



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
CALIDAD AMBIENTAL DEL LECHO MARINO DEL TERMINAL PORTUARIO DEL
CALLAO A PARTIR DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES
DE GRANULOMETRÍA Y GEOQUÍMICA DE LOS SEDIMENTOS MARINOS

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

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

Autor:

Vilca Cabrera, Yuri

Asesor:

García Chávez, Luis Ángel

ORCID: 0000-0002-2508-2749

Jurado:

Zamora Talaverano, Noe Sabino

Paricoto Simón, Maria Mercedes

Valderrama Valeriano, José Manuel

Lima - Perú

2024



VILCA CABRERA

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

16%

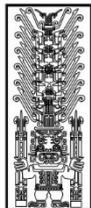
PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	5%
2	docplayer.es Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.ositran.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	vsip.info Fuente de Internet	1%
7	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA del Proyecto Conversión a Ciclo Combinado de la Central Termoeléctrica Chilca 1-IGA0001399", R.D. N° 123-2010-MEM/AAE, 2021 Publicación	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y
ECOTURISMO**

**CALIDAD AMBIENTAL DEL LECHO MARINO DEL TERMINAL PORTUARIO
DEL CALLAO A PARTIR DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LAS
CONCENTRACIONES DE GRANULOMETRÍA Y GEOQUÍMICA DE LOS
SEDIMENTOS MARINOS**

Línea de Investigación:

Biodiversidad, Ecología y Conservación

Informe de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Vilca Cabrera, Yuri

ORCID: 0009-0006-9717-7321

Asesor:

García Chávez, Luis Ángel

ORCID: 0000-0002-2508-2749

Jurado:

Zamora Talaverano, Noe Sabino

Paricoto Simón, Maria Mercedes

Valderrama Valeriano, José Manuel

Lima - Perú

2024

Dedicatoria:

A mi familia, quienes representan
la fortaleza y la unión.

A mi esposa Angela Milagros y a mis
hijos Mathias Valentino y Matheo
Salvador, quienes confluyen y le dan
forma a mi vida.

A mis padres, por la vida y la
oportunidad de poder estudiar.

Agradecimiento:

A mi madre, amiga y cómplice en esta aventura formativa. Sra. Faustina Cabrera Huaroto, gracias por sus palabras y apoyo constante.

INDICE

<i>RESUMEN</i>	6
<i>ABSTRAC</i>	7
<i>I. INTRODUCCIÓN</i>	8
1.0 <i>Trayectoria del autor</i>	8
1.1 <i>Descripción de la empresa</i>	11
1.1.1 <i>Misión</i>	11
1.1.2 <i>Visión</i>	12
1.1.3 <i>Compromiso</i>	12
1.2 <i>Áreas y funciones desempeñadas</i>	14
<i>II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA</i>	16
2.1 <i>Proyecto: Terminal de contenedores en el terminal portuario del Callao, zona sur fase 2</i>	16
2.1.1 <i>Contexto del área del proyecto</i>	18
2.1.2 <i>Contexto de evaluación previa</i>	20
2.1.3 <i>Contexto normativo.</i>	22
2.2 <i>Objetivos</i>	23
2.2.1 <i>Objetivo General</i>	23
2.2.2 <i>Objetivo Especifico</i>	23
2.3 <i>Metodología</i>	24
2.4 <i>Resultados</i>	25
<i>III. APORTES MAS DESTACABLES A LA EMPRESA</i>	48
<i>IV. CONCLUSIONES</i>	49
<i>V. RECOMENDACIONES</i>	50
<i>VI. REFERENCIAS</i>	51
<i>VII. ANEXOS</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la institución. _____	13
Figura 2. Ubicación del proyecto _____	19
Figura 3. Ubicación de puntos de muestreo de calidad de sedimento marino. _____	21
Figura 4. Variación temporal de la granulometría. _____	26
Figura 5. Variación temporal del porcentaje de Materia Orgánica. _____	28
Figura 6. Variación temporal de las concentraciones de Arsénico (As). _____	30
Figura 7. Variación temporal de la concentración de Cadmio (Cd). _____	32
Figura 8. Variación temporal de las concentraciones de Cobre (Cu). _____	34
Figura 9. Variación temporal de la concentración de Cromo (Cr). _____	36
Figura 10. Variación temporal de las concentraciones de Mercurio (Hg). _____	38
Figura 11. Variación temporal de la concentración de Níquel (Ni). _____	40
Figura 12. Variación temporal de la concentración del metal Plata (Ag). _____	42
Figura 13. Variación temporal de la concentración del Plomo (Pb). _____	44
Figura 14. Variación temporal de la concentración del Zinc. _____	46

RESUMEN

El presente informe de suficiencia profesional tiene como objetivo determinar la calidad ambiental del lecho marino del terminal portuario del Callao a través de la variación temporal de las concentraciones de granulometría y geoquímica de los sedimentos marinos, establecer zonas de concentración de elementos geoquímicos, evaluando la textura, materia orgánica y metales como arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), zinc (Zn) y mercurio (Hg), estos específicamente porque son contaminantes introducidos por actividad antrópica en los sedimentos superficiales. El proyecto se encuentra ubicado en el distrito del Callao, provincia constitucional del Callao, en la región Callao, departamento de Lima, dentro del terminal portuario del Callao. La proporción de arena, limo y arcilla que se encuentran en las estaciones evidencia una tendencia a texturas arenosa, areno francosa y franco arenoso. El porcentaje promedio de materia orgánica en verano (7.76%), es mayor a los porcentajes obtenidos en temporada de invierno (3.87%). Las cuatro zonas evaluadas presentan concentraciones elevadas de Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, y Zinc, estos elementos superan el estándar PEL específico para cada metal. Considerando los valores de las concentraciones obtenidas en los muestreos trimestrales, la temporalidad, las estaciones evaluadas, los parámetros granulométricos y geoquímicos, se puede concluir que el lecho marino del área estudiada presenta zonas con concentraciones elevadas de metales en el sedimento marino, que representan posible deterioro de la calidad ambiental en el terminal portuario del Callao.

Palabra clave: sedimento marino, terminal portuario, granulometría, geoquímica, lecho marino.

ABSTRAC

The purpose of this professional sufficiency report is to determine the environmental quality of the seabed of the Callao port terminal through the temporal variation of the concentrations of granulometry and geochemistry of marine sediments, to establish zones of concentration of geochemical elements, to evaluate the texture, organic matter and metals such as arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), nickel (Ni), silver (Ag), lead (Lead), and lead (Cr), evaluating texture, organic matter and metals such as arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), nickel (Ni), silver (Ag), lead (Pb), zinc (Zn) and mercury (Hg), these specifically because they are contaminants introduced by anthropogenic activity in surface sediments. The project is located in the district of Callao, constitutional province of Callao, in the Callao region, department of Lima, within the Callao port terminal. The proportion of sand, silt and clay found in the stations shows a tendency to sandy, sandy loam and sandy loam textures. The average percentage of organic matter in summer (7.76%) is higher than the percentages obtained in winter (3.87%). The four evaluated zones present high concentrations of Arsenic, Cadmium, Copper, Mercury, Lead, and Zinc, these elements exceed the specific PEL standard for each metal. Considering the values of the concentrations obtained in the quarterly samplings, the seasonality, the evaluated stations, the granulometric and geochemical parameters, it can be concluded that the seabed of the studied area presents zones with high concentrations of metals in the marine sediment, which represent deterioration of the environmental quality in the port terminal of Callao.

Keyword: marine sediment, port terminal, granulometry, geochemistry, seabed.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Trayectoria del autor

Especialista en gestión ambiental, supervisión de trabajos de alto riesgo, implementador de sistemas de gestión de seguridad, salud, higiene ocupacional y medio ambiente, egresado de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), escuela profesional de Ingeniería Ambiental, con maestría culminada en seguridad e higiene ocupacional en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), con maestría culminada en prevención de riesgos laborales y ambientales en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

Actualmente estoy laborando como Gerente General en la empresa CONSULMAS SAC, dirijo los servicios especializados en gestión ambiental en el proyecto “Terminal de Contenedores en el Terminal Portuario del Callao, Zona Sur - Fase 2”. Siendo el titular del proyecto la empresa DP WORLD CALLAO S.R.L. (DP World). Desde el 01 de julio del 2021 hasta la actualidad.

Labore en la empresa SUBTECH S.A.C. Empresa especialista en mantenimiento subacuático de obras portuarias, en el proyecto de mejoramiento de la toma de agua de mar en el terminal multiboyas de mina Justa, MARCOBRE, con el cargo de supervisor HSE senior, desde mayo a diciembre del 2021.

Trabaje en la empresa transnacional Soletanche Bachy Peru S.A., empresa especialista en cimentaciones, tecnología de suelos y construcción de muros pantalla, que brinda servicios a empresas del rubro minero, construcción, transportes y comunicaciones, con el cargo de supervisor HSE senior, en diversos proyectos de la construcción de la línea 2 del Metro de Lima y Callao, específicamente en la estación cuatro (4), estación (3) y

estación uno (1), del consorcio constructor metro 2 de lima (CCM2L), desde julio del 2019 hasta mayo del 2021.

Realice trabajos de consultoría en la empresa DIACONIA, específicamente en la elaboración de estudios de pre-inversión e inversión en la región Ayacucho, lote VIII, del programa de mejoramiento y ampliación de servicios de agua y saneamiento en Perú (PROCOES). Elabore nueve (9) diagnósticos ambientales y una (01) ficha de clasificación ambiental (FICA), para la localidad de Anyay, así mismo desarrolle ocho (08) fichas técnicas ambientales (FTA) para las localidades de Santa Catalina de Tranca, Magnupampa, Incaraccay, Osqoqocha, Pacobamba, Huallahuara, Auquiraccay y Punqui respectivamente, también desarrolle certificaciones y autorizaciones ambientales de acuerdo a los términos de referencia (TDR) de los distritos de San Miguel y Anco, provincia de la Mar, departamento de Ayacucho desde agosto del 2012 hasta diciembre del 2013.

Laboré en la empresa Mota Engil Peru S.A. (MEP). Empresa que brinda servicios de procura, minería y construcción, como supervisor de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, siendo responsable de la sede central, así mismo fui destacado a proyectos de la Cía. Minera Chinalco S.A. específicamente en el proyecto de construcción de la nueva ciudad de Morococha, en Carhuacoto – Junín, así mismo fui destacado al consorcio vial, Valle Sagrado para el proyecto de construcción y mantenimiento de la carretera Cusco - Quillabamba (COSAPI – MEP). Laborando desde el 21 de junio del 2010 hasta 30 de setiembre del 2013.

Trabajé como asistente de proyectos en el área de seguridad y medio ambiente en la consultora Grupo GyA S.A.C. Desarrollando estudios ambientales para diversos sectores económicos del país, fui parte del equipo de especialistas que desarrollo el estudio de impacto ambiental semi detallado (EIASd) del proyecto de exploración Castrejón de la

compañía (Cía.) Minera Buenaventura S.A.A. Desde setiembre del 2009 al 31 de marzo 2010.

Labore en la compañía (Cía.) Minera San Nicolás, en la unidad económica administrativa (UEA) Colorada, ubicada en la margen izquierda del rio Tingo, en Hualgayoc, Cajamarca, con el cargo de jefe de seguridad y medio ambiente, desarrollando actividades de control de drenaje ácido de mina, monitoreo de cianuro en canchas de lixiviación, monitoreo ambiental de la calidad del agua, aire y suelo, trabajos de supervisión en campo, socavón y áreas críticas, en estricto cumplimiento del D.S. 046-2001 EM. Desde junio a diciembre del 2008.

Labore en la consultora ambiental Setemin Ingenieros S.A.C. como especialista en monitoreo de calidad ambiental, desarrollando la línea base para el proyecto de explotación de puzolana para Cementos Pacasmayo en Cajamarca, así mismo desarrolle el levantamiento de observaciones del estudio de impacto ambiental semi detallado de Sider Peru, en la ciudad de Chimbote, Perú. Desde julio del 2007 al 30 mayo 2008.

Labore en la consultora ambiental Siglo XXI S.R.L. como especialista en monitoreo de calidad ambiental, desarrollando monitoreos de aire, agua, suelo, ruido, sedimento y supervisión de proyectos a nivel nacional.

Labore en CIA minera FMPA, en la unidad económica administrativa (UEA) Santa Rosa, ubicada en Huaral, como coordinador de seguridad y medio ambiente, desarrollando temas de seguridad e higiene minera, supervisión en campo, manejo de contratistas y trabajos en alto riesgo, de setiembre a diciembre del 2006.

1.2 Descripción de la empresa

Consultor Máster SGS SAC, en adelante CONSULMAS, es una empresa peruana que brinda servicios de consultoría en gestión ambiental, seguridad e higiene ocupacional, fue constituida el 7 de febrero del 2013, cuenta con inscripción vigente en el registro nacional de consultoras ambientales, específicamente en el servicio nacional de certificación ambiental para las inversiones sostenibles (SENACE), , tanto para el ministerio de energía y minas (MINEM) como para el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC).

