de marzo del 2023 se efectuaron mediciones de corrientes superficiales y subsuperficiales en etapas de marea ascendente y descendente, empleando 04 pértigas aseguradas a boyas que se lanzaron a la deriva a diferentes distancias para cubrir la Zona. Las mediciones del día 17 se hicieron desde la parte central hacia el sur del área de trabajo cubriendo con corridas denominadas desde la A, hasta la H; mientras que el día 18 se cubrió desde la parte central hacia el norte del área de interés con las corridas denominadas desde la I hasta la corrida P. Se puede apreciar claramente que las corridas medidas presentaron una dirección predominante hacia el Norte, sin embargo, las corridas medidas en la parte central pegadas a costa tuvieron tendencia hacia el Nor-Este, mientras que las corridas de la parte central del norte presentaron una dirección predominante al Sur-Este. También se pudo observar que las velocidades obtenidas en las corridas superficiales fueron ligeramente de mayor intensidad con

respecto a las corridas subsuperficiales en ambos estados de marea (descendente y ascendente).

Los resultados se pueden observar en el Plano Mediciones de Corrientes C-3, (Ver Anexo 5). En el siguiente cuadro (Tabla 6 y 7), se muestran los valores obtenidos para las corrientes marinas en ambas etapas de marea. Así como en la (Figura 22), podemos apreciar la Rosa de corriente marina para Ancón.

**Tabla 6**

*Mediciones de corrientes marinas, Ancón 17 marzo 2023.*

Mediciones de corrientes marinas						
Método Lagrangiano – Ancón 17 marzo 2023						
Corrida	Marea	Corriente	Hora de medición		Velocidad (m./seg.)	Dirección (*)
			Inicio	Final		
A	Descendente	Superficial	04h25'25"	07h02'46"	0.073	313.6
B		Sub-Superficial	04h32'38"	07h09'18"	0.083	331.6
C		Superficial	04h25'45"	07h12'24"	0.155	344.0
D		Sub-Superficial	04h32'08"	07h08'53"	0.1	335.5
E	Ascendente	Sub-Superficial	08h44'30"	13h13'54"	0.082	335.8
F		Superficial	08h50'44"	13h12'04"	0.101	346.8, 352.1
G		Sub-Superficial	08h58'25"	13h34'04"	0.039	000.1, 049.8
H		Superficial	09h05'40"	13h42'39"	0.039	355.8, 059.0

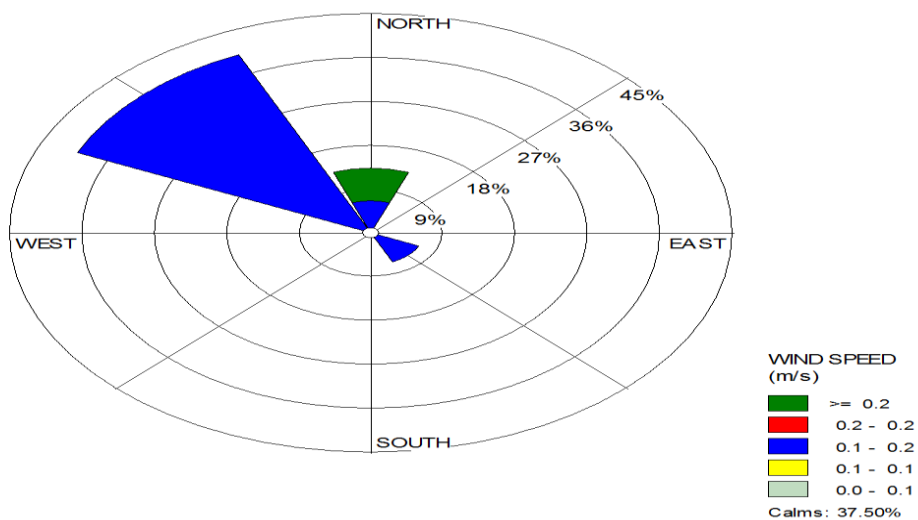
**Tabla 7**

*Mediciones de corrientes marinas, Ancón 18 marzo 2023.*

Mediciones de corrientes marinas						
Método Lagrangiano – Ancón 18 marzo 2023						
Corrida	Marea	Corriente	Hora de medición		Velocidad (m./seg.)	Dirección (*)
			Inicio	Final		
I	Descendente	Superficial	04h48'43"	08h02'58"	0.015	202.8, 151.2
J		Sub-Superficial	04h55'53"	08h14'39"	0.074	319.9
K		Superficial	05h03'10"	08h21'30"	0.058	307.6
L		Sub-Superficial	05h10'31"	08h30'21"	0.105	316.9
M	Ascendente	Sub-Superficial	09h57'46"	13h47'21"	0.093	149.9
N		Superficial	09h50'37"	13h38'57"	0.044	121.0
O		Sub-Superficial	09h43'40"	13h29'57"	0.030	302.9, 136.7
P		Superficial	09h35'38"	13h18'50"	0.036	312.4, 340.1

**Figura 26**

*Gráfico de la Rosa de Corrientes marinas en Ancón*



Al observar el gráfico de la Rosa de Corrientes marinas podemos observar que las velocidades de entes con dirección Nor-Oeste predominan en el área de trabajo, seguida de la dirección Norte y finalmente la de menor tendencia es la dirección Sur-Este.

**2.9.2.2 Resultados de corrientes marinas en Chancay.** Entre los días 20 al 24 de marzo del 2023 se efectuaron mediciones de corrientes superficiales y subsuperficiales en etapas de marea ascendente y descendente, empleando 04 pértigas aseguradas a boyas que se lanzaron a la deriva a diferentes distancias para cubrir la Zona. Las mediciones se realizaron de la siguiente manera:

- a) Día 20 de marzo se hicieron mediciones en el lado sur del área de trabajo, al sur de Punta Chancay cubriendo con corridas denominadas desde la A hasta la D.
- b) Día 21 de marzo se hicieron mediciones frente al Puerto Chancay, entre Punta De Lance hasta Punta Chancay cubriendo con corridas denominadas desde la E hasta la H.
- c) Día 22 de marzo se hicieron mediciones al norte del centro del área de trabajo, frente a Punta Grita Lobos cubriendo con corridas denominadas desde la I hasta la L.
- d) Día 23 de marzo se hicieron mediciones en el centro del área de trabajo, frente a Punta Casonal cubriendo con corridas denominadas desde la M, hasta la P.
- e) Día 24 de marzo se hicieron mediciones en el lado norte del área de trabajo, frente a Punta Malpaso cubriendo con corridas denominadas desde la Q, hasta la T.

Se puede apreciar claramente que las corridas medidas desde el extremo norte hasta la parte central del área de estudio presentaron una dirección predominante hacia el Nor-Oeste mientras las corridas pegadas a costa tomaron dirección Norte, sin embargo, las corridas medidas frente al Puerto de Chancay tuvieron dirección con tendencia hacia el Sur-Este y las corridas pegadas a costa del lado sur del área de trabajo presentaron una dirección predominante al Sur-Oeste, caso contrario con las corridas de mar afuera las que presentaron tendencia a una dirección Nor-Este.

También se pudo observar que las velocidades presentaron las siguientes características:

- a) En la zona norte del área de trabajo, durante la marea descendente los valores de velocidad de las corrientes superficiales como subsuperficiales fueron parecidos, mientras que en la etapa de marea ascendente se observó una mayor velocidad en las corrientes superficiales, probablemente por la intensidad del viento en la zona de trabajo.
- b) Frente a Punta Grita Lobos, durante la marea descendente los valores de velocidad de las corrientes subsuperficiales presentaron mayor velocidad, mientras que en la etapa de marea ascendente se obtuvieron valores casi similares para ambas corridas.
- c) En la zona frente a Punta Casonal en ambos estados de marea (descendente y ascendente) predominaron las velocidades de las corridas superficiales.
- d) Frente a Puerto Chancay en la etapa de marea descendente la mayor velocidad de las corrientes fue para la corrida superficial, siendo exactamente caso contrario para la etapa de marea ascendente.
- e) En el lado sur del área de trabajo (al sur de punta Chancay), en la etapa de marea descendente los valores de velocidad de las corrientes fueron similares, mientras que en la etapa de marea ascendente se obtuvo mayor velocidad en las corridas superficiales probablemente por la intensidad del viento ocurrido en la zona de trabajo.

Los resultados se pueden observar en el Plano Mediciones de Corrientes C-4, (Ver Anexo 5). En el siguiente cuadro (Tabla 8,9,10,11 y 12), se muestran los valores obtenidos para las corrientes marinas en ambas etapas de marea. Así como en la (Figura 27), podemos apreciar la Rosa de corriente marina para Chancay.

