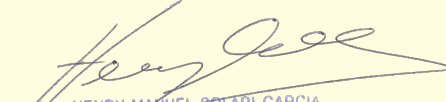


ESCALA 1:300,000

SIMBOLOGÍA

<ul style="list-style-type: none"> ■ LOCALIDADES ■ PREDIOS CERCANOS AL PROYECTO ■ ÁREA URBANA ■ ÁREA EFECTIVA APROBADA □ INSTALACIONES SUJETAS A CIERRE ~ CURVAS DE NIVEL (msnm) ~ PRINCIPAL ~ SECUNDARIA ● ESTACIONES DE MONITOREO ● MANANTIAL ● AGUA SUBTERRÁNEA (PIEZÓMETRO) 	<ul style="list-style-type: none"> — VÍAS — CAMINOS INTERNOS — CAMINOS VECINALES — VÍAS PRINCIPALES — CURSOS Y CUERPOS DE AGUA — RÍOS Y QUEBRADAS PERMANENTES — QUEBRADAS ESTACIONALES — LAGUNAS
--	--


HENRY MANUEL SOLARI GARCÍA
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 62474

0 250 500 1,000 1,500
 Metros

1	FINAL	MARZO 2017	O. CANDIA	A. MUÑOZ	HENRY SOLARI
REV.N°	REVISIONES	FECHA	DISEÑO	GIS	REVISADO Y FIRMADO



PROYECTO:
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA-OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA

TÍTULO:
ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA Y MANANTIALES

PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA 17 SUR

FUENTE: GFLC, MWH, INEI, IGN

 	ESCALA: 1:25,000 ARCHIVO:	FIGURA N° 3-30 <small>Figura 3-30 Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua Subterránea y Manantiales.mxd</small>
---	------------------------------	--

Resultados

- pH y Conductividad

Si bien es cierto, no existe lineamiento valores de pH en la LGA, las estaciones HME-4, HME-5, HME-6, HME-7, HME-11 y HME-12 se mantuvieron en un rango entre neutro y ligeramente alcalino. Considerando las normatividad vigente para este tipo de uso, sería aceptable para el uso poblacional. Las demás estaciones registraron valores de pH mayormente dentro del rango establecido por las ECAs para agua Categoría 3 para riego de vegetales y bebida de animales (ver Gráfico 3-94, *Tendencia de Valores de pH en Manantiales*).

Se muestra un valor de pH igual a 11.6 en noviembre del 2009, se asume es un error de registro por lo que no es considerado en el análisis de tendencias.

El pH aumenta en las temporadas secas y disminuye en las temporadas húmedas, debido a la recarga del epikarst y a que el agua no es almacenada en su totalidad para adquirir los carbonatos de la caliza (épocas de avenida). Además, las calizas que atraviesan son de la formación Pariatambo caracterizada por el bajo contenido de carbonatos y por estar profundamente meteorizada.