Así mismo la empresa cuenta con inscripción vigente en el registro nacional de consultoras ambientales para elaborar estudios ambientales para el sector de la industria manufacturera del ministerio de la producción (PRODUCE), específicamente de la dirección general de asuntos ambiental de industria (DIGAMI).

Cuenta con certificado de registro N° 022-010922/R correspondiente a empresas y asociaciones relacionadas a la actividad acuática dentro de la competencia de la Autoridad Marítima Nacional, Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI) como consultora ambiental dedicada a la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental en el entorno acuático.

1.2.1 Misión

Proporcionar a las organizaciones, la oportunidad de reafirmar su compromiso de crecer y desarrollarse en un mercado de cambios constantes y competir basándonos en la prevención de accidentes, enfermedades y el cuidado del medio ambiente.

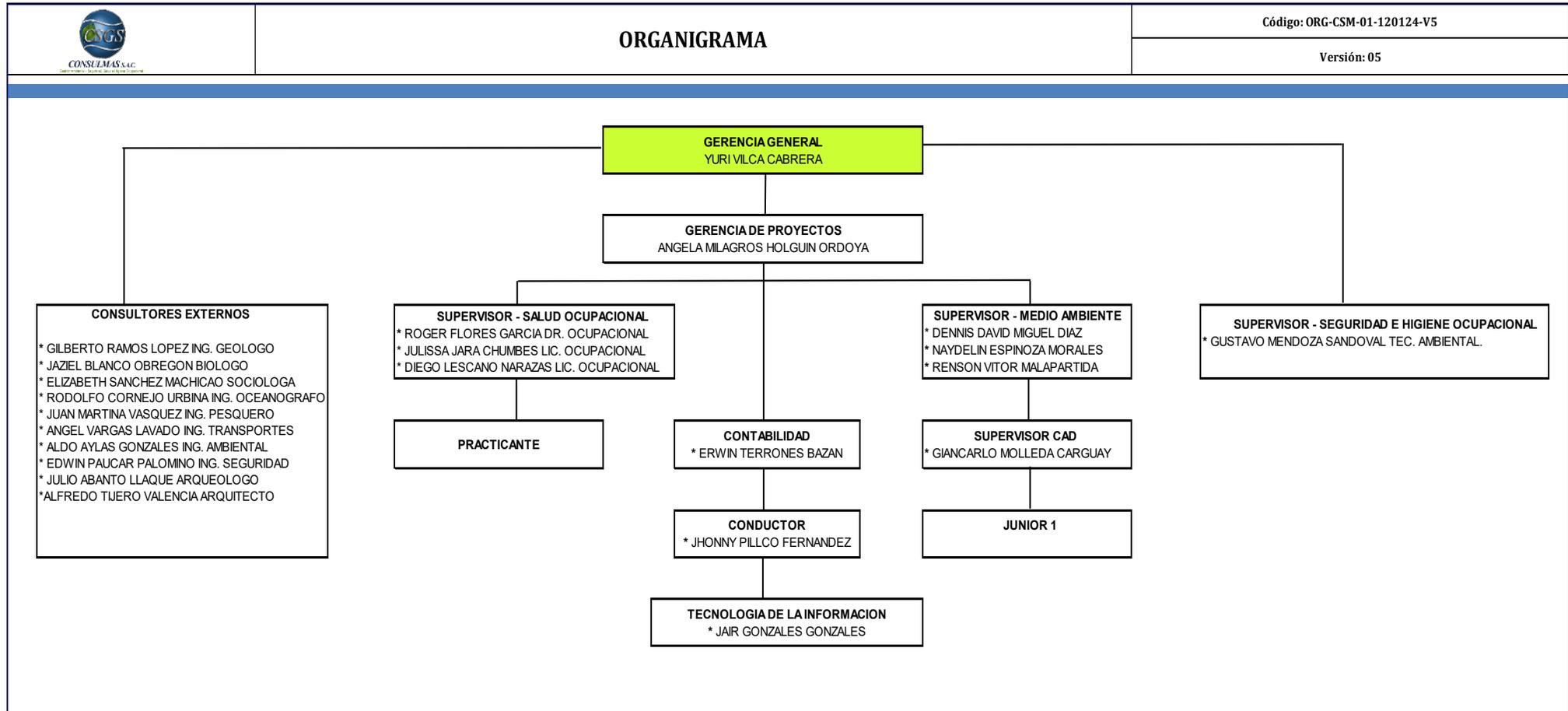
1.2.2 Visión

Consolidar a las organizaciones y a la nuestra, como una de las más seguras, eficientes y competitivas del país, en materia de Seguridad, Salud, Higiene Ocupacional y Medio Ambiente.

1.2.3 Compromiso

Para la empresa Consulmas, lograr la satisfacción del cliente es un requisito indispensable, que defiende con lealtad y responsabilidad.

Figura 1. Organigrama de la institución.



Nota: El organigrama fue extraído del brochure empresarial de Consulmas.

1.3 Áreas y funciones desempeñadas

La empresa Consulmas SAC, maneja tres (3) divisiones dentro de sus procesos institucional, estas divisiones son: División de Medio ambiente, División de Seguridad y Salud en el Trabajo y División de Higiene Ocupacional, a continuación, detallo las funciones desempeñadas.

- Desarrollo integral de instrumentos de gestión ambientales (IGA).
- Elaboración de instrumentos preventivos, correctivos y complementarios.
- Supervisión de trabajos de monitoreo de calidad de aire, calidad de ruido, componente biológico e hidrobiológico, calidad de agua y calidad de sedimento marino.
- Elaboración de informes de monitoreo ambiental.
- Realización de inspecciones de campo a diferentes proyectos a nivel nacional.
- Desarrollo de monitoreos de vibración.
- Supervisión de trabajos de alto riesgo.
- Supervisión de medio ambiente.
- Seguimiento y supervisión del sistema de gestión medio ambiental.
- Supervisión de trabajos de izaje, carga, movimiento de tierras, trabajos en caliente, excavaciones, maquinaria pesada, materiales peligrosos, trabajos eléctricos, movilización y desmovilización de equipos pesados.
- Desarrollo de monitoreos ocupacionales de agentes físicos, químicos, disergonómicos y psicosociales.
- Elaboración de diagnósticos ambientales, fichas de clasificación ambiental.
- Elaboración de fichas técnicas ambientales (FTA).

- Certificaciones y autorizaciones ambientales de acuerdo con los términos de referencia (TDR).
- Asegurar el cumplimiento del programa de seguridad e higiene minera.
- Impartir capacitaciones de seguridad e higiene minera.
- Verificar los cumplimientos de los estándares de seguridad.
- Capacitación en temas de seguridad e higiene minera.
- Elaboración de las matrices de identificación de peligros, evaluación y control de riesgos (IPERC) de los diferentes procesos y actividades de las organizaciones.
- Efectuar permanentemente inspecciones periódicas e inopinadas para verificar el cumplimiento de las normas y procedimientos establecidos.
- Liderar la ejecución del plan de auditorías tanto internas como externas en materia de seguridad, salud en el trabajo y medio ambiente.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA

Calidad Ambiental del Lecho Marino del Terminal Portuario del Callao a partir de la Variación Temporal de las Concentraciones de Granulometría y Geoquímica de los Sedimentos Marinos.

2.1 Proyecto: Terminal de contenedores en el terminal portuario del Callao, zona sur fase 2

El 26 de julio del 2006, se suscribió el contrato de concesión a través de la Autoridad Portuaria Nacional (APN), entre el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y el concesionario, representado por DP World Callao S.R.L. (DP World). La citada concesión fue entregada por 30 años; para el diseño, construcción, financiamiento, conservación y explotación del nuevo terminal de contenedores de la zona sur, en el terminal portuario del Callao.

En el año 2008, se obtiene la primera certificación ambiental mediante Resolución Directoral (RD) N° 013-2008-MTC/161, para la fase uno y se inicia la construcción en la rada del puerto del Callao, iniciándose la operación el 18 de agosto de 2010.

Adicionalmente, como medida de protección a la infraestructura existente de la fase uno, DP World realiza la fase 1B, que consiste en la construcción de un área de 1.5 ha. En la zona exterior del rompeolas sur, para este caso se obtuvo un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), aprobado por la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAAM) del MTC, mediante RD N° 111-2013-MTC/16.

El 27 de febrero del 2020 el MTC y DP World suscribieron una adenda para la construcción de la fase dos del muelle sur, obteniéndose la RD N° 0490-2021-MTC/16, que

aprueba el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd) del proyecto Terminal de Contenedores en el Terminal Portuario del Callao, Zona Sur, Fase 2, el 19 de julio del 2021.

Mota Engil Perú S.A. (MEP) obtuvo la buena pro para desarrollar el proyecto Terminal de Contenedores en el Terminal Portuario del Callao, Zona Sur, Fase 2, en lo sucesivo El Proyecto.

EL 27 de julio del 2021, MEP contrata los servicios de Consultor Master SGS SAC (CONSULMAS), para desarrollar íntegramente el plan de seguimiento y monitoreo ambiental incluido en la Estrategia de Manejo Ambiental (EMA) del EIASd del Proyecto.

El informe de suficiencia profesional que se desarrolla pretende aportar valores de concentración, zonas de enriquecimiento, variación de las concentraciones de elementos geoquímicos en sedimento marino, que sirvan de referencia para estimar la calidad ambiental del lecho marino en la línea del tiempo en la que se desarrolla el proyecto.

Como se señala en el artículo (Pineda M., V., 2009) “Granulometría y Geoquímica de los Sedimentos Marinos en el área Comprendida Entre el Seno Reloncaví y Golfo Corcovado, Chile. Crucero CIMAR 10 Fiordos” se citó en (Azevedo, 1988). Los sedimentos reflejan la calidad ambiental del lecho marino, así como las variaciones temporales de ciertos parámetros geoquímicos. La acumulación de sedimentos es importante para la identificación, muestreo y distribución de la geoquímica contaminante, debido a que estos metales son fijados en los sedimentos por las arcillas, óxidos hidratados de Fe, Mn y Al, carbonatos y materia orgánica.

Como se señala en el artículo (Pineda M., V., 2009) “Granulometría y Geoquímica de los Sedimentos Marinos en el área Comprendida Entre el Seno Reloncaví y Golfo Corcovado, Chile. Crucero CIMAR 10 Fiordos” se citó en (Silva, 2006). Gran porcentaje

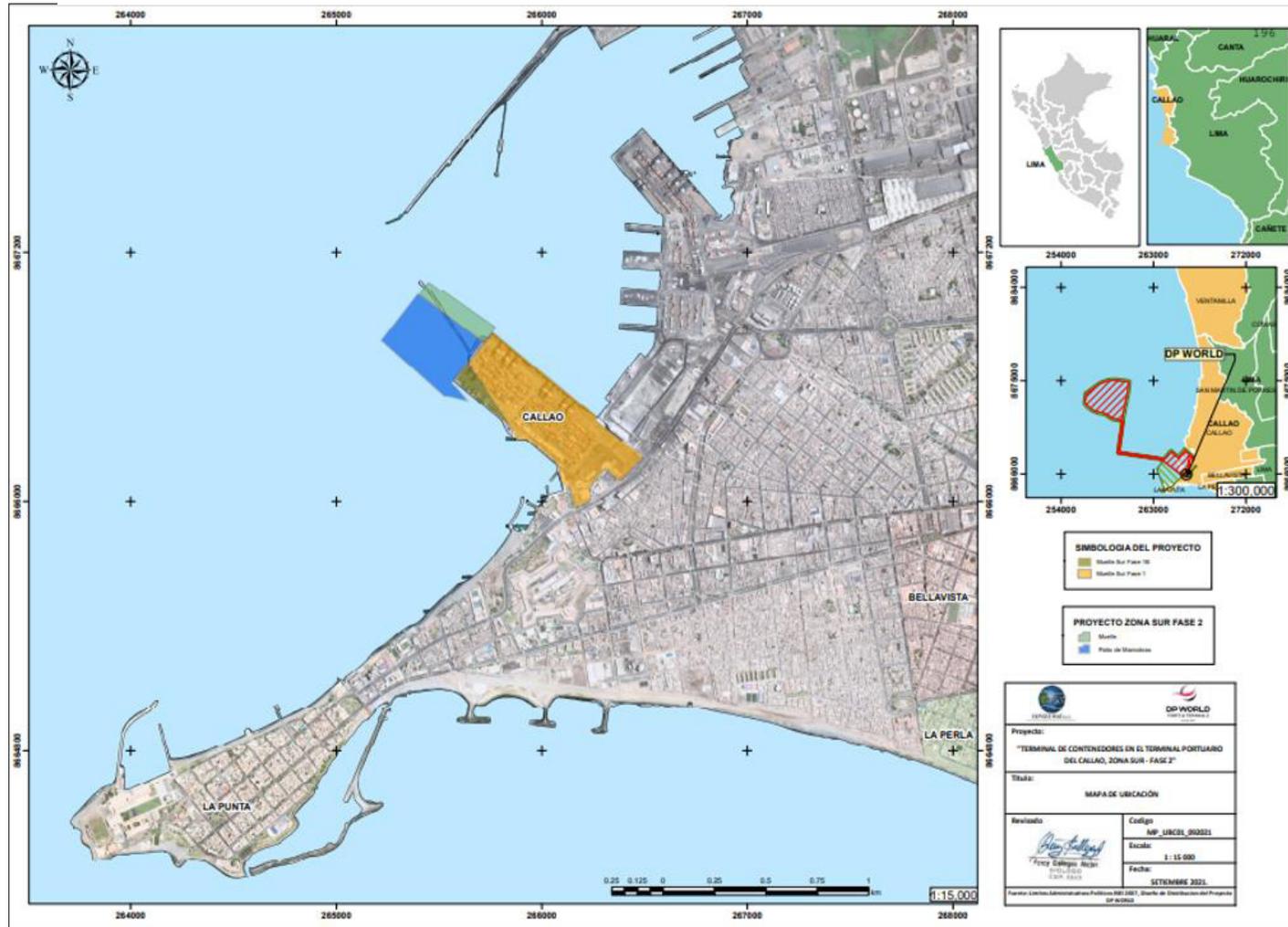
de los sedimentos contienen materia orgánica y en algunos casos es un componente importante. El porcentaje de materia orgánica conservada en los sedimentos depende entre otros factores, de la textura de los sedimentos marinos, de la tasa de sedimentación y de la relación que existe entre la velocidad de aporte y la descomposición de la materia orgánica.