**Tabla 8**

*Mediciones de corrientes marinas, Chancay 20 marzo 2023.*

Mediciones de corrientes marinas						
Método Lagrangiano – Chancay 20 marzo 2023						
Corrida	Marea	Corriente	Hora de medición		Velocidad (m./seg.)	Dirección (*)
			Inicio	Final		
A	Descendente	Superficial	06h46'34"	09h55'40"	0.041	239.2
B		Sub-Superficial	06h59'25"	10h09'59"	0.058	216.9
C	Ascendente	Superficial	10h23'43"	13h46'42"	0.146	285.3, 025.3
D		Sub-Superficial	10h37'05"	13h30'56"	0.019	053.4,245.0

**Tabla 9**

*Mediciones de corrientes marinas, Chancay 21 marzo 2023.*

Mediciones de corrientes marinas						
Método Lagrangiano – Chancay 21 marzo 2023						
Corrida	Marea	Corriente	Hora de medición		Velocidad (m./seg.)	Dirección (*)
			Inicio	Final		
E	Descendente	Sub-Superficial	07h11'20"	10h24'35"	0.019	122.2
F		Superficial	06h57'46"	10h44'32"	0.075	128.9, 083.3
G	Ascendente	Sub-Superficial	11h38'39"	14h29'38"	0.139	140.7
H		Superficial	11h54'15"	14h46'38"	0.064	119.5

**Tabla 10**

*Mediciones de corrientes marinas, Chancay 22 marzo 2023.*

Mediciones de corrientes marinas						
Método Lagrangiano – Chancay 22 marzo 2023						
Corrida	Marea	Corriente	Hora de medición		Velocidad (m./seg.)	Dirección (*)
			Inicio	Final		
I	Descendente	Superficial	07h54'12"	10h42'11"	0.110	348.0
J		Sub-Superficial	08h06'57"	10h58'57"	0.207	341.6
K	Ascendente	Superficial	12h16'10"	14h33'45"	0.275	322.2
L		Sub-Superficial	12h26'32"	14h42'50"	0.237	348.6

**Tabla 11**

*Mediciones de corrientes marinas, Chancay 23 marzo 2023.*

Mediciones de corrientes marinas						
Método Lagrangiano – Chancay 23 marzo 2023						
Corrida	Marea	Corriente	Hora de medición		Velocidad (m./seg.)	Dirección (*)
			Inicio	Final		
M	Descendente	Superficial	09h53'15"	12h28'52"	0.179	354.4
N		Sub-Superficial	09h26'27"	12h06'06"	0.136	328.9
O	Ascendente	Superficial	13h05'57"	15h00'00"	0.224	326.3
P		Sub-Superficial	13h19'44"	14h35'41"	0.183	333.8

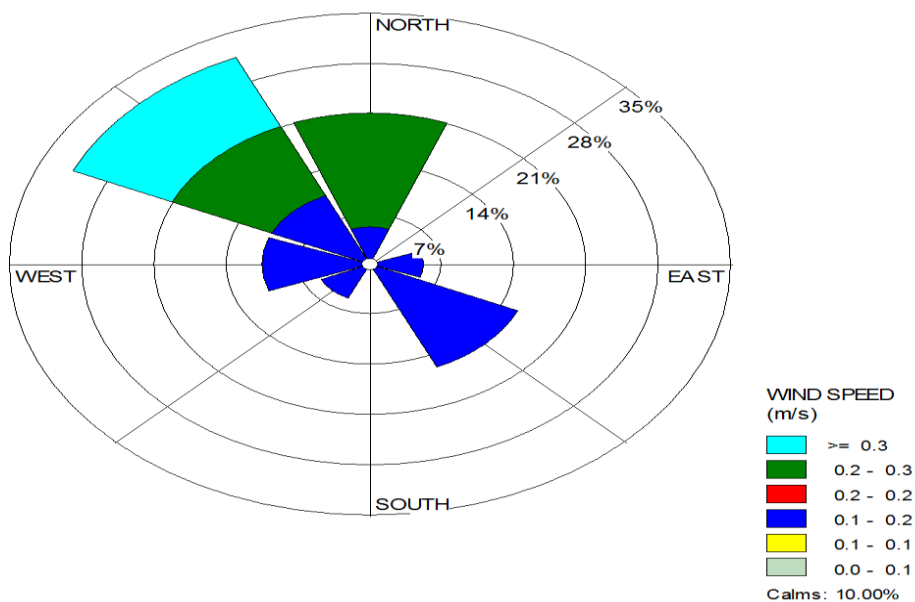
**Tabla 12**

*Mediciones de corrientes marinas, Chancay 24 marzo 2023.*

Mediciones de corrientes marinas						
Método Lagrangiano – Chancay 24 marzo 2023						
Corrida	Marea	Corriente	Hora de medición		Velocidad (m./seg.)	Dirección (*)
			Inicio	Final		
Q	Descendente	Superficial	08h54'17"	12h35'58"	0.128	280.6
R		Sub-Superficial	09h01'57"	12h45'18"	0.121	275.8
S	Ascendente	Superficial	14h03'00"	15h58'18"	0.145	295.8
T		Sub-Superficial	13h53'22"	15h42'22"	0.255	326.5

**Figura 27**

*Gráfico de la Rosa de Corrientes marinas en Chancay.*



Se observa claramente que las velocidades de las corrientes con dirección Nor-Oeste predominan en el área de trabajo, seguida de la dirección Norte, continuando la dirección Sur-Este, luego las direcciones Oste y finalmente las de menor tendencia son las de dirección Este y Sur-Oeste.

**2.9.2.3 Resultados de corrientes marinas en Isla Palomino.** Los días 02 y 03 de marzo del 2023 se efectuaron mediciones de corrientes superficiales y subsuperficiales en etapas de marea ascendente y descendente, empleando 04 pértigas aseguradas a boyas que se lanzaron a la deriva a diferentes distancias para cubrir la Zona. Las mediciones del día 02 se hicieron desde la parte central del área hacia el sur cubriendo con corridas denominadas desde la A, hasta la F; mientras que el día 03 se cubrió desde la parte central hacia el extremo norte del área de trabajo con las corridas denominadas desde la G hasta la corrida N. Se puede apreciar claramente que las corridas medidas a la altura del Cabezo de la Isla San Lorenzo presentan una dirección predominante hacia el Sur, mientras que las corridas al lado oeste de la isla (pegadas a la isla) mostraron una dirección predominante al Nor –Oeste.

Por otro lado, no se puede observar un patrón para las velocidades ya que las mayores velocidades obtenidas se muestran en forma alterna tanto para cada tipo de corriente (superficial y subsuperficial) y estado de marea (descendente y ascendente). Los resultados se pueden observar en el Plano mediciones de Corrientes C-1, (Ver Anexo 5). En el siguiente cuadro (Tabla 13 y 14), se muestran los valores obtenidos para las corrientes marinas en ambas etapas de marea. Así como en la (Figura 28), podemos apreciar la Rosa de corriente marina para Isla Palomino.

**Tabla 13**

*Mediciones de corrientes marinas, Isla Palomino 02 marzo 2023.*

Mediciones de corrientes marinas						
Método Lagrangiano – Isla Palomino 02 marzo 2023						
Corrida	Marea	Corriente	Hora de medición		Velocidad (m./seg.)	Dirección (*)
			Inicio	Final		
A	Descendente	Superficial	06h16'51"	08h29'52"	0.0158	317.8
B		Sub-Superficial	06h36'17"	07h32'32"	0.071	297.2
C		Superficial	06h08'57"	08h30'52"	0.061	149.6, 130.6
D		Sub-Superficial	06h52'22"	07h45'15"	0.088	318.3
E	Ascendente	Superficial	10h02'40"	10h44'12"	0.479	181.1
F		Sub-Superficial	10h20'17"	10h37'49"	0.284	175.8

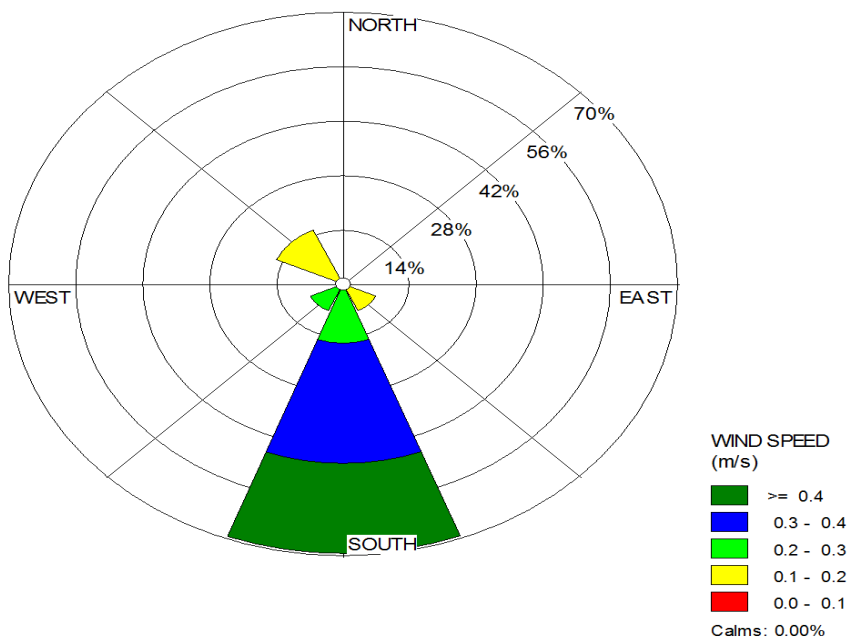
**Tabla 14**

*Mediciones de corrientes marinas, Isla Palomino 03 marzo 2023.*

Mediciones de corrientes marinas						
Método Lagrangiano – Isla Palomino 03 marzo 2023						
Corrida	Marea	Corriente	Hora de medición		Velocidad (m./seg.)	Dirección (*)
			Inicio	Final		
A	Descendente	Superficial	05h51'44"	07h06'12"	0.36	206.3, 191.6
B		Sub-Superficial	06h07'54"	07h16'59"	0.414	190.5
C		Superficial	07h40'50"	09h00'50"	0.304	163.6
D		Sub-Superficial	07h59'33"	09h14'58"	0.244	179.2
E	Ascendente	Sub-Superficial	09h33'05"	11h00'32"	0.221	179.0
F		Superficial	07h47'46"	11h10'32"	0.261	180.2
G		Sub-Superficial	11h27'51"	12h39'04"	0.300	202.5
H		Superficial	11h38'12"	12h49'54"	0.197	206.7

**Figura 28**

*Gráfico de la Rosa de Corrientes marinas en Isla Palomino.*



Al observar el gráfico de la Rosa de Corrientes marinas se nota claramente que las velocidades de las corrientes con dirección Sur predominan en el área de trabajo, seguida de la dirección Nor-Oeste, y finalmente las de dirección Sur-Este y Sur-Oeste.