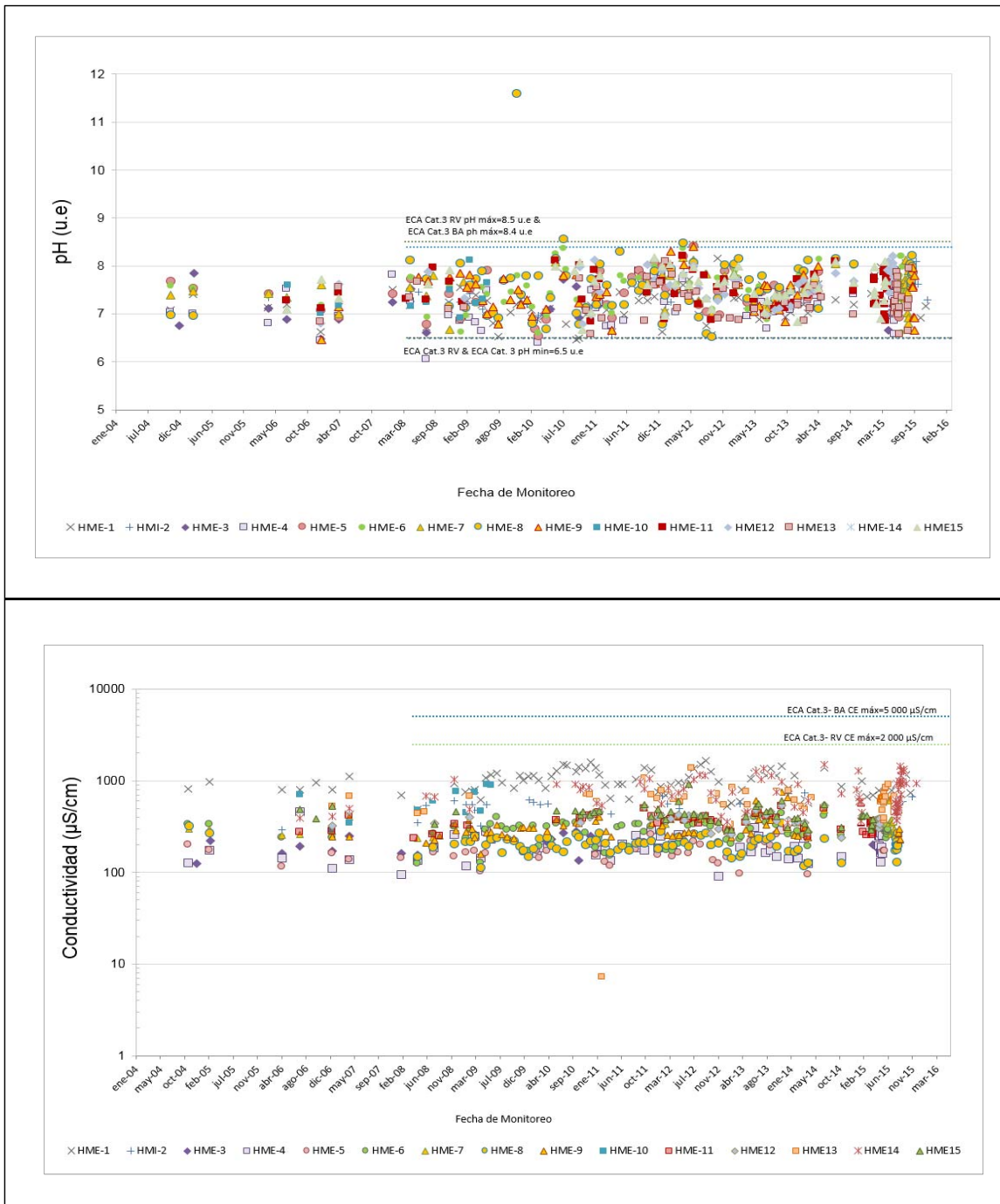
Las mayoría de las estaciones registraron valores de conductividades aceptables y características de agua subterránea. Referencialmente se puede indicar que los valores estuvieron por debajo de las ECAs para agua Categoría 3, subcategorías D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales, manteniéndose en un rango entre neutro y ligeramente alcalino. La estación HME-3 registra un valor aislado de conductividad muy bajo (menor a 10µS/cm) que se presume es un error de registro; sin embargo se mantienen en el Gráfico 3-95, *Tendencia de Valores de Conductividad en Manantiales*.

Generalmente, las tendencias de conductividad (sin considerar los valores extremos mencionados) muestran que existe una correlación directa entre los valores máximos con las épocas de estiaje y valores mínimos con las épocas de avenida. En ambos casos los elementos disueltos suben o bajan de concentración en relación inversa con los caudales de agua (ver Gráfico 3-95, *Tendencia de la Conductividad en Manantiales*).

En general se observa un equilibrio físico – químico entre el agua con la roca que la contiene. De acuerdo a los estudios hidrogeológicos realizados en la zona Chorro Blanco, se ha determinado que el control del flujo subterráneo depende en gran medida de las calizas de la Formación Yumagual (Yumagual superior) y del Pariatambo. Lo que obedece a su vez al control estructural que ejerce las fallas con dirección hacia el valle Hualgayoc que tienen dirección Noreste – Sureste. Las principales conclusiones del estudio hidrogeológico indican que las calizas del Yumagual presentan rasgos kársticos importantes favorables para el flujo subterráneo rápido (Conductividad hidráulica > 10⁻³ m/d).

Se evidencia además que durante el recorrido del agua desde la zona de recarga (donde el intrusivo y el volcánico predominan) hasta la parte baja del valle, en donde afloran los manantiales, se logra el equilibrio de pH principalmente por la naturaleza de la roca a través de la cual fluye.