Como se señala en el artículo (Pineda M., V., 2009) “Granulometría y Geoquímica de los Sedimentos Marinos en el área Comprendida Entre el Seno Reloncaví y Golfo Corcovado, Chile. Crucero CIMAR 10 Fiordos” se citó en (Law, 2000). La acumulación de metales en el lecho marino puede deberse principalmente a la actividad antrópica, sin embargo, existen procesos naturales, como el vulcanismo, la meteorización y la erosión de las rocas. Algunos metales como Cu, Mn, Fe, y Zn son micronutrientes esenciales, otros como el Hg, Cd y Pb no son requeridos por los organismos, ni siquiera en pequeñas cantidades. Todos los elementos geoquímicos, en concentraciones elevadas, son tóxicos para la vida acuática y humana.

2.1.1 Contexto del área del proyecto

Políticamente, el proyecto se encuentra ubicado en el distrito del Callao, provincia constitucional del Callao, en la región Callao, departamento de Lima, dentro del terminal portuario del Callao, geográficamente en la ensenada que forma la bahía del Callao, entre la punta Bernal y el cabezo norte de la isla San Lorenzo, en el Océano Pacífico. En la figura 1, se presenta el área y los componentes del proyecto.

Figura 2. Ubicación del proyecto



Nota. Fuente: Consulmas SAC.

2.1.2 Contexto de evaluación previa

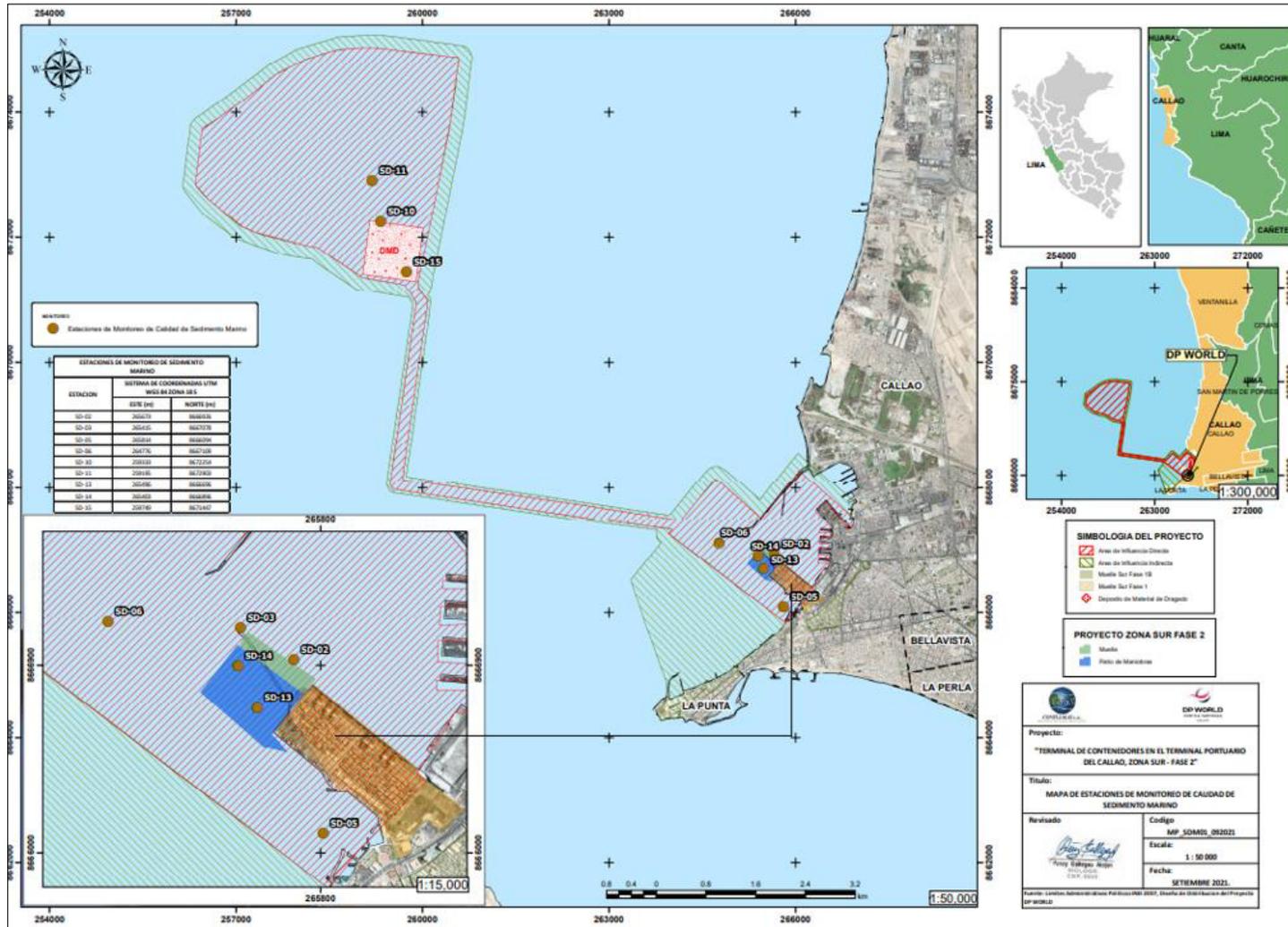
En el contexto de desarrollo del EIASd, la evaluación de los componentes ambientales se realizó mediante el muestreo de campo en los meses de setiembre del 2009 y abril del 2020, temporada de invierno y verano respectivamente, teniendo en cuenta el criterio de estacionalidad que se establece el art. 28 del (Reglamento de Protección Ambiental del Sector Transporte - D.S. 004-2017-MTC). En los dos periodos se realizaron levantamiento de información de parámetros de calidad de agua y sedimento marino, este último, materia y objeto del informe.

La evaluación de la calidad de sedimentos marinos se realizó como parte de línea base física del EIASd, con el objetivo de conocer las características físicas y químicas de los sedimentos del fondo marino que permita evaluar las condiciones ambientales existentes antes del inicio de las obras del proyecto.

Las estaciones de muestreo de sedimento marino se establecieron teniendo en cuenta la ubicación de los componentes del proyecto, la dirección de las corrientes, tipo de sustrato, las cuales están distribuidas en el entorno de la rada del puerto del Callao, cabe mencionar que para objeto del estudio no se tomara en cuenta las estaciones ubicadas en el área designada para depósito de material de dragado (DMD-Zona C).

Las estaciones de muestreo de calidad de sedimento marino son presentadas gráficamente en la Figura 3. Así mismo, los puntos y coordenadas UTM son presentadas en el Anexo A. Estaciones de muestreo de calidad de sedimento marino.

Figura 3. Ubicación de puntos de muestreo de calidad de sedimento marino.



Nota. Fuente: Consulmas SAC.

Se especifica que en la línea base física se tomaron catorce (14) estaciones de muestreo, sin embargo, en el EMA se programaron solo 9 estaciones de muestreo, las cuales se muestran en el Anexo A. Solo la estación 15 no se encuentra especificada en la línea base física del proyecto. Para cuestiones de seguimiento y comparación, tomaremos las estaciones especificadas en el EMA.

Las muestras de calidad de sedimento marino para la línea base del EIASd fueron tomadas y analizadas por los laboratorios JRAMON DEL PERÚ S.A.C y XERTEK LIFE S.A.C. Los cuales se encuentran acreditados mediante el registro LE-028 y LE-151 respectivamente, ante el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) en cumplimiento con la NTP-ISO/IEC 17025 (NTP, 2006).

2.1.3 Contexto normativo.

En el Perú no existe referencia normativa para la calidad de sedimento marino, en base a ello se toma como referencia de comparación, las concentraciones obtenidas en la línea base física y las concentraciones establecidas en las directrices canadienses de calidad ambiental, por sus siglas en inglés (CEQG), valores guía para la protección de la vida acuática, las cuales establecen dos tipos de estándares para sedimentos marinos (CCME. 2001).

Normativa canadiense

- Interim Sediment Quality Guidelines (ISQG): Por debajo de los cuales no se esperan efectos biológicos adversos. (CCME. 2001)
- Probable Effect Level (PEL): Concentración por encima de las cuales los efectos biológicos adversos se encuentran con frecuencia. (CCME. 2001)

2.2 Objetivos

2.2.1 *Objetivo General*

Determinar la calidad ambiental del lecho marino del terminal portuario del Callao a través de la variación temporal de las concentraciones de granulometría y geoquímica de los sedimentos marinos.

2.2.2 *Objetivo Especifico*

- Establecer zonas de concentración elevada de metales contaminantes.
- Aportar valores de concentración de elementos geoquímicos en sedimento marino.
- Conocer las características químicas de los sedimentos de fondo marino.

2.3 Metodología

Para realizar el muestreo de los sedimentos marinos se estableció un planeamiento estratégico que incluye; elaboración y aprobación de planes de trabajo, permisos de muestreo, alquiler de embarcación, capacitación al personal, equipos de monitoreo, insumos y envases para transporte de muestras, gestión de aseguramiento de cadenas de custodia y fichas de campo.

El muestreo se realizó en la embarcación Mi Pequeño Sembrador 1, con número de matrícula CO-18310-MM y con certificado de seguridad para naves otorgado por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI).

El muestreo se realizó trimestralmente desde el 25 de agosto del 2021 hasta el 20 de mayo del 2024, fecha en la que se culminó el programa de monitoreo.

La batimetría y ubicación de estaciones fueron desarrollados en la línea base del EIASd y los puntos de muestreos se plasmaron en el EMA.

Las muestras fueron obtenidas utilizando una draga van ven de 0,05 m² de área de cobertura, implementado con una driza de nilón de 50 metros de longitud.

La metodología de ensayo utilizado por el laboratorio R-LAB se presenta en el Anexo F. Métodos de ensayo para la calidad de sedimento marino.

El muestreo de sedimento marino se realizó siguiendo el protocolo de muestreo y análisis de suelo NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma oficial mexicana, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis (31 de diciembre del 2002).