**2.9.2.4. Resultados de corrientes marinas en La Pampilla.** Los días 04 y 05 de marzo del 2023 se efectuaron mediciones de corrientes superficiales y subsuperficiales en etapas de marea ascendente y descendente, empleando 02 pértigas aseguradas a boyas que se lanzaron a la deriva a diferentes distancias para cubrir la Zona. Las mediciones del día 04 se hicieron en la parte sur del área de trabajo cubriendo con corridas denominadas desde la A, hasta la H; mientras que el día 05 se cubrió la parte central y norte del área de interés con las corridas denominadas desde la I hasta la corrida Q.

Se puede apreciar claramente que las corridas medidas en el lado sur del área presentan una dirección predominante hacia el Sur-Oeste, mientras que las corridas del centro y parte norte del área mostraron una dirección predominante al Norte. Por otro lado, se pudo observar que las velocidades obtenidas en las corridas superficiales fueron de mayor intensidad con respecto a las corridas subsuperficiales en ambos estados de marea (descendente y ascendente).

Los resultados se pueden observar en el Plano mediciones de Corrientes C-2, (Ver Anexo 5). En el siguiente cuadro (Tabla 15 y 16), se muestran los valores obtenidos para las corrientes marinas en ambas etapas de marea. Así como en la (Figura 29), podemos apreciar la Rosa de corriente marina para Isla Palomino.

**Tabla 15***Mediciones de corrientes marinas, La Pampilla 04 marzo 2023.*

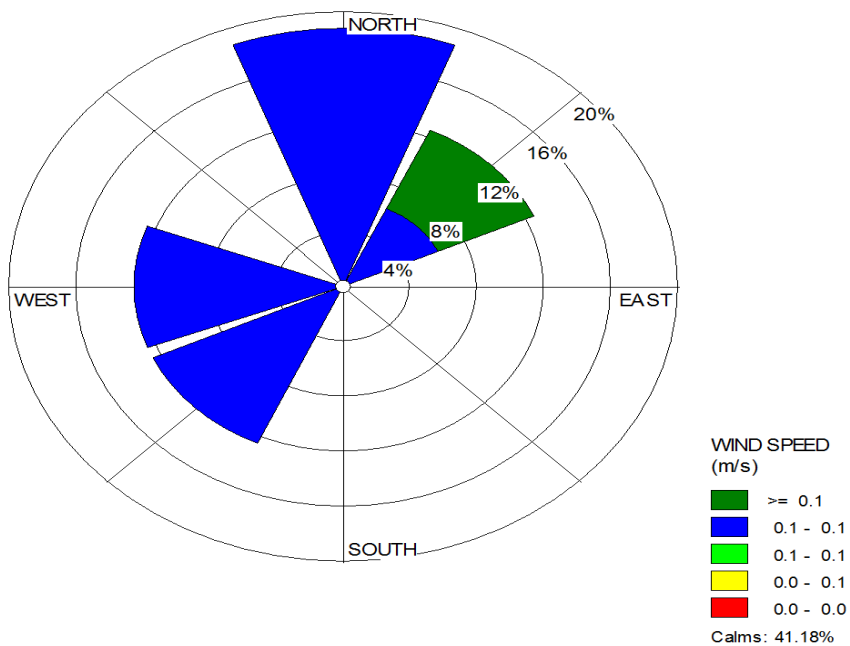
Mediciones de corrientes marinas						
Método Lagrangiano – La Pampilla 04 marzo 2023						
Corrida	Marea	Corriente	Hora de medición		Velocidad (m./seg.)	Dirección (*)
			Inicio	Final		
A	Descendente	Superficial	06h48'34"	09h29'12"	0.078	306.2
B		Sub-Superficial	06h51'39"	09h34'06"	0.049	302.4
C		Superficial	07h00'49"	09h42'06"	0.069	290.2, 260.0
D		Sub-Superficial	07h32'57"	09h45'02"	0.051	248.6
E	Ascendente	Superficial	10h48'54"	13h22'26"	0.063	236.0, 223.7
F		Sub-Superficial	10h51'32"	13h25'45"	0.03	235.1, 214.2
G		Superficial	10h59'54"	13h35'53"	0.092	243.4
H		Sub-Superficial	11h02'59"	13h38'37"	0.049	193.3

**Tabla 16***Mediciones de corrientes marinas, La Pampilla 05 marzo 2023.*

Mediciones de corrientes marinas						
Método Lagrangiano – La Pampilla 05 marzo 2023						
Corrida	Marea	Corriente	Hora de medición		Velocidad (m./seg.)	Dirección (*)
			Inicio	Final		
I	Descendente	Superficial	07h58'57"	10h03'37"	0.037	031.1
J		Sub-Superficial	08h02'51"	10h07'56"	0.022	340.9
K		Superficial	08h08'18"	10h13'37"	0.041	023.9
L		Sub-Superficial	08h11'52"	10h19'39"	0.015	241.8, 319.9
M	Ascendente	Superficial	11h25'43"	13h49'24"	0.064	351.7
N		Sub-Superficial	11h28'42"	13h54'58"	0.081	031.9
O		Superficial	11h34'35"	14h00'09"	0.073	014.2
P		Sub-Superficial	11h37'35"	13h14'18"	0.088	008.6
Q		Sub-Superficial	13h17'18"	14h02'11"	0.166	022.6

**Figura 29**

*Gráfico de la Rosa de Corrientes marinas en La Pampilla.*



Al observar el gráfico de la Rosa de Corrientes marinas se nota claramente que las velocidades de las corrientes con dirección Norte predominan en el área de trabajo, seguida de las direcciones Nor-Este, Sur-Oeste y Oeste.

### 2.9.3. Resultados de mareas

#### 2.9.3.1. Resultados de corrientes marinas para Ancón

**2.9.3.2. Niveles de referencia mareográficos.** Teniendo como base la data horaria de las estaciones de Chimbote y Callao, y haciendo uso del subprograma ftide, se calcularon los distintos planos o niveles de referencia mareográficos (véase tabla 17), teniendo en cuenta que estos datos están referidos al cero instrumental, para finalmente referir las alturas al Nivel Medio del Mar (NMM) y al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO).

**Tabla 17**

*Niveles de referencia mareográficos estaciones Chimbote y Callao datos 2015.*

Niveles o planos de referencia mareográficos (metros) obtenidos en base a serie de datos del 2015			
Estación Chimbote			
Nivel o plano	Alturas referidas al cero instrumental	Alturas referidas al Nivel Medio del Mar	Alturas referidas al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias
Nivel de Más Alta Marea Observada (NMAM)	2.47	0.75	1.38
Nivel Medio de Pleamares de Sicigias Ordinarias (NMPSO)	2.25	0.53	1.16
Nivel Medio de Pleamares Superiores (NMPS)	2.15	0.43	1.06
Nivel Medio de Pleamares (NMP)	2.04	0.32	0.95
Nivel Medio del Mar (NMM)	1.72	0	0.63
Nivel Medio de Bajamares (NMB)	1.32	-0.4	0.23
Nivel Medio de Bajamares Inferiores (NMBI)	1.23	-0.49	0.14
Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO)	1.09	-0.63	0
Nivel de Más Baja Marea Observada (NMBM)	0.9	-0.82	-0.19

Estación Callao			
Nivel o plano	Alturas referidas al cero instrumental	Alturas referidas al Nivel Medio del Mar	Alturas referidas al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias
Nivel de Más Alta Marea Observada (NMAM)	1.85	0.7	1.15
Nivel Medio de Pleamares de Sicigias Ordinarias (NMPSO)	1.68	0.53	0.98
Nivel Medio de Pleamares Superiores (NMPS)	1.54	0.39	0.84
Nivel Medio de Pleamares (NMP)	1.43	0.28	0.73
Nivel Medio del Mar (NMM)	1.15	0	0.45
Nivel Medio de Bajamares (NMB)	0.88	-0.27	0.18
Nivel Medio de Bajamares Inferiores (NMBI)	0.79	-0.36	0.09
Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO)	0.7	-0.45	0
Nivel de Más Baja Marea Observada (NMBM)	0.53	-0.62	-0.17

Nota. Información mareográfica UHSLC.

Asimismo, se presentan los valores de los distintos niveles de referencia mareográficos de Chimbote y Callao, proporcionados por la Dirección de Hidrografía y Navegación, que corresponden al último ciclo nodal lunar (véase tabla 18).

**Tabla 18**

*Niveles de referencia mareográficos estaciones Chimbote y Callao data DIHIDRONAV.*

Niveles o Planos de Referencia Mareográficos (metros) proporcionados por la DIHIDRONAV de ciclo nodal lunar		
Niveles Mareográficos de Chimbote		
Nivel o Cota	Alturas referidas al Nivel Medio del Mar	Alturas referidas al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias
Nivel de Más Alta Marea (NMAM) o cota LAM	1.29	1.89
Nivel Medio de Pleamares de Sicigias Ordinarias (NMPSO)	0.57	1.17
Nivel Medio de Pleamares Superiores (NMPS)	0.45	1.05
Nivel Medio de Pleamares (NMP)	0.36	0.96
Nivel Medio del Mar (NMM)	0	0.6
Nivel Medio de Bajamares (NMB)	-0.36	0.24
Nivel Medio de Bajamares Inferiores (NMBI)	-0.45	0.15
Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO)	-0.6	0
Nivel de Más Baja Marea (NMBM)	-1.15	-0.55

Niveles Mareográficos del Callao		
Nivel o Cota	Alturas referidas al Nivel Medio del Mar	Alturas referidas al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias
Nivel de Más Alta Marea (NMAM) o cota LAM	0.98	1.45
Nivel Medio de Pleamares de Sicigias Ordinarias (NMPSO)	0.5	0.97
Nivel Medio de Pleamares Superiores (NMPS)	0.38	0.85
Nivel Medio de Pleamares (NMP)	0.27	0.74
Nivel Medio del Mar (NMM)	0	0.47
Nivel Medio de Bajamares (NMB)	-0.27	0.2
Nivel Medio de Bajamares Inferiores (NMBI)	-0.35	0.12
Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO)	-0.47	0
Nivel de Más Baja Marea (NMBM)	-0.75	-0.28

Nota. Información mareográfica DIHIDRONAV.

**2.9.3.3 Amplitud de marea.** Los valores de las amplitudes de mareas de las estaciones de Chimbote y Callao, determinadas en base a una serie de datos anuales (2015), son similares a los valores estadísticos que figuran en la Tabla de Mareas 2023 (ver Tabla 19), la cual publica anualmente la Dirección de Hidrografía y Navegación, teniendo como base la data histórica de estas estaciones y cuya información corresponde a un ciclo nodal lunar (18.6 años).

**Tabla 19**

*Amplitudes de marea*

Amplitudes de Marea (metros) obtenidas comparadas con la Tabla de Mareas 2023				
Amplitud de la Marea	Chimbote		Callao	
	Data 2015	Tabla de Mareas 2023	Data 2015	Tabla de Mareas 2023
Amplitud Promedio	0.72	0.72	0.55	0.54
Amplitud de Sicigia	1.16	1.17	0.98	0.97

**2.9.3.4. Constituyentes armónicos de la marea.** El software SLP64 de procesamiento de datos del nivel del mar, permitió la descomposición de la señal de las mareas de Chimbote y Callao, en 68 armónicos astronómicos constitutivos, de las cuales y cumpliendo lo especificado en la Norma Técnica Hidrográfica N° 45 (DHN), sobre la Elaboración de Estudios Hidro-Oceanográficos, se incluyen solo las 5 principales constituyentes armónicas obtenidas y que se presentan en la Tabla 20.

**Tabla 20***Constituyentes armónicos de Chimbote y Callao.*

Constituyentes Armónicos					
Armónico		Chimbote		Callao	
Símbolo	Denominación	Amplitud (cm)	Fase (°)	Amplitud (cm)	Fase (°)
O1	Componente lunar declinación diurna	6.2199	28.99	7.1453	161.4
K1	Componente lunisolar declinación diurna	13.6526	53.12	15.0296	114.5
N2	Componente lunar elíptica mayor semidiurna	7.7228	340.93	6.4016	166.9
M2	Componente lunar principal semidiurna	30.9183	2.68	23.5878	213.91
S2	Componente solar principal semidiurna	10.4008	6.38	8.0014	184.05

De la descomposición astronómica de la marea, las componentes semidiurnas son las más importantes y es la que caracteriza al tipo de marea de la región de estudio, que es de régimen semidiurno. Así también, con los resultados precedentes, se determinó la caracterización del régimen de marea de las estaciones mareográficas de Chimbote y Callao, que incluyen el área de estudio, mediante el coeficiente de Courtier “F”, podemos observar la fórmula en la Figura 30.

**Figura 30**

*Fórmula del coeficiente Courtier "F"*

$$F = \frac{\text{amplitud K1} + \text{amplitud O1}}{\text{amplitud M2} + \text{amplitud S2}}$$

Si: $F < 0.25$	Régimen Semidiurno
Si: $0.25 < F < 1.50$	Régimen mixto semidiurno
Si: $1.50 < F < 3.00$	Régimen mixto diurno
Si: $3.00 < F$	Régimen diurno

Los valores de los coeficientes de Courtier, corresponden a una marea de régimen mixto semidiurno, es decir que se presentan dos pleamares y dos bajamares en un día mareal (24 horas 50 minutos), dichos valores son similares a los que figuran en la página 100 del Atlas Oceanográfico y Meteorológico del Mar Peruano de la Dirección de Hidrografía y Navegación.

En la siguiente Tabla 21 se puede observar los factores de forma para las estaciones de Chimbote y Callao

**Tabla 21**

*Factores de forma para estaciones mareográficas de Chimbote y Callao.*

Factores de Forma o Coeficiente de Courtier de Estaciones Mareográficas		
Estación	Coeficiente de Courtier (F)	Régimen de marea
Chimbote	0.481	Mixto semidiurno
Callao	0.702	Mixto semidiurno

**2.9.3.5. Correlación de la información mareográfica.** Se realizó una correlación de observaciones simultáneas, teniendo en consideración que todos los registros y predicciones de las estaciones mareográficas de Chimbote, Ancón y Callao, debían encontrarse referidos a un mismo nivel de referencia, optándose para este caso, la reducción al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias, para lo cual se utilizó las predicciones de mareas de dichas estaciones. A partir de ellos, se obtuvieron las diferencias de tiempo y altura en pleamar y bajamar.

De esta correlación, se ha podido determinar para la zona de estudio, Ancón, la diferencia horaria de ocurrencia de la pleamar y bajamar, respecto a la estación mareográfica del Callao es de -6 y -8 minutos, para cada fase respectivamente; mientras que, la diferencia de altura del nivel del mar en pleamar y bajamar es de -2 y -4 centímetros, respectivamente, en relación a la estación mareográfica del Callao, que es el puerto patrón de referencia de la zona central costera, comprobándose que la onda de marea se propaga de norte a sur. (Véase Tabla 22).

**Tabla 22**

*Diferencias de tiempo y altura para las estaciones mareográficas de Chimbote, Callao y Ancón.*

Diferencias de tiempos y alturas existentes entre estaciones, según la Tabla de Mareas 2023						
Estación	Ubicación		Pleamar		Bajamar	
	Latitud Sur	Longitud Oeste	Tiempo	Altura	Tiempo	Altura
Chimbote	09° 04'	078° 36'	- 00 h 58 min	+ 21 cm	- 01 h 05 min	+ 6 cm
Ancón	11° 46'	077° 11'	- 00 h 06 min	- 2 cm	- 00 h 08 min	- 4 cm
Callao	12° 04'	077° 10'	Puerto Patrón de referencia			

Asimismo, como resultado de la metodología estándar de interpolación lineal y correlación por distancia, o ubicación geográfica (latitud y longitud) entre las estaciones mareográficas más próximas, de Chimbote y Callao, cuyos registros horarios corresponden a un ciclo nodal lunar, se obtienen los principales parámetros de mareas de Ancón, información que permite identificar el comportamiento mareal, por lo que, de esta consideración se obtienen los valores representados en la *Tabla 23*.

**Tabla 23**

*Interpolación de marea referida al NMM para Ancón.*

Caracterización de la marea por correlación e interpolación referida al NMM			
Descripción	Chimbote	Ancón	Callao
	334.32 km		32.76 km
	367.08 km		
NMAM ó LAM	1.29	+ 1.01 m	+ 0.98
NMPSO	0.57	+0.51 m	+ 0.50
NMPS	0.45	+0.39 m	+ 0.38
NMP	0.36	+0.28 m	+ 0.27
NMM	0	0.00 m	0.00
NMB	-0.36	-0.28 m	- 0.27
NMBI	-0.45	-0.36 m	- 0.35
NMBSO	-0.6	-0.48 m	- 0.47
NMBM	-1.15	-0.79 m	- 0.75
Amplitud Media de Marea	0.72 m	0.56 m	0.54 m
Amplitud Media de Sicigias	1.17 m	0.99 m	0.97 m

En general, las cotas o niveles mareográficos de Chimbote y Callao obtenidos en base al año 2015, son similares a los niveles de referencia estadísticos que dispone la DIHIDRONAV y esto se demuestra con la similitud de los valores de las amplitudes de marea, para ambos casos; sin embargo, se puede observar una gran diferencia en los niveles extremos, específicamente, en los Niveles de Más Alta y Baja Marea, y es debido a la longitud de la información a partir del cual se obtienen estos datum, puesto que, el que dispone la DIHIDRONAV es de un ciclo nodal, mientras que, este análisis corresponde a un solo año de información.

Por lo tanto, para efectos de enlazar la información, y sea lo más precisa posible, solo se tiene en cuenta los valores de las cotas de los niveles de referencia mareográficos locales, obtenidos en base al principal ciclo de las mareas o ciclo nodal lunar, obteniéndose finalmente la *Tabla 24*, que incluye también a manera de comparación los valores de los niveles de referencia de Ancón, obtenidas de la Tabla de Mareas 2023 de la DIHIDRONAV, comprobándose que son similares.

Finalmente, la amplitud media de la marea en Ancón es de 0.56 m; sin embargo, durante las fases de Luna Llena y Luna Nueva, la amplitud media se incrementa a 0.99 m; dichos valores corresponden a un rango de marea micromareal, es decir a una marea con amplitud menor a los 2.0 m.

**Tabla 24***Comparación de los valores mareográficos de Ancón.*

Niveles o Planos de Referencia Mareográficos de Ancón (metros)			
Nivel o Plano	Ancón		Ancón –TM 2023
	Alturas referidas al NMM	Alturas referidas al NMBSO	Alturas referidas al NMBSO
Nivel de Más Alta Marea Observada (NMAM)	+ 1.01 m	+1.49	1.16
Nivel Medio de Pleamares de Sicigias Ordinarias (NMPSO)	+0.51 m	+0.99	1.02
Nivel Medio de Pleamares Superiores (NMPS)	+0.39 m	+0.87	0.9
Nivel Medio de Pleamares (NMP)	+0.28 m	+0.76	0.78
Nivel Medio del Mar (NMM)	0.00 m	0.48	0.51
Nivel Medio de Bajamares (NMB)	-0.28 m	+0.20	0.23
Nivel Medio de Bajamares Inferiores (NMBI)	-0.36 m	+0.12	0.14
Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO)	-0.48 m	0.00	0
Nivel de Más Baja Marea Observada (NMBM)	-0.79 m	-0.31	-0.03

### 2.9.3.6. Resultados de corrientes marinas para Chancay

**2.9.3.7. Correlación de la información mareográfica.** Teniendo en consideración que todos los registros y predicciones de las estaciones mareográficas de Chimbote, Chancay y Callao, debían encontrarse referidos a un mismo nivel de referencia, optándose para este caso, la reducción al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias, para lo cual se utilizó las predicciones de mareas de dichas estaciones. A partir de ellos, se obtuvieron las diferencias de tiempo y altura en pleamar y bajamar.