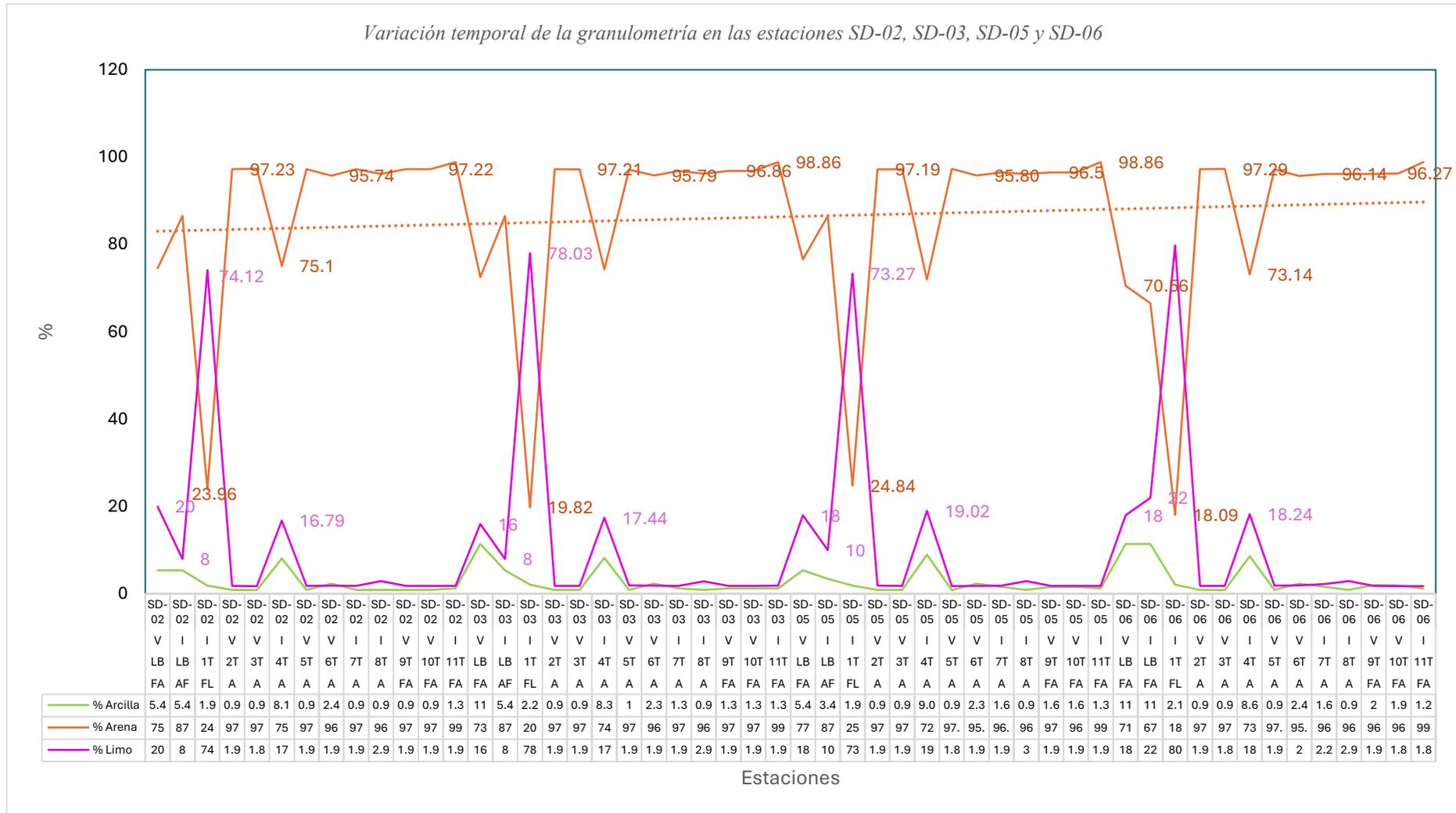
2.4 Resultados

Las muestras fueron colectadas por la empresa CONSULMAS y los resultados fueron obtenidos a partir de los reportes de un laboratorio acreditado por INACAL. Las concentraciones obtenidas fueron procesados por el autor en tablas y gráficos para una mejor comprensión, se utilizó la data de los monitoreos realizados en la línea base ambiental, tanto para la temporada de verano e invierno, así mismo se utilizó la data generada en los once (11) trimestres correspondientes al desarrollo del proyecto, respetando la variación de la estacionalidad requerida en las normas nacionales.

En los cuadros y gráficos se presenta las concentraciones de los agentes granulométricos y geoquímicos del sedimento marino, organizadas por estaciones de monitoreo, las cuales fueron establecidas en el EMA del EIA_sd para el proyecto. Se tomaron en cuenta cuatro (4) estaciones de monitoreo, teniendo en cuenta que las estaciones SD-02, SD-03, SD-05 y SD-06 fueron muestreadas en todas las etapas del proyecto, además se precisa que la ubicación de estos puntos de control se encuentra frente al área más próxima de la estructura del proyecto. Las estaciones SD-10, SD-11 y SD-15 fueron tomadas en el área donde se depositó el material de dragado (DMD), estas estaciones no son tomadas en cuenta en el presente informe.

A continuación, se presentan los resultados y el análisis por parámetros y estaciones de muestreo, con la finalidad de determinar la calidad ambiental, establecer zonas de concentración elevada de metales, así como aportar valores de concentraciones de elementos geoquímicos.

Figura 4. Variación temporal de la granulometría.



Nota. Fuente: Valores extraídos del reporte de laboratorio R-LAB

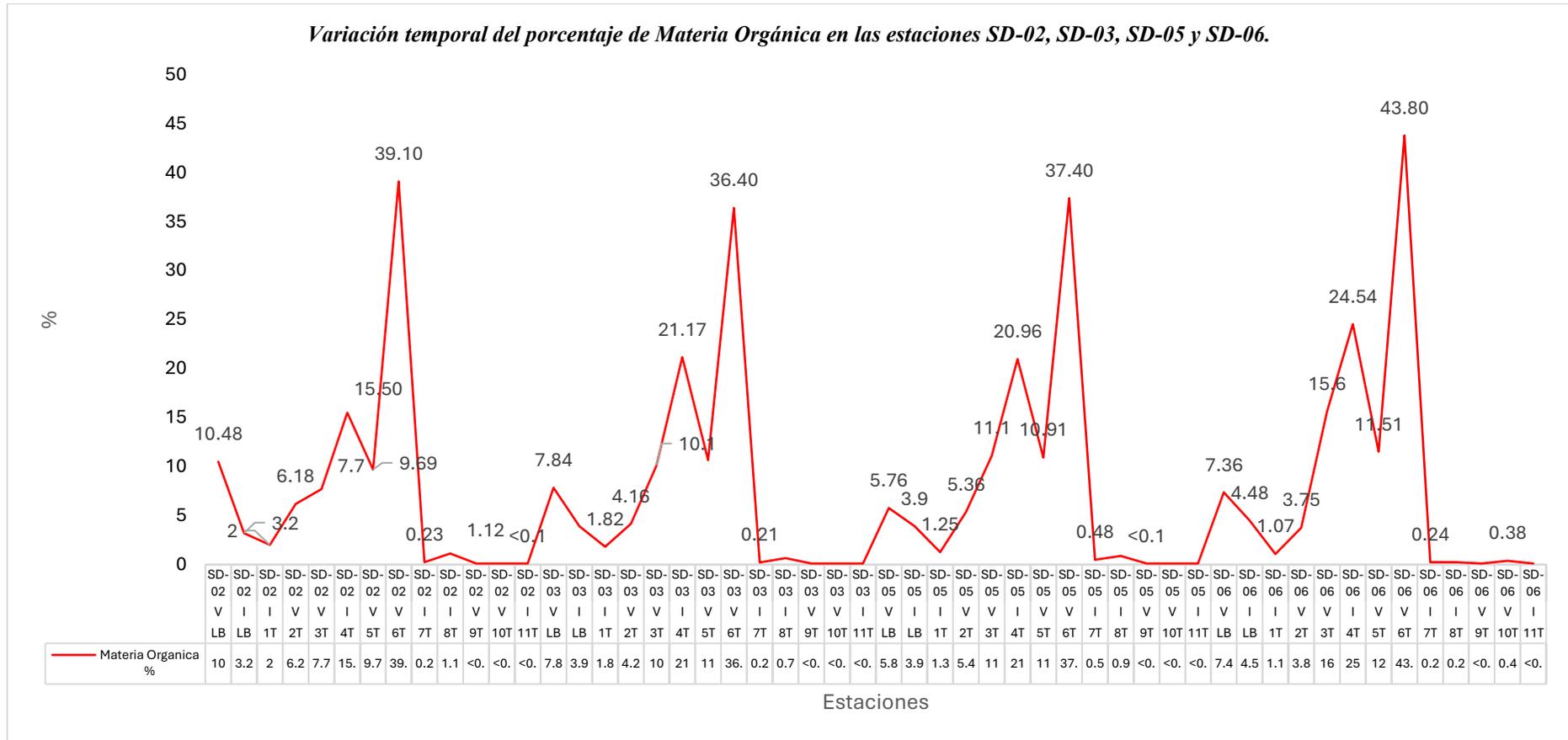
La proporción de arena, limo y arcilla que se encuentran en las estaciones evidencia una tendencia a texturas arenosa, areno francosa y franco arenoso según el triángulo textural modificado por Shepard (1954).

Los sedimentos muestreados en la línea base ambiental, en la temporada de verano presentan un porcentaje promedio de 74% de arena y en la temporada de invierno un promedio de 82%, estos valores muestran una tendencia arenosa, areno francosa y franco arenoso.

El muestreo realizado en el primer trimestre, en la temporada de invierno, muestra que las 4 estaciones SD-2 (74%), SD-3 (78%), SD-5 (73%) y SD-6 (80%) presentan un promedio de 76.25% de limo, presentando una tendencia limosa y franco limosa, esta tendencia es atípica con relación a todas las temporadas muestreadas.

Los muestreos realizados desde el segundo al onceavo trimestre, en la estación SD-02 presentan un promedio de 94.93% de arena, en la estación SD-03 el promedio es de 94.73 % de arena, en la estación SD-05 el promedio es 94.4 % y en la estación SD-06 el promedio es 94.41 %, estos resultados muestran una tendencia arenosa, areno francosa y franco arenoso. Cabe resaltar que, en el onceavo trimestre, en temporada de invierno, en las 4 estaciones, se encontró valores de 98.86% de arena.

Figura 5. Variación temporal del porcentaje de Materia Orgánica.



Nota. Fuente: Valores extraídos del reporte de laboratorio R-LAB

Los porcentajes de materia organica en la linea base, en la tempora de verano, para la estacion SD-02, ubicada en el muelle de atraque del puerto, es 10% y en la temporada de invierno es de 3.2%. En la estacion SD-03, ubicada en la bocanada de rada, para la temporada de verano, es de 7.84% y para invierno es de 3.9%. En la estacion SD-05, ubicada adyacente al muelle de turistas, en temporada de verano es de 5.8% y en invierno es de 3.9%. En la estacion SD-06, ubicada fuera de la rada del puerto, para la temporada de verano es de 7.4% y para inviernos es de 4.5%. Estos porcentajes tienden a ser mayores en temporada de verano con un promedio de 7.76% en todas las estaciones.

Los muestreos con mayor porcentaje de materia organica se presentaron en las estaciones SD-02, SD-03, SD-04 y SD-06 en temporada de verano, en el sexto trimestre, con un porcentaje de 39.10%, 36.40%, 37.40% y 43.80 % respectivamente, siendo estos valores atipicos en relacion a las muestras tomadas en toda la etapa del proyecto.

Asi mismo los muestreos con porcentajes por encima de valor estandar de la linea base se presentaron las estaciones SD-02, SD-03, SD-04 y SD-06 en temporada de invierno, en el cuarto trimestre, con porcentajes de 15.50%, 21.17%, 20.96% y 24.54 % respectivamente.

Siendo el punto de muestreo SD-06, ubicado fuera de la rada, el cual esta mas alejado de la zona del proyecto el que presenta los valores mas altos, esto en relacion a los valores presentados en la linea base ambiental.

La concentración del Arsenico (As) es variable en toda la etapa del proyecto, los valores obtenidos en los muestreos de la línea base ambiental para la temporada de verano en las estaciones SD-02, SD-03, presentan concentraciones de 7.9 mg/kg y 7.84 mg/kg, valores que superan la concentración estándar ISQG (7.24 mg/kg), sin embargo están por debajo del estándar PEL (41.6 mg/kg), concentración que no debe ser superada en ningún momento.

La línea base, en la temporada de invierno, en las 4 estaciones presentan concentraciones elevadas con respecto a la estación de verano, SD-02 (22.4 mg/kg), SD-03 (48.5 mg/kg), SD-05 (41.9 mg/kg) y SD-06 (34.17 mg/kg), todas las estaciones superan el ISQG (7.24 mg/kg) y solo las estaciones SD-03 y SD-05 superan el PEL (41.6 mg/kg). Estos valores son tomados antes de iniciar el proyecto, por lo que nos hace suponer que la carga geoquímica referida al Arsenico presenta potencial efecto biológico.