De esta correlación, se ha podido determinar para la zona de estudio, Chancay, que la diferencia horaria de ocurrencia de la pleamar y bajamar, respecto a la estación mareográfica del Callao es de -11 y -14 minutos, para cada fase respectivamente; mientras que, la diferencia de altura del nivel del mar en pleamar y bajamar es de -4 y -7 centímetros, respectivamente, en relación a la estación mareográfica del Callao, que es el puerto patrón de referencia de la zona central costera, comprobándose que la onda de marea se propaga de norte a sur. (véase Tabla 25).

**Tabla 25**

*Diferencias de tiempo y altura para las estaciones mareográficas de Chimbote, Chancay y Callao.*

Diferencias de tiempos y alturas existentes entre estaciones, según la Tabla de Mareas 2023						
Estación	Ubicación		Pleamar		Bajamar	
	Latitud Sur	Longitud Oeste	Tiempo	Altura	Tiempo	Altura
Chimbote	09° 04'	078° 36'	- 00 h 58 min	+ 21 cm	- 01 h 05 min	+ 6 cm
Chancay	11° 34'	077° 16'	- 00 h 11 min	- 4 cm	- 00 h 14 min	- 7 cm
Callao	12° 04'	077° 10'	Puerto Patrón de referencia			

Asimismo, como resultado de la metodología estándar de interpolación lineal y correlación por distancia, o ubicación geográfica (latitud y longitud) entre las estaciones mareográficas más próximas, de Chimbote y Callao, cuyos registros horarios corresponden a un ciclo nodal lunar, se obtienen los principales parámetros de mareas de Chancay, información que permite identificar el comportamiento mareal, por lo que, de esta consideración se obtiene la siguiente *Tabla 26*.

**Tabla 26**

*Interpolación de marea referida al NMM para Chancay.*

Caracterización de la marea por correlación e interpolación referida al NMM			
Descripción	Chimbote	Chancay	Callao
	311.78 km	367.08 km	55.30 km
NMAM ó LAM	1.29	+ 1.03 m	+ 0.98
NMPSO	0.57	+0.51 m	+ 0.50
NMPS	0.45	+0.39 m	+ 0.38
NMP	0.36	+0.28 m	+ 0.27
NMM	0	0.00 m	0.00
NMB	-0.36	-0.28 m	- 0.27
NMBI	-0.45	-0.36 m	- 0.35
NMBSO	-0.6	-0.49 m	- 0.47
NMBM	-1.15	-0.81 m	- 0.75
Amplitud Media de Marea	0.72 m	0.56 m	0.54 m
Amplitud Media de Sicigias	1.17 m	1.00 m	0.97 m

En general, las cotas o niveles mareográficos de Chimbote y Callao obtenidos en base al año 2015, son similares a los niveles de referencia estadísticos que dispone la DIHIDRONAV y esto se demuestra con la similitud de los valores de las amplitudes de marea, para ambos casos;

sin embargo, se puede observar una gran diferencia en los niveles extremos, específicamente, en los Niveles de Más Alta y Baja Marea, y es debido a la longitud de la información a partir del cual se obtienen estos datum, puesto que, el que dispone la DIHIDRONAV es de un ciclo nodal, mientras que, este análisis corresponde a un solo año de información.

Por lo tanto, para efectos de enlazar la información, y sea lo más precisa posible, solo se tiene en cuenta los valores de las cotas de los niveles de referencia mareográficos locales, obtenidos en base al principal ciclo de las mareas o ciclo nodal lunar, obteniéndose finalmente la *Tabla 27*, que incluye también a manera de comparación los valores de los niveles de referencia de Chancay, obtenidas de la Tabla de Mareas 2023 de la DIHIDRONAV, comprobándose que son similares.

**Tabla 27**

*Comparación de los valores mareográficos de Chancay.*

Niveles o Planos de Referencia Mareográficos de Chancay (metros)			
Nivel o Plano	Chancay		Chancay –TM 2023
	Alturas referidas al NMM	Alturas referidas al NMBSO	Alturas referidas al NMBSO
Nivel de Más Alta Marea Observada (NMAM)	+ 1.03 m	+1.52	1.14
Nivel Medio de Pleamares de Sicigias Ordinarias (NMPSO)	+0.51 m	+1.00	1.00
Nivel Medio de Pleamares Superiores (NMPS)	+0.39 m	+0.88	0.88
Nivel Medio de Pleamares (NMP)	+0.28 m	+0.77	0.76
Nivel Medio del Mar (NMM)	0.00 m	0.49	0.49
Nivel Medio de Bajamares (NMB)	-0.28 m	+0.21	0.22
Nivel Medio de Bajamares Inferiores (NMBI)	-0.36 m	+0.13	0.14
Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO)	-0.49 m	0.00	0.00
Nivel de Más Baja Marea Observada (NMBM)	-0.81 m	-0.32	-0.06

Finalmente, la amplitud media de la marea en Chancay es de 0.56 m; sin embargo, durante las fases de Luna Llena y Luna Nueva, la amplitud media se incrementa a 1.00 m; dichos valores corresponden a un rango de marea micromareal, es decir a una marea con amplitud menor a los 2.0 m.

#### **2.9.3.8 Resultados de corrientes marinas para La Pampilla**

**2.9.3.9 Correlación de la información mareográfica.** Teniendo en consideración que todos los registros y predicciones de las estaciones mareográficas de Chimbote, La Pampilla y Callao, debían encontrarse referidos a un mismo nivel de referencia, optándose para este caso, la reducción al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias, para lo cual se utilizó las predicciones de mareas de dichas estaciones. A partir de ellos, se obtuvieron las diferencias de tiempo y altura en pleamar y bajamar.

De esta correlación, se ha podido determinar para la zona de estudio, la Pampilla, que la diferencia horaria de ocurrencia de la pleamar y bajamar, respecto a la estación mareográfica del Callao es de -3 y -4 minutos, para cada fase respectivamente; mientras que, la diferencia de altura del nivel del mar en pleamar y bajamar es de -1 y 0 centímetros, respectivamente, en relación a la estación mareográfica del Callao, que es el puerto patrón de referencia de la zona central costera, comprobándose que la onda de marea se propaga de norte a sur. (*Véase Tabla 28*).

**Tabla 28**

*Diferencias de tiempo y altura para las estaciones mareográficas de Chimbote, La Pampilla y Callao.*

Diferencias de tiempos y alturas existentes entre estaciones, según la Tabla de Mareas 2023						
Estación	Ubicación		Pleamar		Bajamar	
	Latitud Sur	Longitud Oeste	Tiempo	Altura	Tiempo	Altura
Chimbote	09° 04'	078° 36'	- 00 h 58 min	+ 21 cm	- 01 h 05 min	+ 6 cm
La Pampilla	11° 53'	077° 09'	- 00 h 03 min	- 1 cm	- 00 h 04 min	0 cm
Callao	12° 04'	077° 10'	Puerto Patrón de referencia			

De la misma manera, como resultado de la metodología estándar de interpolación lineal y correlación por distancia, o ubicación geográfica (latitud y longitud) entre las estaciones mareográficas más próximas, de Chimbote y Callao, cuyos registros horarios corresponden a un ciclo nodal lunar, se obtienen los principales parámetros de mareas de la Pampilla, información que permite identificar el comportamiento mareal, por lo que, de esta consideración se obtiene la siguiente *Tabla 29*.

**Tabla 29**

*Interpolación de marea referida al NMM para La pampilla.*

Caracterización de la marea por correlación e interpolación referida al NMM			
	Chimbote	La Pampilla	Callao
Descripción	346.92 km		20.16 km
		367.08 km	
NMAM ó LAM	1.29	+ 1.00 m	+ 0.98
NMPSO	0.57	+0.50 m	+ 0.50
NMPS	0.45	+0.38 m	+ 0.38
NMP	0.36	+0.27 m	+ 0.27
NMM	0	0.00 m	0.00
NMB	-0.36	-0.27 m	- 0.27
NMBI	-0.45	-0.36 m	- 0.35
NMBSO	-0.6	-0.48 m	- 0.47
NMBM	-1.15	-0.77 m	- 0.75
Amplitud Media de Marea	0.72 m	0.54 m	0.54 m
Amplitud Media de Sicigias	1.17 m	0.98 m	0.97 m

En general, las cotas o niveles mareográficos de Chimbote y Callao obtenidos en base al año 2015, son similares a los niveles de referencia estadísticos que dispone la DIHIDRONAV y esto se demuestra con la similitud de los valores de las amplitudes de marea, para ambos casos; sin embargo, se puede observar una gran diferencia en los niveles extremos, específicamente, en los Niveles de Más Alta y Baja Marea, y es debido a la longitud de la información a partir del cual se obtienen estos datum, puesto que, el que dispone la DIHIDRONAV es de un ciclo nodal, mientras que, este análisis corresponde a un solo año de información.

Por lo tanto, para efectos de enlazar la información, y sea lo más precisa posible, solo se tiene en cuenta los valores de las cotas de los niveles de referencia mareográficos locales, obtenidos en base al principal ciclo de las mareas o ciclo nodal lunar, obteniéndose finalmente la *tabla 30*.