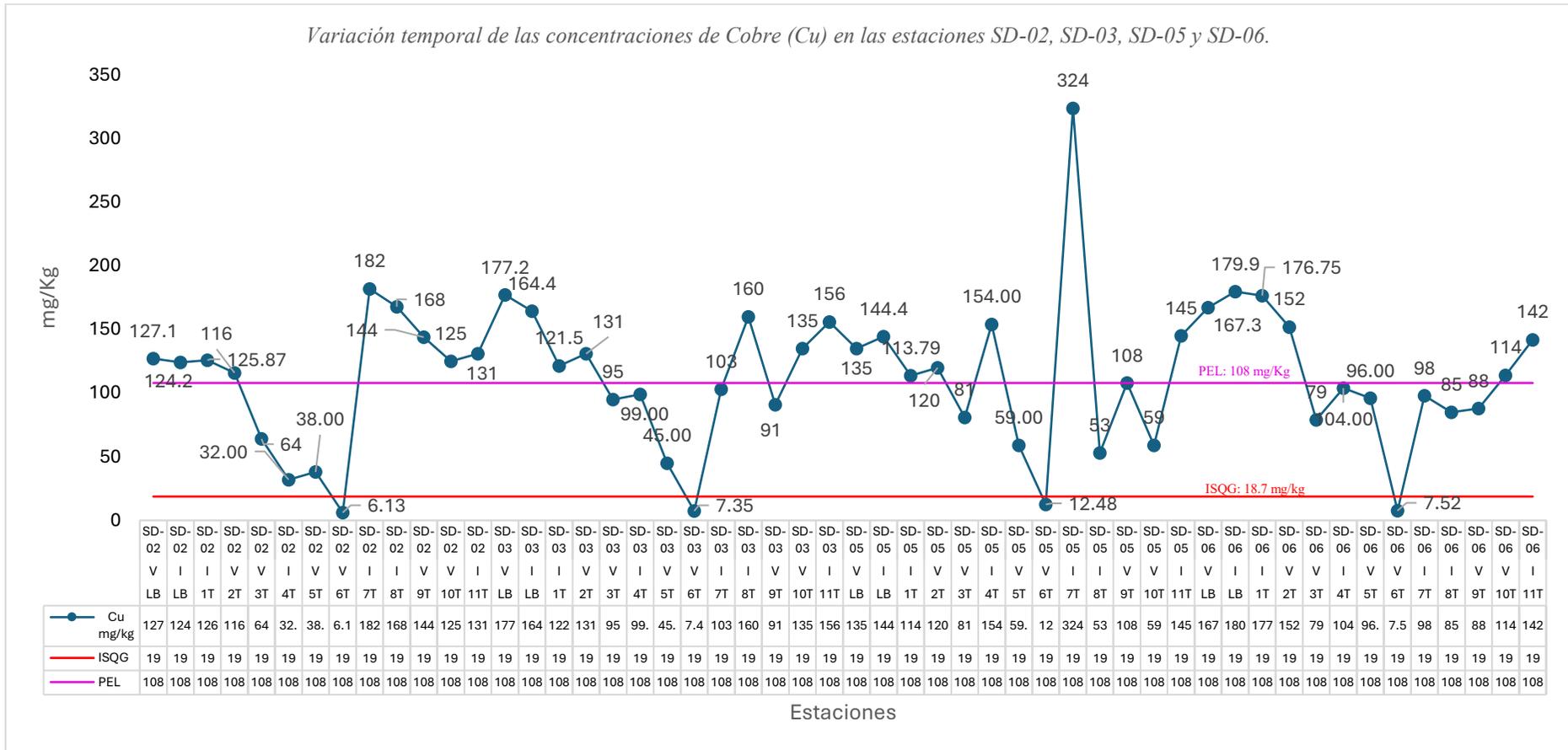
En el muestreo realizado se presentan valores elevados de concentración de Arsenico que superan el estándar PEL (41.6 mg/kg), en la estación SD-02 en el octavo trimestre (43.60 mg/kg), en el noveno trimestre (43.7 mg/kg), en el décimo trimestre (62.8 mg/kg) y en el 11vo trimestre (55.2 mg/kg). En la estación SD-03 en el octavo trimestre (48.10 mg/kg) y en el onceavo trimestre (63.9 mg/kg). En la estación SD-05 solo en el onceavo trimestre con una concentración de 65.1 mg/kg. En la estación SD-06 en el segundo trimestre (76.6 mg/kg), en el onceavo trimestre (61.0 mg/kg).

La concentración de Cadmio (Cd) superan en todas las estaciones, en todos los trimestres y en todas las temporadas al valor estándar ISQG (0.7 mg/kg), así mismo las concentraciones de la línea base ambiental, en la temporada de verano, en las cuatro estaciones, supera el estándar PEL (4.2 mg/kg). Esto nos indica que el entorno del proyecto tiene potencial contaminación por este metal antes de iniciar el proyecto.

Las concentraciones que superan en gran porcentaje, 800% aproximadamente al estándar PEL (4.2 mg/kg), son los obtenidos en el muestreo realizado en el sexto trimestre, en la temporada de verano, en las estaciones SD-02 (39.10 mg/kg), SD-03 (36.40 mg/kg), SD-05 (37.40 mg/kg) y SD-06 (43.80 mg/kg) con sus valores respectivos.

Es probable que las concentraciones de cadmio encontradas estén relacionadas a actividades antropicas en el entorno del proyecto, es sabido de la existencia de 3 terminales portuarios en la zona, una de ellas manejado por la empresa APM Terminals Callao S.A. El terminal de embarque de concentrados administrado por Transportadora Callao S.A. Y el terminal de contenedores zona sur, administrado por DP World Callao S.R.L. A estas se suman varias empresas del estado como Servicios Industriales de la Marina (SIMA) el cual se dedica al mantenimiento, diseño y construcción de naves marinas, sumado a esto una cantidad considerable de embarcaciones pesqueras y de turismo. Es importante que el estado realice estudios de caracterización ambiental donde el objetivo esté centrado en conocer la procedencia de contaminantes geoquímicos que afectan la biota marina y por ende la calidad ambiental del lecho marino del puerto del Callao.

Figura 8. Variación temporal de las concentraciones de Cobre (Cu).



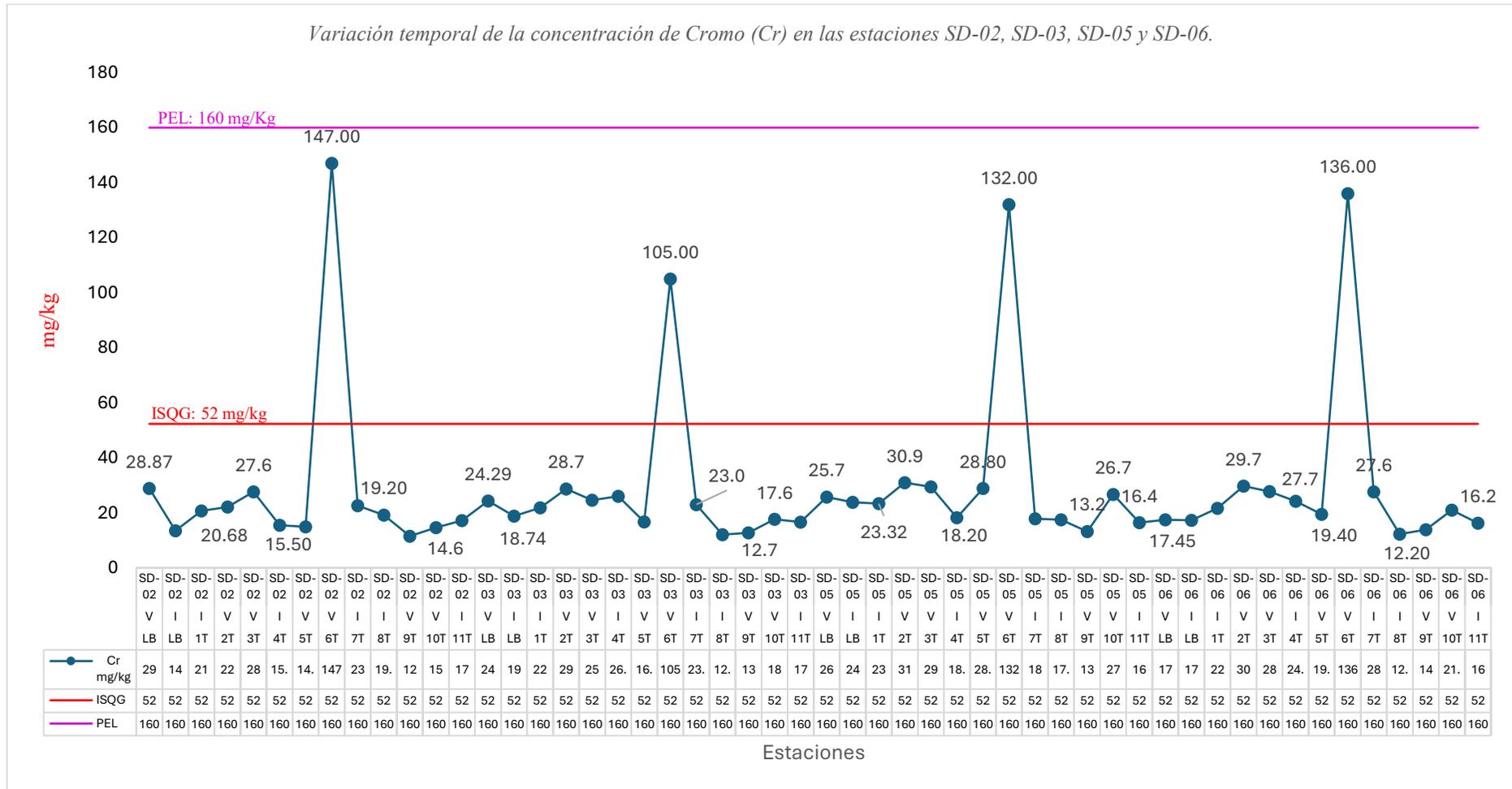
Nota. Fuente: Valores extraídos del reporte de laboratorio R-LAB

La concentración de Cobre (Cu) muestreada en la línea base ambiental, en las temporadas de verano e invierno, en las cuatro estaciones, superan el estándar PEL (108 mg/kg). Estas concentraciones evidencian que el entorno del proyecto tiene potencial contaminación por este metal antes de iniciar el proyecto.

Así mismo cabe mencionar que la mayor concentración obtenida es de 324 mg/kg, ubicada en la estación SD-05 adyacente al muelle de turistas, en el séptimo trimestre, en la temporada de invierno.

La concentración de Cobre en las cuatro estaciones, en el muestreo del sexto trimestre, en la temporada de verano, presento valores por debajo del PEL (18.7 mg/kg). Estas concentraciones 6.13 mg/kg, 7.35 mg/kg, 12.48 mg/kg y 7.52 mg/kg, correspondiente a las estaciones SD-02, SD-03, SD-05 y SD-06 respectivamente son atípicas en relación a las concentraciones obtenidas a lo largo del proyecto, siendo las únicas que no presentarían riesgo potencial de contaminación al lecho marino.

Figura 9. Variación temporal de la concentración de Cromo (Cr).



Nota. Fuente: Valores extraídos del reporte de laboratorio R-LAB

Las concentraciones del geoquímico Cromo (Cr), muestreadas en la línea base ambiental, en las cuatro estaciones, en las temporadas de verano e invierno, no superan el estándar ISQG (52 mg/kg) en ningún momento. Así mismo, las concentraciones obtenidas en los muestreos de la línea base, a lo largo del proyecto, no superan el valor de 29 mg/kg, obtenido en la estación SD-02 en la temporada de verano.

Las concentraciones más elevadas se presentan en el muestreo realizado en el sexto trimestre, en las cuatro estaciones, en la temporada de verano, con valores de 147 mg/kg, 105 mg/kg, 132 mg/kg y 136 mg/kg correspondientes a las estaciones SD-02, SD-03, SD-05 y SD-06 respectivamente, cabe mencionar que estas concentraciones no superan el estándar PEL (160 mg/kg) en ninguno de los casos.

Es importante mencionar que el muestreo del sexto trimestre se desarrolló en el mes de febrero del año 2023, este muestreo presenta concentraciones atípicas en las 4 estaciones y para todos los parámetros geoquímicos e incluso granulométricos.

Las concentraciones de Mercurio (Hg) en los sedimentos marinos se presentan en la figura 10. El estandar ISQG (0.13 mg/kg) y PEL (0.7 mg/kg) para la concentracion de este metal es riguroso, teniendo en cuenta lo nocivo y toxico que es el elemento.