**Tabla 30***Comparación de los valores mareográficos de La Pampilla*

Niveles o Planos de Referencia Mareográficos de La Pampilla (metros)			
Nivel o Plano	La Pampilla		La Pampilla –TM 2023
	Alturas referidas al NMM	Alturas referidas al NMBSO	Alturas referidas al NMBSO
Nivel de Más Alta Marea Observada (NMAM)	+ 1.00 m	+1.48	1.14
Nivel Medio de Pleamares de Sicigias Ordinarias (NMPSO)	+0.50 m	+0.98	1.00
Nivel Medio de Pleamares Superiores (NMPS)	+0.38 m	+0.86	0.88
Nivel Medio de Pleamares (NMP)	+0.27 m	+0.75	0.76
Nivel Medio del Mar (NMM)	0.00 m	0.48	0.49
Nivel Medio de Bajamares (NMB)	-0.27 m	+0.21	0.22
Nivel Medio de Bajamares Inferiores (NMBI)	-0.36 m	+0.12	0.14
Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO)	-0.48 m	0.00	0.00
Nivel de Más Baja Marea Observada (NMBM)	-0.77 m	-0.29	-0.06

Se espera que las alturas o cotas de los niveles de referencia mareográficos de la Pampilla sean muy similares a la del Callao, por encontrarse a tan solo 20.16 km, es decir, se encuentra en el área de influencia de esta estación mareográfica donde las mareas tienen el mismo comportamiento. Finalmente, la amplitud media de la marea en La Pampilla es de 0.54 m; sin embargo, durante las fases de Luna Llena y Luna Nueva, la amplitud media se incrementa a 0.98 m; dichos valores corresponden a un rango de marea micromareal, es decir a una marea con amplitud menor a los 2.0 m.

### **III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA O INSTITUCIÓN**

1. Uno de los aportes más importantes ha sido conseguir nuevos servicios con empresas extranjeras, manejando el idioma inglés y pudiendo llegar a satisfacer las necesidades de grandes empresas, demostrando una excelente ejecución en los trabajos solicitados.
2. Desde mi incorporación a Advíncula Ingenieros EIRL como coordinador de proyectos he logrado disminuir gastos logísticos y operativos mediante una adecuada planificación. Sin duda alguna estos trabajos están supeditados por el buen tiempo meteorológico que posibilita las horas de trabajo dentro del mar.
3. He dado a la empresa una amplitud en su campo de acción ya que no solo estoy capacitado para realizar trabajos hidrográficos, tengo una gran experiencia en topografía, cartografía, geodesia y en geofísica a distinto nivel requerido, ya sea estudio, diseño y construcción.
4. Brindar una capacitación técnica y constante al personal mostrándonos a la vanguardia con la tecnología para realizar los distintos servicios que brindamos y llevando a Advíncula Ingenieros a mejorar el reconocimiento que ya tiene en el mercado. Esto sin duda se realiza aplicando los principios de una correcta disciplina no solo laboral sino aplicada en la vida propia, este punto es fundamental para generar confianza y por ende el respeto personal, laboral y profesional para los integrantes de esta gran empresa.

#### IV. CONCLUSIONES

1. El desempeño profesional del autor garantizó que se realice el servicio descrito en este informe, de una manera eficaz, eficiente, logrando la satisfacción completa al cliente mediante la información necesaria para elaborar su Plan de Rehabilitación Ambiental. Cabe resaltar que se aplicaron las normativas necesarias para este tipo de estudio Hidro-oceanográfico, otorgados por los entes reguladores tanto nacionales como internacionales y cumpliendo los términos de referencia del presente servicio.
2. Las funciones otorgadas por la empresa Advíncula Ingenieros EIRL hacia el autor de este informe fueron desarrolladas en tiempos planificados y sin tener observaciones con los entregables, así como en el desarrollo de las metodologías aplicadas para la realización de este proyecto. Logrando la confiabilidad y la buena gestión del autor en el manejo óptimo de recursos humanos y económicos, siendo estos los factores fundamentales para la sostenibilidad de la empresa.
3. De acuerdo con los resultados obtenidos en los estudios batimétricos de este informe, se evidenció que el relieve del fondo marino es uniforme. Las medidas de sondaje fueron desde -1.3 a -12.6 metros, no logrando realizar algunas líneas planificadas por motivos de la fuerte rompiente, grandes rocas y poca profundidad del lugar, haciendo insegura algunas maniobras de la embarcación cerca de la costa.
4. Con respecto a las mediciones de corrientes para las áreas solicitadas, podemos observar que predomina la velocidad de corrientes superficiales con dirección hacia el norte y en ambos estados de la marea (ascendente y descendente). Salvo las mediciones que se

realizaron en la Isla Palomino (cabezo de la Isla San lorenzo) donde las velocidades de las corrientes son alternadas tanto para la marea ascendente como descendente.

5. Para el estudio de mareas en Chancay, Ancón y la Pampilla se tuvo que realizar la metodología estándar de interpolación lineal y correlación por ubicación geográfica, dado que estas áreas no contaban con estaciones mareográficas. Los resultados demuestran que, mediante la interpolación los valores de las alturas referidas al Nivel Medio de Bajamares y Sicigias Ordinarias (NMBSO) para estas 3 zonas de estudio son similares a las predicciones de la Tabla de mareas 2023 elaborada por la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN).
6. Mediante la Tabla de mareas 2023 se pudo evidenciar que las mareas en nuestro litoral son de tipo semidiurno, esto indica que tenemos la presencia de dos pleamares y dos bajamares en un día mareal.

## V. RECOMENDACIONES

- 1 Para garantizar el prestigio profesional del autor, en este estudio se debe utilizar la metodología que cumpla con los términos de referencia del presente servicio, siempre que se respete la normatividad exigida por la Autoridad Marítima Nacional y la Dirección de Hidrografía y Navegación. De esta manera se evita observaciones en los entregables, a su vez se descarta cualquier sobregasto para la empresa Advíncula Ingenieros.
- 2 Para realizar los trabajos planificados se recomienda verificar los avisos especiales que emite la Dirección de Hidrografía y Navegación para todo el litoral, estos predicen los días y horas en que el mar se encontrará en condiciones normales, información fundamental para lograr la calidad de los datos esperados.
- 3 Se sugiere realizar las mediciones batimétricas y de corrientes marinas con equipos de alta tecnología y de propiedad de la Empresa. De ser posible tener equipos adicionales para garantizar el levantamiento de información ante cualquier problema que pueda acontecer.
- 4 Todo el personal a ejecutar trabajos hidrográficos debería contar con el curso de supervivencia en mar, de esta forma se podría evitar cualquier daño a la integridad de los participantes.
- 5 Se aconseja que para los trabajos hidrográficos no se debe utilizar como referencia el nivel medio del mar, esto provocará errores para la cartografía que se deseen obtener. Se hace mención que la correcta referencia es al Nivel Medio de Bajamares Sicigias Ordinarias (NMBSO) descrito por la DHN.

## VI. REFERENCIAS

- Dirección de Hidrografía y Navegación (2023). *Normas Técnicas Hidrográficas N°45, DIHIDRONAV 5174, Lineamientos para la elaboración de Estudios Hidro-Oceanográficos.*
- Dirección de Hidrografía y Navegación (2021). *Normas Técnicas Hidrográficas N°09, DIHIDRONAV 5138, Manual de procesamiento para la medición de corrientes. (2da ed.)*
- Dirección de Hidrografía y Navegación (2013). *Normas Técnicas Hidrográficas N°27, DIHIDRONAV 5156, Procedimiento para la determinación de profundidades. (1era ed.)*
- Dirección de Hidrografía y Navegación (2013). *Normas Técnicas Hidrográficas N°43, DIHIDRONAV 5172, Manual de procedimientos para el estudio de mareas. (1era ed.)*
- Dirección de Hidrografía y Navegación. (diciembre 2022). *Tabla de Mareas 2023, HIDRONAV-5023.*
- Dirección de Hidrografía y Navegación. (abril 2019). *Atlas Oceanográfico y Meteorológico del Mar Peruano, HIDRONAV-5031.*
- Foreman, M. G. G. (1977). *Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction. Pacific Marine Science, Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Victoria, B.C., Canada, 101 p.*
- Grupo de Estudio de Costas y Geodesia (IAGS-US). *Manual de Observación de las Mareas Interamericano.*

Intergovernmental Oceanographic Commission COI/UNESCO (1994). *Manual on Sea Level Measurement and Interpretation. Volumen II – Emerging Technologies, París, 52 p.*

Intergovernmental Oceanographic Commission IOC. (1992). *Joint IAPSO-IOC Workshop on sea-level measurements and quality control, Paris, 12-13. Intergovernmental Oceanographic Commission, Workshop Report, No. 81, 166 pp.*