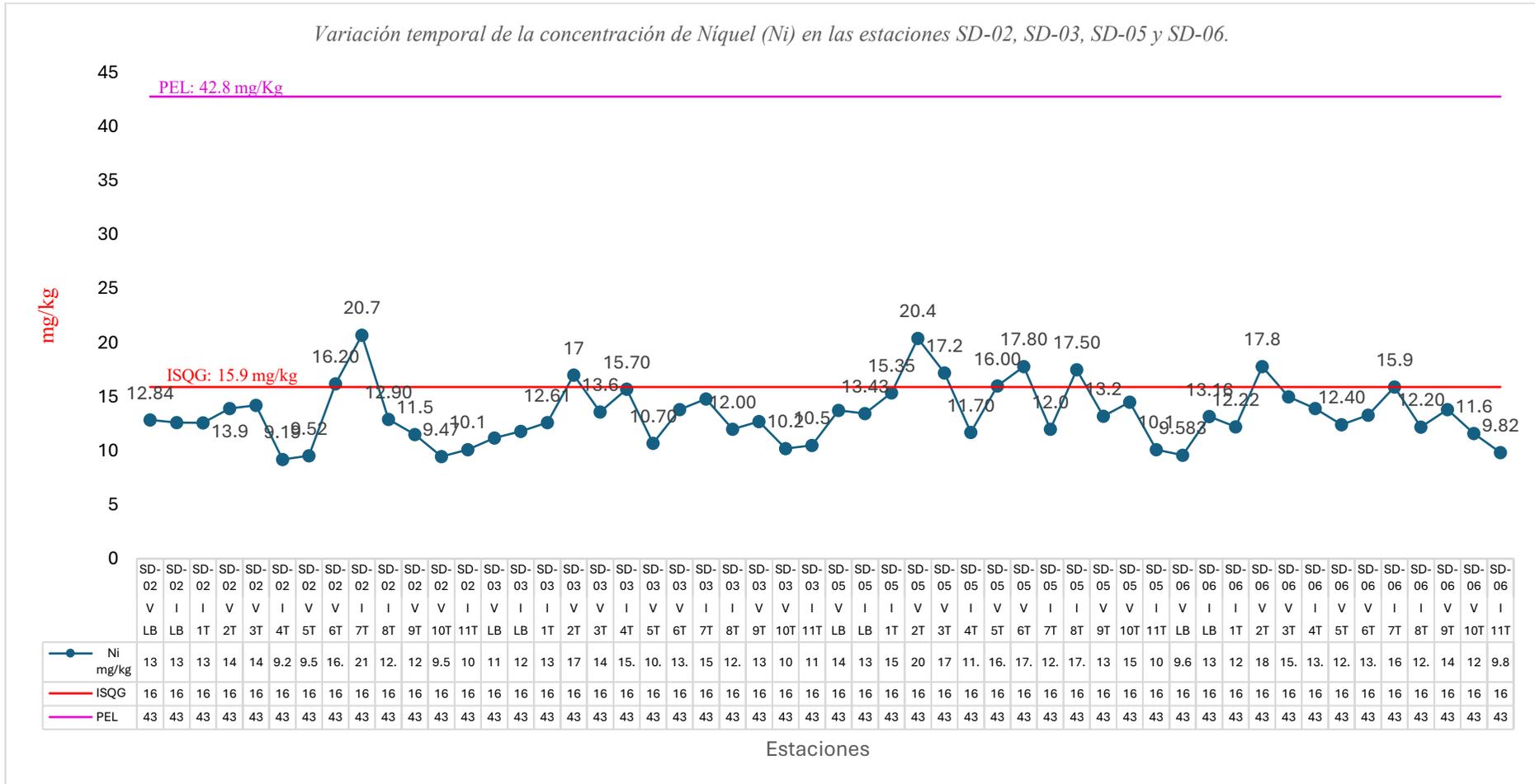
Las concentraciones obtenidas en el muestreo de la linea base ambiental, en todas las estaciones son <0.0022 mg/kg.

Las concentraciones mas elevadas se obtuvieron en el sexto trimestre, en la temporada de verano, en las cuatro estaciones. 20.10 mg/kg en la estacion SD-02, 23.30 mg/kg en la estacion SD-03, 29.60 mg/kg en la estacion SD-05 y 22.60 mg/kg en la estacion SD-06. Cabe mencionar que las cuatro estaciones superan el estandar PEL (0.7 mg/kg).

En las estaciones SD-02, SD-03, SD-05 y SD-06 en el muestreo del segundo trimestre, en temporada de verano, se presentaron concentraciones de 1.29 mg/kg, 1.13 mg/kg, 1.77 mg/kg y 1.18 mg/kg respectivamente para cada estacion, superando el estandar PEL (0.7 mg/kg) en todos los muestreos, este punto de control queda ubicado en el muelle de atraque.

En la estacion SD-05, en el muestreo del primer trimestre, se tiene una concentracion de 3.79 mg/kg, el muestreo del segundo trimestre presenta una concentracion de 1.77 mg/kg, en el tercer trimestre presenta 1.74 mg/kg, en el sexto trimestre una concentracion de 29.60 mg/kg, en el septimo trimestre 12.4 mg/kg, en el octavo trimestre 1.2 mg/kg, en el noveno trimestre 1.3 mg/kg, en el decimo 1.09 mg/kg, superando en todas al estandar PEL (0.7 mg/kg), esta estacion esta ubicada en el muelle de turistas y según los datos evaluados, presentaria alto potencial de contaminacion de la biota marina por presencia del metal.

Figura 11. Variación temporal de la concentración de Níquel (Ni).



Nota. Fuente: Valores extraídos del reporte de laboratorio R-LAB

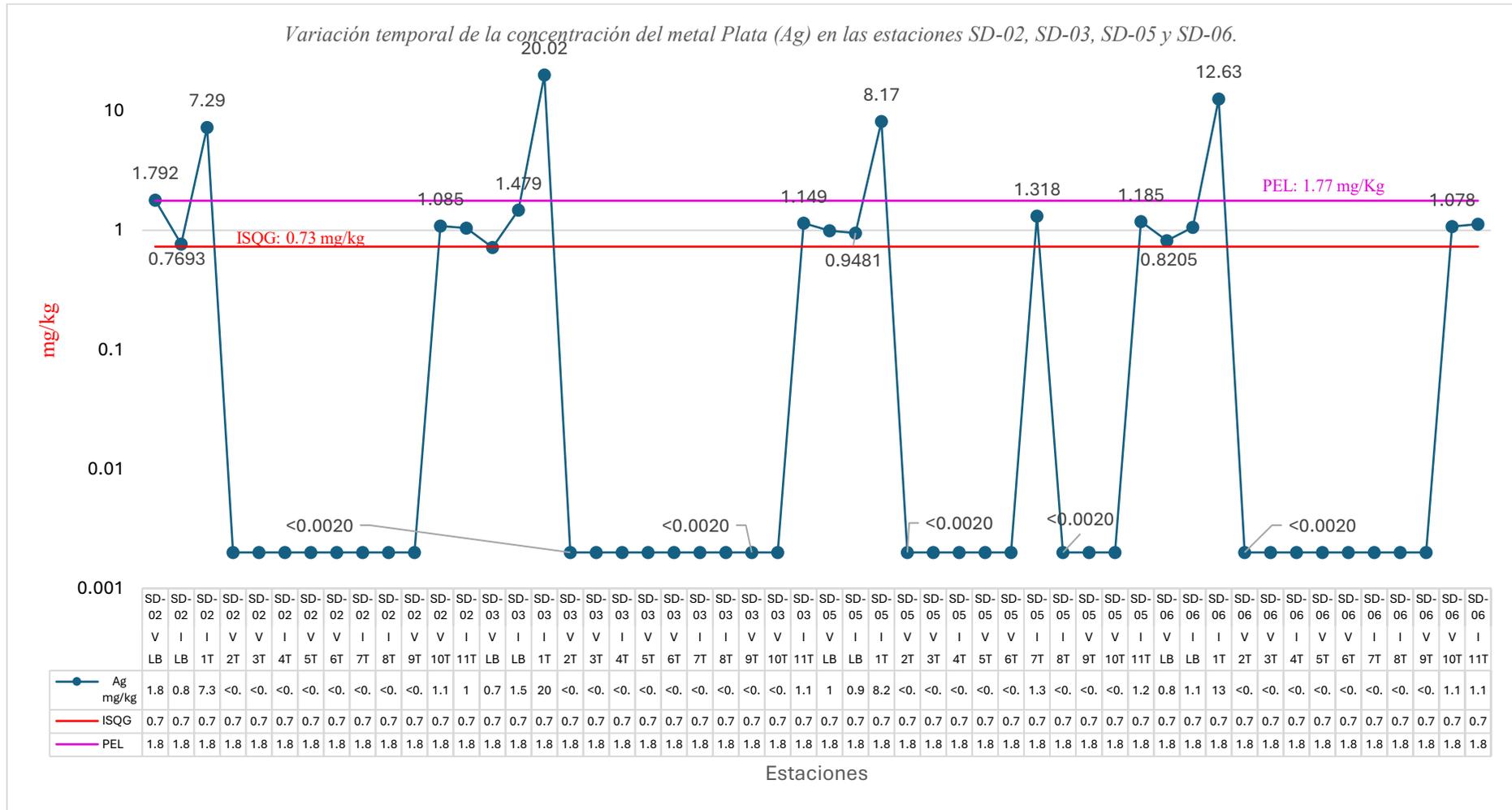
Las concentraciones de Niquel para la línea base ambiental, en las cuatro estaciones, en las temporadas de verano e invierno, presentan un promedio de 12.292 mg/kg y en ningún caso superan el estándar ISQG (15.9 mg/kg).

La variación temporal de las concentraciones del metal Niquel en las estaciones SD-02, SD-03, SD-04 y SD-05 para los once trimestres muestreados, no supera en ningún momento el estándar de control PEL (42.8 mg/kg).

La estación SD-02, en el muestreo del sexto trimestre, en la temporada de verano presenta 16.20 mg/kg y el séptimo trimestre, temporada de invierno presenta 20.7 mg/kg, en ambos casos se supera el estándar ISQG (15.9 mg/kg).

En la estación SD-05, ubicada en el muelle de turistas, se presentan concentraciones que superan el estándar de control ISQG (15.9 mg/kg), en el primer trimestre 15.35 mg/kg, en el segundo trimestre 20.4 mg/kg, en el tercer trimestre 17.2 mg/kg, en el quinto trimestre 16.0 mg/kg, en el sexto 17.8 mg/kg, en el octavo 17.50. De los resultados obtenidos se puede inferir que es la estación que presenta mayor riesgo potencial de daño a la biota marina.

Figura 12. Variación temporal de la concentración del metal Plata (Ag).



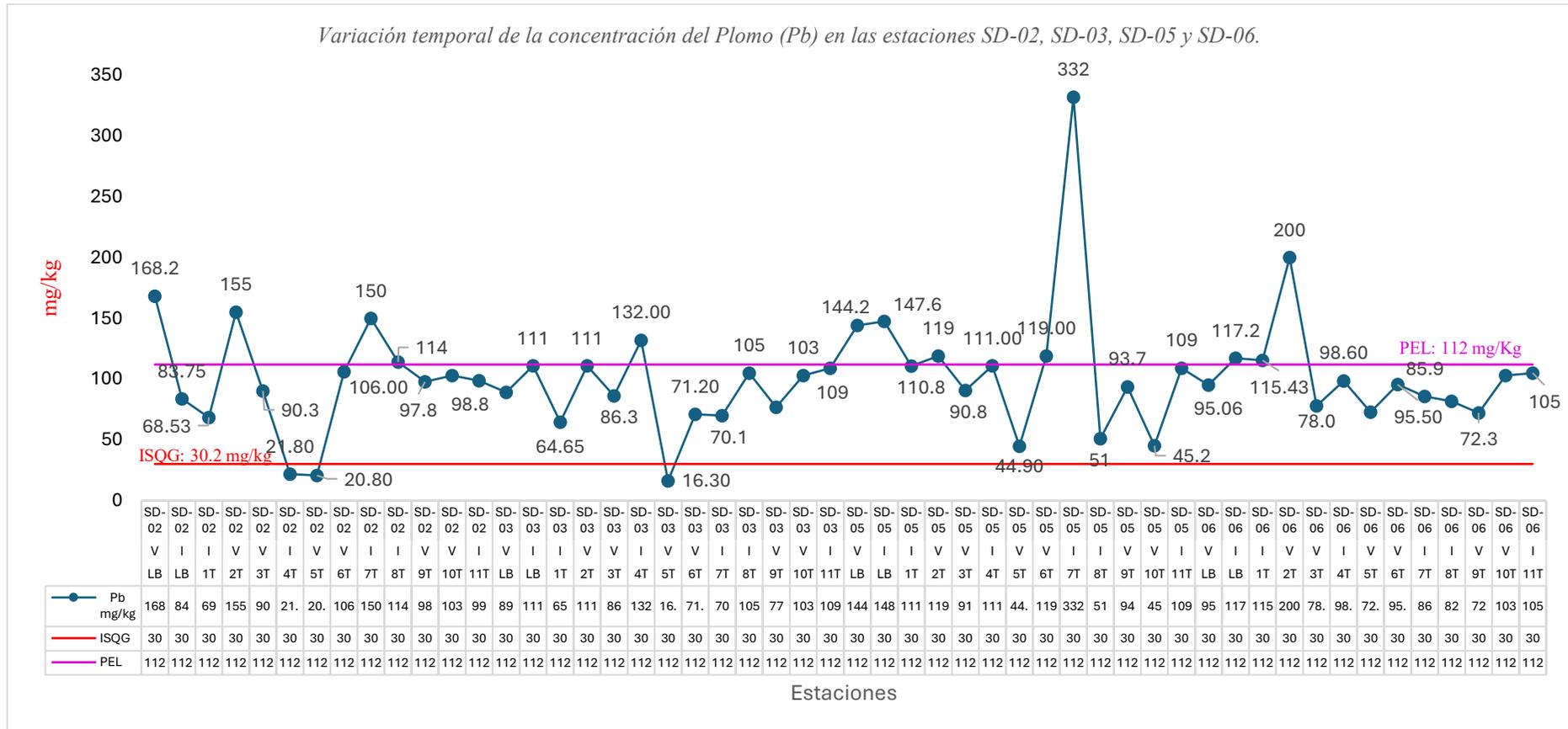
Nota. Fuente: Valores extraídos del reporte de laboratorio R-LAB

Un 63 % del total de concentraciones obtenidas en toda la etapa del proyecto son menores a <0.0020 mg/kg. Un 26.92% superan el estandar ISQG (0.73 mg/kg), ademas el 9.61% supera el estandar de control PEL (1.77 mg/kg).

Solo la concentracion obtenida en la linea base ambiental, en la estacion SD-02 en la temporada de verano, 1.792 mg/kg, supera el estandar PEL (1.77 mg/kg).

Las concentraciones mas elevadas del metal Plomo son 7.29 mg/kg, 20.02 mg/kg, 8.17 mg/kg y 12.63 mg/kg, estas fueron encontradas en la estacion SD-02, SD-03, SD-05 y SD-06 respectivamente. Cabe mencionar que las cuatro concentraciones superan el estandar de control PEL (1.77 mg/kg). Asi mismo se observa que los cuatro valores fueron encontrados en el muestreo realizado en el primer trimestre, en la temprada de invierno.

Figura 13. Variación temporal de la concentración del Plomo (Pb).



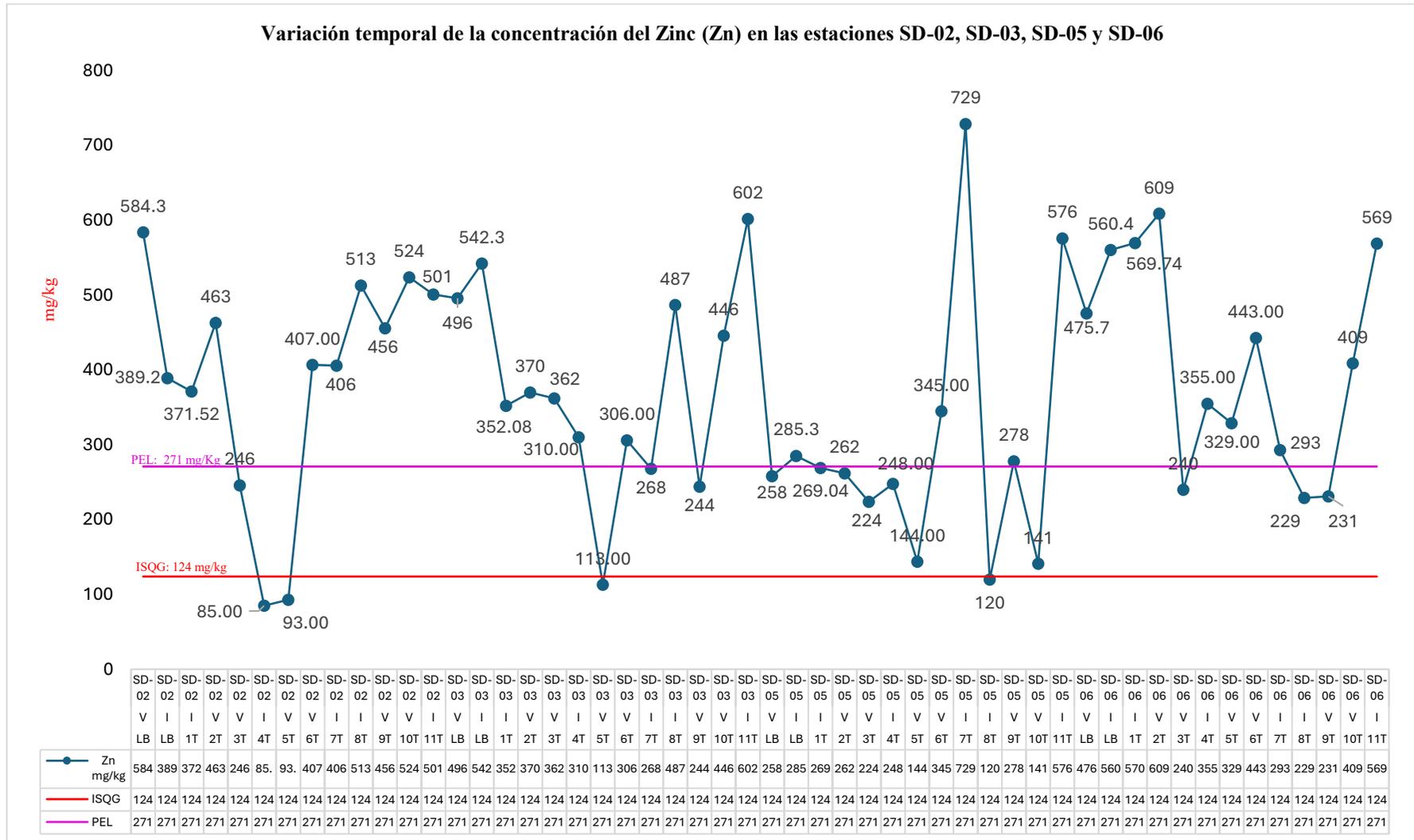
Nota. Fuente: Valores extraídos del reporte de laboratorio R-LAB

Un 25% del total de concentraciones obtenidas a lo largo del proyecto superan el estandar de control PEL (112 mg/kg), y un 69.2 % de concentraciones superan el estandar ISQG (30.2 mg/kg). Estos porcentajes nos alertan de un potencial riesgo de contaminacion del lecho marino por este metal.

La concentracion mas elevada es de 332 mg/kg obtenida en el muestreo del septimo trimestre, en la temprada de invierno, en la estacion SD-05 ubicada en el muelle de turistas, zona donde ocurre una gran congestion de embarcaciones maritimas de transporte de personal. Esta concentracion es atipica en todo el proceso.

Asi mismo se pudo observar que en la estacion SD-06, en el muestreo realizado en el segundo trimestre, en la temporada de verano, se tiene una concentracion de 200 mg/kg, concentracion que supera el estandar PEL (112 mg/kg). Esta estacion esta ubicada fuera de rada y es comun el transito de buques portacontenedores.

Figura 14. Variación temporal de la concentración del Zinc.



Nota. Fuente: Valores extraídos del reporte de laboratorio R-LA

Un 65.4 % del total de concentraciones obtenidas del metal Zinc, superan el estandar de control PEL (271 mg/kg), y un 28.8 % supera el estandar ISQG (30.2 mg/kg). Estos porcentajes nos alertan de un potencial riesgo de contaminacion del lecho marino por este metal.

Cabe mencionar que las concentraciones obtenidas en la línea base ambiental del proyecto, tanto para la temporada de invierno y verano también superan el estándar PEL (271 mg/kg), con valores promedio de 448.9 mg/kg en las cuatro estaciones muestreadas. Estos valores obtenidos indican que el entorno del proyecto presentaba potencial riesgo de contaminacion por el metal antes de iniciar el proyecto.

La concentracion mas elevada es de 729 mg/kg encontrada en la estacion SD-05, en el muestreo realizado en el septimo trimestre, en la temporada de invierno, y supera ampliamente el estandar de control PEL (271 mg/kg). Esta estacion esta ubicada en el muelle de turistas, zona muy transitada por embarcaciones de transporte de personal.

III. APORTES MAS DESTACABLES A LA EMPRESA

Considero relevante mencionar que mi crecimiento profesional está ligado directamente al fortalecimiento documentario y experiencia que la empresa obtuvo en una línea del tiempo. Las certificaciones obtenidas a lo largo del proceso hicieron que la empresa se posicionara en un mercado profesional complicado, lleno de empresas transnacionales y nacionales con capitales millonarios que copan la necesidad ambiental en el país. En esa línea, mi aporte profesional está ligado a la obtención de permisos, certificaciones, homologaciones, licencias y más halla de documentos, a los conocimientos y habilidades que obtuve a lo largo de mi experiencia profesional y que apliqué directamente en todos los proyectos. Consulmas, cuenta con inscripción vigente en el organismo público, Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE), tanto para el Ministerio de Energía y Minas (MINAM) como para el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Así mismo la empresa cuenta con inscripción vigente en el registro nacional de consultoras ambientales para elaborar estudios ambientales para el sector de la Industria Manufacturera del Ministerio de la Producción (PRODUCE), específicamente de la Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria (DIGAMI). Cuenta con certificado de registro N° 022-010922/R correspondiente a empresas y asociaciones relacionadas a la actividad acuática dentro de la competencia de la Autoridad Marítima Nacional, Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI), como consultora ambiental dedicada a la elaboración de EIA en el entorno acuático. Estas certificaciones valieron la obtención de contratos con empresas transnacionales como Mota Engil Peru S.A., Jan de Nul S.A., DP WORLD CALLAO S.R.L., Honda del Peru S.A. y otras empresas en la que desarrolle actividades de Gestión ambiental, Seguridad y Salud Ocupacional e Higiene Ocupacional.

IV. CONCLUSIONES

- a. Considerando los valores de las concentraciones obtenidas en los muestreos trimestrales, la temporalidad, las estaciones evaluadas, los parametros granulometricos y geoquimicos, se puede concluir que el lecho marino del area estudiada presenta zonas con concentraciones elevadas de metales en el sedimento marino, que representan deterioro de la calidad ambiental en el terminal portuario del Callao.
- b. Las cuatro zonas evaluadas presentan concentraciones elevadas de Arsenico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, y Zinc, estos elemento superan el estandar PEL especifico para cada metal.
- c. Las cuatro zonas evaluadas presentan concentraciones del metal Cromo que no superan el estandar ISQG (52 mg/kg), solo las concentraciones obtenidas en el muestreo del sexto trimestre, en las cuatro estaciones, en la temporada de verano, superan el estandar ISQG. Asi mismo se concluye que las zonas evaluadas no superan en ningun momento el estadar PEL (160 mg/kg).
- d. Las cuatro zonas evaluadas presentan concentraciones del metal Niquel que no superan el estandar PEL (42.8 mg/kg).
- e. La proporción de arena, limo y arcilla que se encuentran en las estaciones evidencian una tendencia a texturas arenosa, areno francosa y franco arenoso según el triángulo textural modificado por Shepard (1954).
- f. El porcentaje promedio de materia organica en verano (7.76%), es mayor a los porcentajes obtenidos en temporada de invierno (3.87%).
- g. Es importante mencionar que el muestreo del sexto trimestre se desarrollo en el mes de febrero del año 2023, este muestreo presenta concentraciones atipicas en las 4 estaciones y para todos los parametros geoquimicos e incluso granulometricos.

V. RECOMENDACIONES

- a. Es probable que las concentraciones de metales encontradas esten relacionadas a actividades antropicas e industriales en el entorno del proyecto, es sabido de la existencia de tres terminales portuarios en la zona, una de ellas manejado por la empresa APM Terminals Callao S.A. La segunda el terminal de embarque de concentrados, administrado por Transportadora Callao S.A. Y la tercera es el terminal de contenedores zona sur, administrado por DP World Callao S.R.L. A estas, se suman una variedad de empresas como; Servicios Industriales de la Marina (SIMA) el cual se dedica al mantenimiento, diseño y construccion de naves marinas, sumado a esto, una cantidad considerable de embarcaciones pesqueras y de turismo. Es importante que el estado a traves del MINAM y entidades competentes como OEFA, DICAPI, SERFOR, APN, IMARPE y otros, puedan hacer sinergia para desarrollar estudios de caracterizacion ambiental, con el objetivo de conocer la procedencia de contaminantes geoquimicos que afectan la biota marina y por ende la calidad ambiental del lecho marino del puerto del Callao.

VI. REFERENCIAS

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Autoridad Portuaria Nacional (APN).

(2022). *Reporte de calidad ambiental APN, anual 2022*. Consultado el 10 de julio del 2024.

<https://www.gob.pe/institucion/apn/informes-publicaciones/3969722-reportes-de-calidad-ambiental-del-ano-2022>.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Autoridad Portuaria Nacional (APN).

(2021). *Reporte de calidad ambiental APN, anual 2021*. Consultado el 11 de julio del 2024.

<https://www.gob.pe/institucion/apn/informes-publicaciones/3969706-reportes-de-calidad-ambiental-del-ano-2021>.

García, L. (2004). *Fracciones geoquímicas de Cd, Cu y Pb en sedimento costero superficiales de zonas ostrícolas del estado de Sonora, México*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 20 (4).

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37020403>.

Pineda, V. (2009) *Granulometría y Geoquímica de los Sedimentos Marinos en el área comprendida entre el Seno Reloncaví y Golfo Corcovado, Chile*. Crucero CIMAR 10 Fiordos. Ciencia y Tecnología del Mar, 32 (1).

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62412166003>.

Villarreal, V. (2023). *Evaluación de la Calidad de los Sedimentos Marinos en el Área de una Plataforma de Explotación de Hidrocarburos, Tumbes-Perú 2023* [Informe de suficiencia, Universidad Nacional Federico Villarreal] Repositorio Institucional UNFV.

<https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/1399/browse?type=author&value=Villarreal+Serpa%2C+Ver%C3%B3nica+Lourdes>.

Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (2001). Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life 2001.

https://www.elaw.org/system/files/sediment_summary_table.pdf.

VII. ANEXOS

Anexo A

Estaciones de muestreo de calidad de sedimento marino.

Código del Punto	Coordenadas UTM WGS84 - 18S		Ubicación referencial
SD-02	265673	8666926	Muelle de atraque fase 2
SD-03	265415	8667078	Bocanada de rada
SD-05	265814	8666094	Muelle de turistas
SD-06	264776	8667109	Fuera de rada
SD-10	259333	8672254	DMD zona C
SD-11	259195	8672903	DMD zona C
SD-13	265496	8666696	Patio de maniobras fase 2
SD-14	265403	8666896	Patio de maniobras fase 3
SD-15	259749	8671447	DMD zona C

Nota. Fuente: Extraído del EMA del EIASd del Proyecto, año 2017

Anexo B

Concentración de parámetros granulométricos y geoquímicos en la estación SD-02

Monitoreo trimestral	Variación temporal	Punto de monitoreo	Clase textural			Físico		Geoquímica								
			Granulometría			Textura	MO	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Ag	Pb	Zn
			%			Unidad textural	%	mg/kg								
			Arcilla	Arena	Limo											
Línea Base Ambiental	Verano	SD-02	5.44	74.56	20	Franco arenoso	10.48	7.914	13.04	127.1	28.87	<0.0022	12.84	1.792	168.2	584.3
Línea base ambiental	Invierno	SD-02	5.44	86.56	8	Areno francosa	3.2	22.4	3.448	124.2	13.5	<0.0022	12.6	0.7693	83.75	389.2
1° Trimestre	Invierno	SD-02	1.92	23.96	74.12	Franco limoso	2	34.96	9.7	125.87	20.68	0.4	12.59	7.29	68.53	371.52
2° Trimestre	Invierno	SD-02	0.92	97.23	1.86	Arena	6.18	35.3	7.8419	116	22.1	1.29	13.9	<0.0020	155	463
3° Trimestre	Verano	SD-02	0.87	97.35	1.78	Arenosa	7.7	28.9	11.239	64	27.6	0.447	14.2	<0.0020	90.3	246
4° Trimestre	Invierno	SD-02	8.11	75.1	16.79	Arenosa	15.50	19.40	3.95	32.00	15.50	<0.010	9.19	<0.002	21.80	85.00
5° Trimestre	Invierno	SD-02	0.91	97.22	1.86	Arena	9.69	16.00	5.77	38.00	14.90	0.101	9.52	<0.002	20.80	93.00
6° Trimestre	Verano	SD-02	2.35	95.74	1.90	Arena	39.10	<0.1	39.10	6.13	147.00	20.10	16.20	<0.002	106.0	407.00
7° Trimestre	Invierno	SD-02	0.91	97.22	1.86	Arenosa	0.23	38.4	4.86	182	22.6	0.218	20.7	<0.0020	150	406

8° Trimestre	Verano	SD-02	0.91	96.14	2.94	Arenosa	1.12	43.60	5.4117	168	19.20	0.328	12.90	<0.0020	114	513
9° Trimestre	Invierno	SD-02	0.91	97.22	1.86	Franco arenoso	<0.1	43.7	5.5107	144	11.5	0.365	11.5	<0.0020	97.8	456
10° Trimestre	Verano	SD-02	0.91	97.22	1.86	Franco arenoso	<0.1	62.8	3.3126	125	14.6	0.205	9.47	1.085	103	524
11° Trimestre	Invierno	SD-02	1.27	98.86	1.86	Franco arenoso	<0.1	55.2	4.2098	131	17.2	0.282	10.1	1.043	98.8	501

Nota. Fuente: Datos obtenidos del reporte de laboratorio R-LAB, año 2022

Anexo C

Concentración de parámetros granulométricos y geoquímicos en la estación SD-03

Monitoreo trimestral	Variación temporal	Punto de monitoreo	Clase textural			Físico		Geoquímica									
			Granulometría			Textura	MO	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Ag	Pb	Zn	
			%			Unidad textural	%	mg/kg									
			Arcilla	Arena	Limo												
Línea Base Ambiental	Verano	SD-03	11.44	72.56	16	Franco arenoso	7.84	<0.0250	11.18	177.2	24.29	<0.0022	11.19	0.7186	89.16	496	
Línea base ambiental	Invierno	SD-03	5.44	86.56	8	Areno francosa	3.9	48.5	4.088	164.4	18.74	<0.0022	11.8	1.479	111	542.3	
1° Trimestre	Invierno	SD-03	2.15	19.82	78.03	Franco limoso	1.82	33.43	8	121.5	21.82	0.4	12.61	20.02	64.65	352.08	
2° Trimestre	Invierno	SD-03	0.92	97.23	1.86	Arena	4.16	37.3	11.135	131	28.7	1.13	17	<0.0020	111	370	
3° Trimestre	Verano	SD-03	0.92	97.21	1.87	Arenosa	10.1	35.6	11.144	95	24.6	0.911	13.6	<0.0020	86.3	362	
4° Trimestre	Invierno	SD-03	8.25	74.31	17.44	Arenosa	21.17	34.10	10.06	99.00	26.00	0.87	15.70	<0.002	132.00	310.00	
5° Trimestre	Invierno	SD-03	0.95	97.12	1.93	Arena	10.67	18.50	6.12	45.00	16.70	0.121	10.70	<0.0020	16.30	113.00	
6° Trimestre	Verano	SD-03	2.34	95.79	1.88	Arena	36.40	<0.1	36.40	7.35	105.00	23.30	13.80	<0.002	71.20	306.00	

7° Trimestre	Invierno	SD-03	1.27	96.86	1.87	Arenosa	0.21	34.6	7.33	103	23.0	0.218	14.8	<0.0020	70.1	268
8° Trimestre	Verano	SD-03	0.90	96.2	2.90	Arenosa	0.65	48.10	5.2000	160	12.00	0.319	12.00	<0.0020	105	487
9° Trimestre	Invierno	SD-03	1.27	96.86	1.86	Franco arenoso	<0.1	28.6	6.2375	91	12.7	0.449	12.7	<0.0020	76.9	244
10° Trimestre	Verano	SD-03	1.27	96.86	1.86	Franco arenoso	<0.1	36.9	5.119	135	17.6	0.316	10.2	<0.0020	103	446
11° Trimestre	Invierno	SD-03	1.28	98.86	1.89	Franco arenoso	<0.1	63.9	3.6031	156	16.6	0.256	10.5	1.149	109	602

Nota. Fuente: Datos obtenidos del reporte de laboratorio R-LAB, año 2022

Anexo D

Concentración de parámetros granulométricos y geoquímicos en la estación SD-05

Monitoreo trimestral	Variación temporal	Punto de monitoreo	Clase textural			Físico Químico		Geoquímica								
			Granulometría %			Textura	MO	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Ag	Pb	Zn
			Arcilla	Arena	Limo	Unidad textural	%	mg/kg								
Línea Base Ambiental	Verano	SD-05	5.44	76.56	18	Franco arenoso	5.76	<0.0250	12.92	135	25.7	<0.0022	13.73	0.9928	144.2	258
Línea base ambiental	Invierno	SD-05	3.44	86.56	10	Areno francosa	3.9	41.9	4.27	144.4	23.79	<0.0022	13.43	0.9481	147.6	285.3
1° Trimestre	Invierno	SD-05	1.9	24.84	73.27	Franco limoso	1.25	37.86	11.16	113.79	23.32	3.79	15.35	8.17	110.8	269.04
2° Trimestre	Invierno	SD-05	0.91	97.19	1.9	Arena	5.36	39.6	14.97	120	30.9	1.77	20.4	<0.0020	119	262
3° Trimestre	Verano	SD-05	0.91	97.23	1.86	Arenosa	11.1	34.6	13.925	81	29.4	1.74	17.2	<0.0020	90.8	224
4° Trimestre	Invierno	SD-05	9.00	71.98	19.02	Arenosa	20.96	24.70	6.91	154.00	18.20	0.52	11.70	<0.002	111.00	248.00
5° Trimestre	Invierno	SD-05	0.89	97.30	1.81	Arena	10.91	24.60	15.05	59.00	28.80	0.67	16.00	<0.002	44.90	144.00
6° Trimestre	Verano	SD-05	2.34	95.80	1.86	Arena	37.40	<0.1	37.40	12.48	132.00	29.60	17.80	<0.002	119.00	345.00

7° Trimestre	Invierno	SD-05	1.62	96.50	1.88	Arenosa	0.48	41.2	5.26	324	17.8	12.4	12.0	1.318	332	729
8° Trimestre	Verano	SD-05	0.91	96.14	2.95	Arenosa	0.88	28.10	14.370	53	17.50	1.220	17.50	<0.0020	51	120
9° Trimestre	Invierno	SD-05	1.63	96.5	1.86	Franco arenoso	<0.1	30.0	7.0889	108	13.2	1.13	13.2	<0.0020	93.7	278
10° Trimestre	Verano	SD-05	1.64	96.49	1.87	Franco arenoso	<0.1	24.8	13.213	59	26.7	1.09	14.5	<0.0020	45.2	141
11° Trimestre	Invierno	SD-05	1.27	98.86	1.87	Franco arenoso	<0.1	65.1	3.2623	145	16.4	0.267	10.1	1.185	109	576

Nota. Fuente: Datos obtenidos del reporte de laboratorio R-LAB, año 2022

Anexo E

Concentración de parámetros granulométricos y geoquímicos en la estación SD-06

Monitoreo trimestral	Variación temporal	Punto de monitoreo	Clase textural			Físico Químico					Geoquímica						
			Granulometría			Textura	MO	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Ag	Pb	Zn	
			%			Unidad textural	%	mg/kg									
			Arcilla	Arena	Limo												
Línea Base Ambiental	Verano	SD-06	11.44	70.56	18	Franco arenoso	7.36	<0.025	5.323	167.3	17.45	<0.0022	9.583	0.8205	95.06	475.7	
Línea base ambiental	Invierno	SD-06	11.44	66.56	22	Franco arenoso	4.48	34.17	1.3	179.9	17.25	<0.0022	13.16	1.06	117.2	560.4	
1° Trimestre	Invierno	SD-06	2.13	18.09	79.78	Franco limoso	1.07	38.08	6.21	176.75	21.64	0.6	12.22	12.63	115.43	569.74	
2° Trimestre	Invierno	SD-06	0.91	97.22	1.86	Arena	3.75	76.6	10.421	152	29.7	1.18	17.8	<0.0020	200	609	
3° Trimestre	Verano	SD-06	0.89	97.29	1.82	Arenosa	15.6	33.5	11.207	79	27.7	0.806	15.0	<0.0020	78.0	240	
4° Trimestre	Invierno	SD-06	8.63	73.14	18.24	Arenosa	24.54	36.40	9.36	104.00	24.20	0.52	13.90	<0.002	98.60	355.00	
5° Trimestre	Invierno	SD-06	0.92	97.20	1.88	Arena	11.51	32.70	8.42	96.00	19.40	1.10	12.40	<0.002	72.80	329.00	
6° Trimestre	Verano	SD-06	2.35	95.70	1.95	Arena	43.80	<0.1	43.80	7.52	136.00	22.60	13.30	<0.002	95.50	443.00	
7° Trimestre	Invierno	SD-06	1.63	96.14	2.23	Arenosa	0.24	35.8	11.03	98	27.6	0.958	15.9	<0.0020	85.9	293	

8° Trimestre	Verano	SD-06	0.91	96.16	2.93	Arenosa	0.23	24.80	7.3824	85	12.20	0.933	12.20	<0.0020	81.8	229
9° Trimestre	Invierno	SD-06	1.99	96.14	1.86	Franco arenoso	<0.1	28.9	8.0992	88	13.8	0.558	13.8	<0.0020	72.3	231
10° Trimestre	Verano	SD-06	1.93	96.27	1.80	Franco arenoso	0.38	37.9	7.745	114	21.0	0.567	11.6	1.078	103	409
11° Trimestre	Invierno	SD-06	1.23	98.86	1.81	Franco arenoso	<0.1	61.0	3.2578	142	16.2	0.264	9.82	1.128	105	569

Nota. Fuente: Datos obtenidos del reporte de laboratorio R-LAB, año 2022

Anexo F

Métodos de ensayo para la calidad de sedimento marino

Tipo de ensayo	Código	Título	Año de versión
	R-LAB-22. Official Mexican STANDARD		
Organic Matter / Total Organic Carbon Materia Orgánica / Carbono Orgánico Total	NON-021-RECNAT-2000 2d Section. 2002 (VALIDATED-2021).	AS-07de Walkley y Black. Sampling & Analysis	2021
Textura	ASTM D422-63 EPA Method 3050B	Método de análisis del tamaño de las partículas de suelo.	2017
Metales Totales ICP	Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS	2014

Nota. Fuente: Laboratorio acreditado R-LAB, año 2022