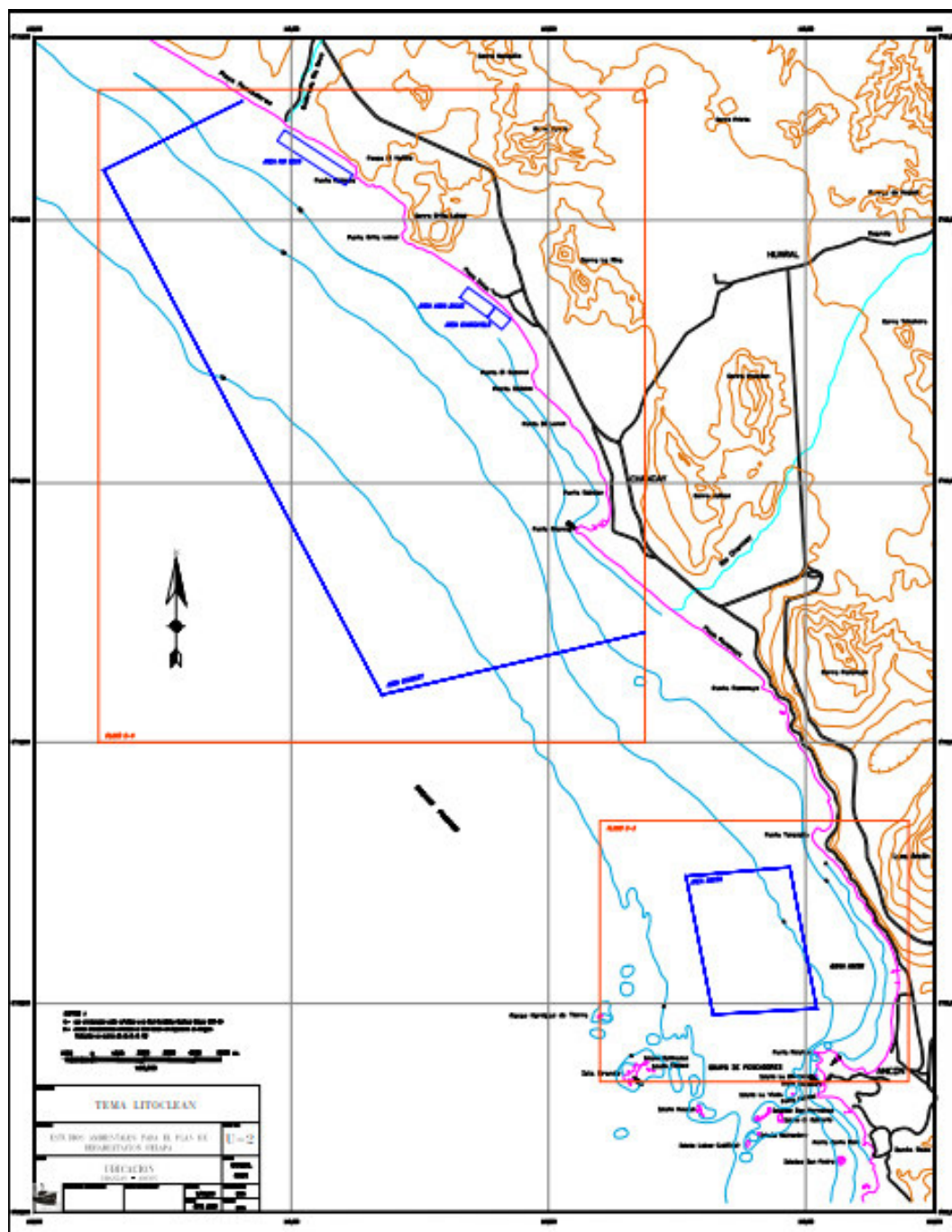
International Hydrographic Organization IHO S-44 (Septiembre 2020). *Normas de la Organización Hidrográfica Internacional para los Levantamientos Hidrográficos. (ed. 6.0.0)*

Ministerio de Energía y Minas (2022). *Resolución Ministerial N° 332-2022- MINEM y Anexo.*

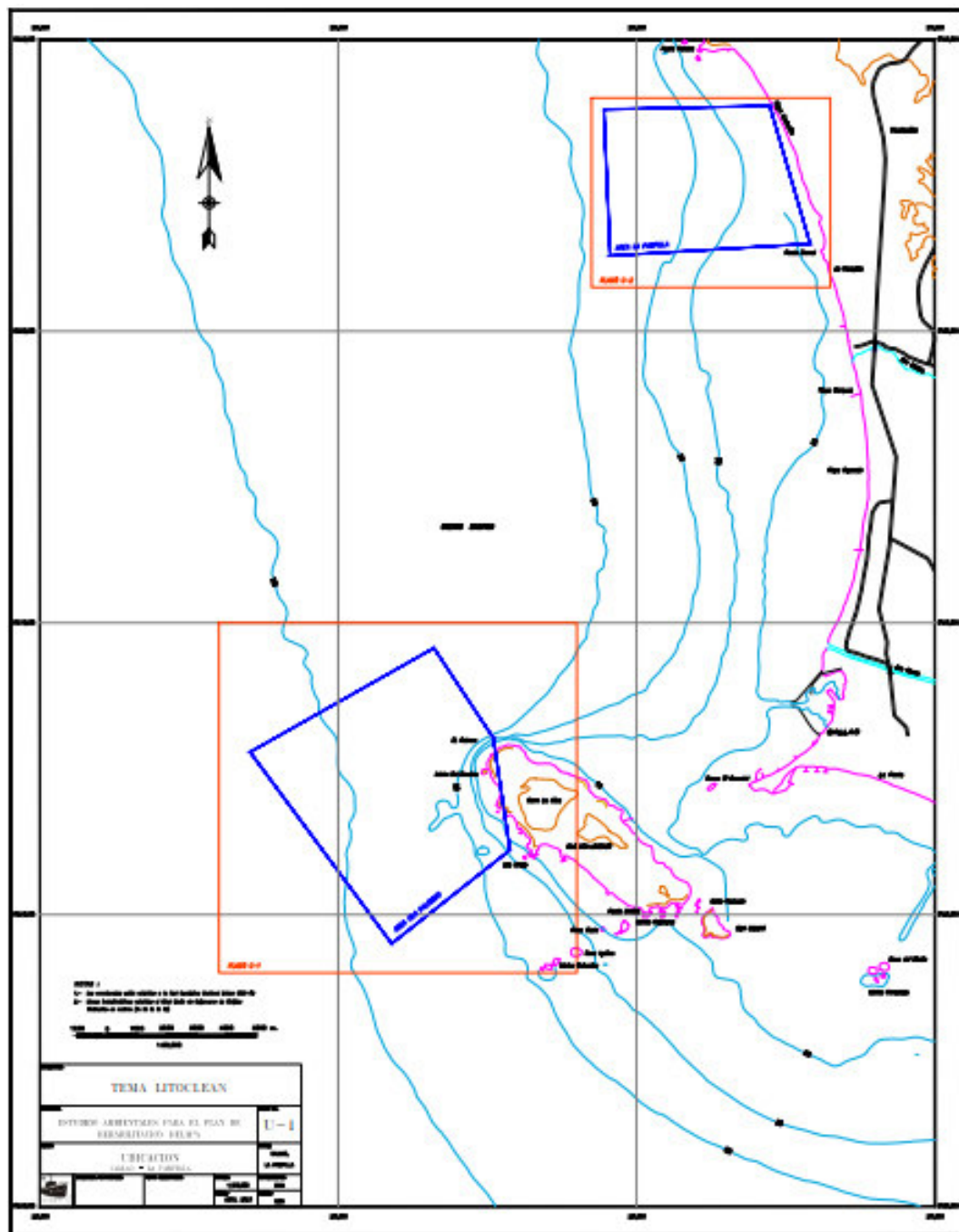
## VII. ANEXOS

### ANEXO 1. Ubicación del Proyecto

#### Zona de Chancay y Ancón



### Zona de Callao y La Pampilla



## ANEXO 2.

*Certificado de Ecosonda*

Especialistas en Tecnología de Posicionamiento GNSS GPS

[www.stonexperu.com](http://www.stonexperu.com)

Jesús María, 25 de Enero del 2023

Por medio del presente

# CERTIFICADO

STN PERU con nombre comercial Stonex Perú, certifica la **OPERATIVIDAD** del equipo:

**Modelo** : **Bathy 500 MF**  
**Número de Serie** : **B5MF - 0581**  
**Marca** : **SyQwest**  
**Propietario** : **Advíncula Ingenieros E.I.R.L. - RUC. 20602886311**

La operatividad del equipo que certificamos es referida a los valores técnicos estándar que el fabricante ofrece en funcionamiento (frecuencia, control e interfaces).

Se emite el presente documento para los fines que crean convenientes.

Atentamente,

  
Julio C. Tello Nicho  
Gerente General  
STN PERU





Especialistas en Tecnología de Posicionamiento GNSS GPS

www.stonexperu.com

### Características Técnicas

Equipo: Ecosonda Bathy-500MF  
 Marca : SyQwest  
 Modelo: Bathy 500 MF

Vigencia de Certificado			
Desde	25/01/2023	Hasta	25/01/2024

Estado Actual	
Estatus	OPERATIVO

Ecosonda Bathy500	
Control	Bi direccional a PC
Unidades	METROS
Pantalla	LCD (4L X 16CH)
Velocidad Sonido	SELECCIONABLE
Salida de Impresora	TERMICA INTERNA
Profundidad	HASTA 640 METROS
Interfase de Datos	RS 232 / 422
Salida de Datos de Navegación	NMEA – 0183 DBT
Entrada de Datos de Navegación	NMEA – 0183 GGA/GLL GPS
Offset	0 – 30 METROS



*Certificado de GPS*

8515 E. Anderson Drive  
Scottsdale, AZ 85255, USA

Phone: +1 480 348 6380. Fax: +1 270 5070.  
www.hemispheregnss.com

### Differential Signal Activation Certificate

December, 30, 2020

We certify that the Hemisphere Model A222 equipment, whose data can be seen in the table below, has the Atlas H50 differential signal activated with a perpetual duration:

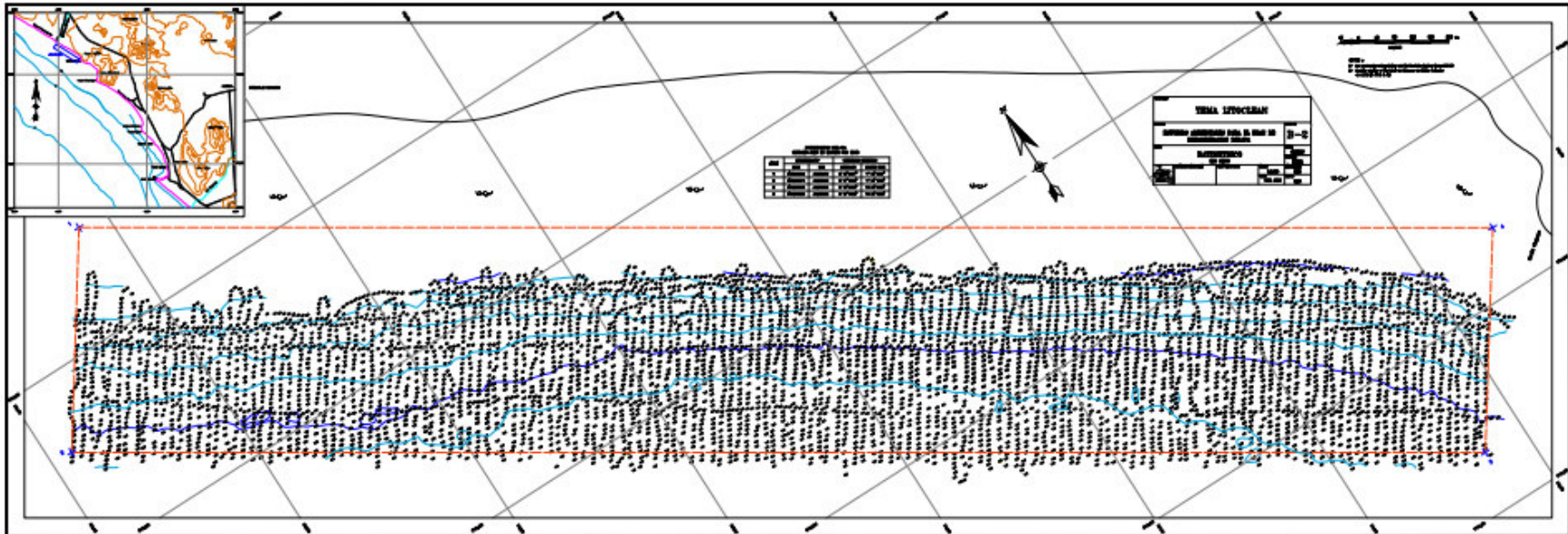
Equipment	PO Date	Period of Duration
Brand: Hemisphere Model: A222 ESN: 19425611 SN: C1919-03348-02-173 Owner: Advincola Ingenieros EIRL	12-29-2020	Perpetual

Mark Sprague  
 Sr Business Development Manager – Americas  
 msprague@hgns.com  
 HEMISPHERE GNSS  
 8515 E. Anderson Drive  
 Scottsdale, AZ 85255, USA  
 Mobile: 1-408-204-7009  
 www.hgns.com

**ANEXO 3***Estaciones mareográficas de Chimbote y Callao*

# ANEXO 4

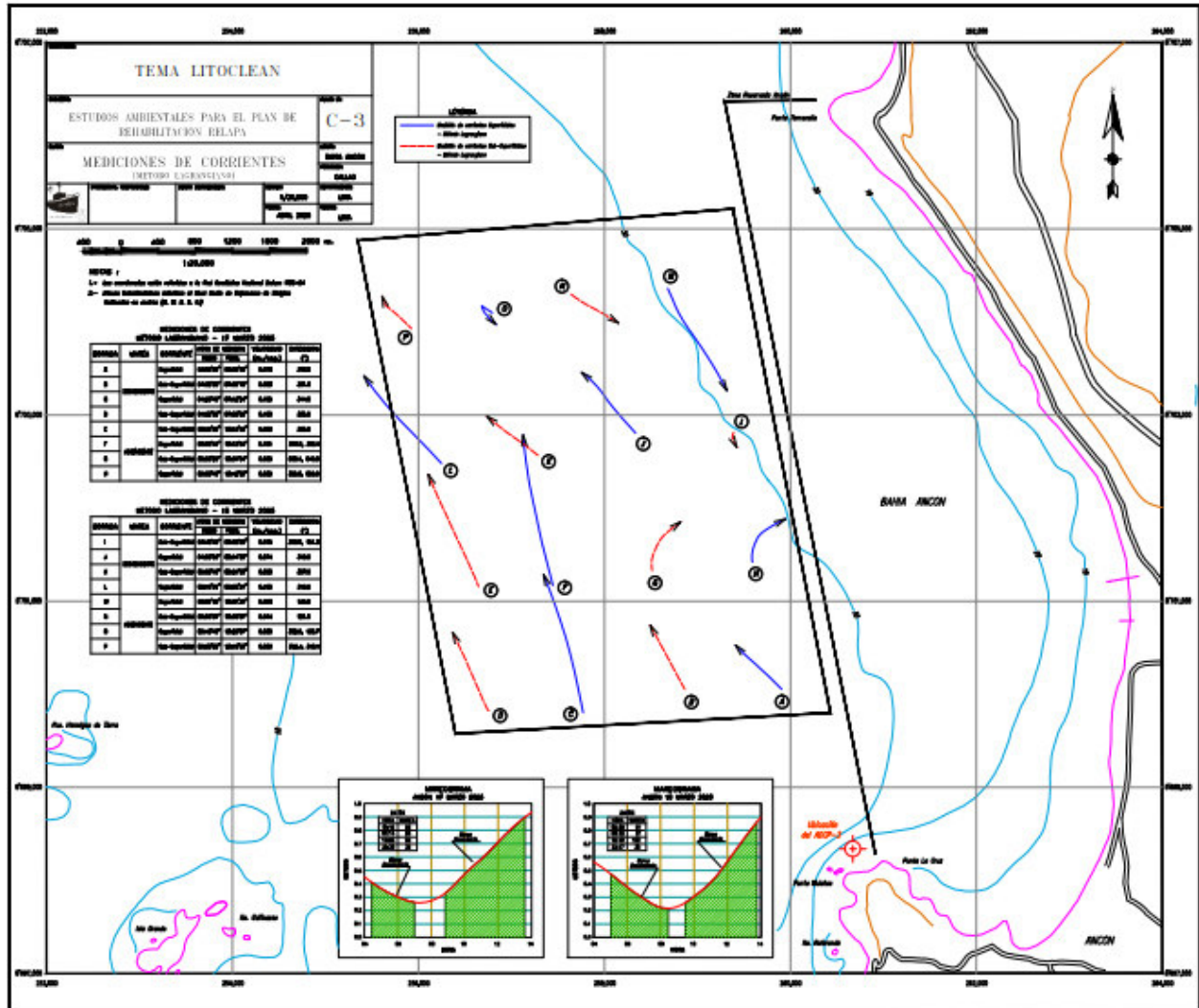
## Plano Batimétrico B-2

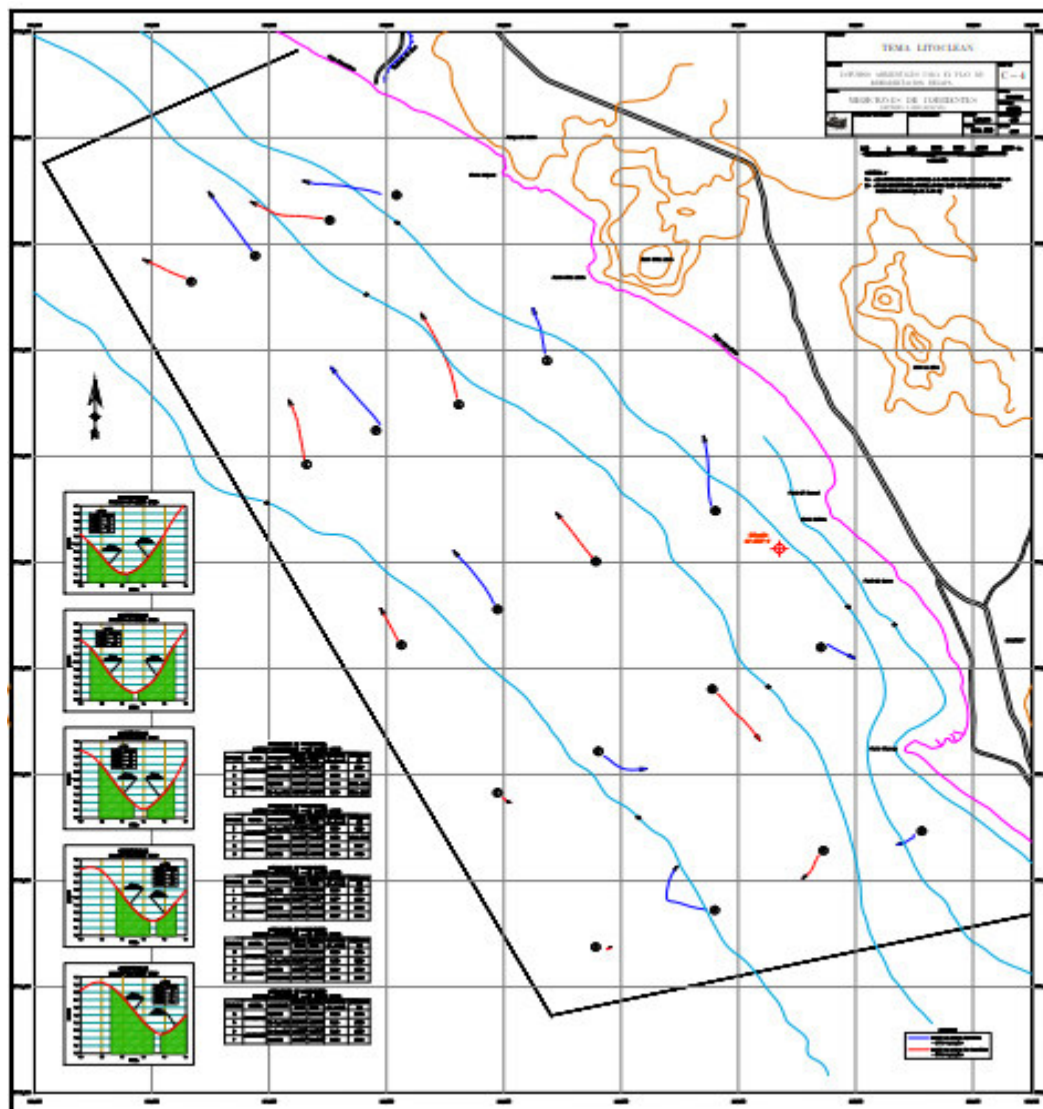




ANEXO 5

Plano Mediciones de Corrientes C-3.



*Plano Mediciones de Corrientes C-4*

Plano Mediciones de Corrientes C-1