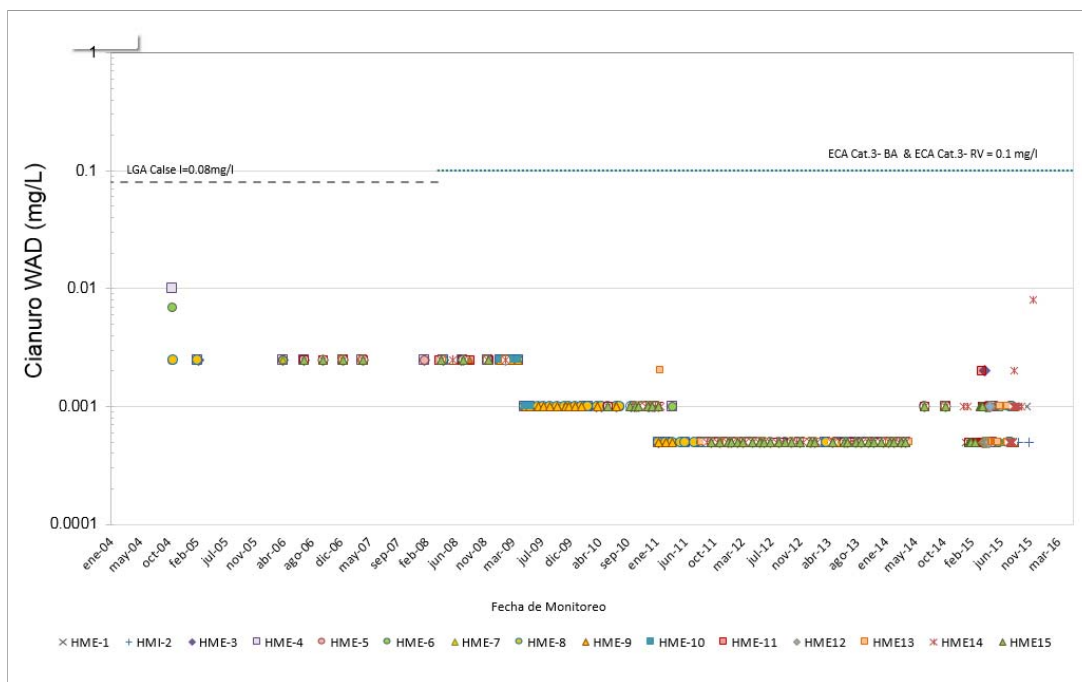
Gráfico 3-94 Tendencia de Valores de pH y Conductividad en manantiales



- Cianuro WAD

Las concentraciones de Cianuro WAD se mantuvieron en todo momento por debajo de los lineamientos de la LGA Clase I en el caso de 06 estaciones de monitoreo y Clase III para las demás como se muestra en el gráfico líneas abajo. Ocurre de la misma forma en la comparación con los ECAs para agua Categoría 3, subcategoría D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales.

Gráfico 3-95 Tendencia del Cianuro Wad en Manantiales



- Metales Totales

Las concentraciones de metales totales muestran un comportamiento diferenciado dependiendo de su localización. Tal es así que la estación ubicada en la quebrada Mesa de Plata, HME-1, ha registrado las mayores concentraciones de metales totales, principalmente cadmio, cobre, manganeso, zinc y Níquel. Existe una tendencia similar en la estación HME-8, ubicada al este de la ciudad de Hualgayoc, en donde también se registran concentraciones altas de metales totales, sin embargo, aún menores que las registradas en HME-1. Es importante mencionar que la estación HME-1 se ubica en la quebrada Mesa de Plata, la cual ha sido y es reportada con serios problemas ambientales causados por pasivos ambientales y operaciones mineras abandonadas en toda su zona de drenaje. Por su parte, la estación HME-8 se encuentra bastante alejada de la zona donde están instaladas las instalaciones de la Unidad Minera Cerro Corona, por lo que los valores reportados han estado siendo difícilmente influenciados por las operaciones de GFLC.

Respecto a las estaciones con uso potencial para consumo poblacional, HME-4, HME-5, HME-6, HME-7, HME-11, en todo momento registraron concentraciones de metales totales por debajo de los lineamientos de la LGA Clase I y Clase III, así como por debajo de las ECAs para agua Categoría 3, subcategorías D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales.

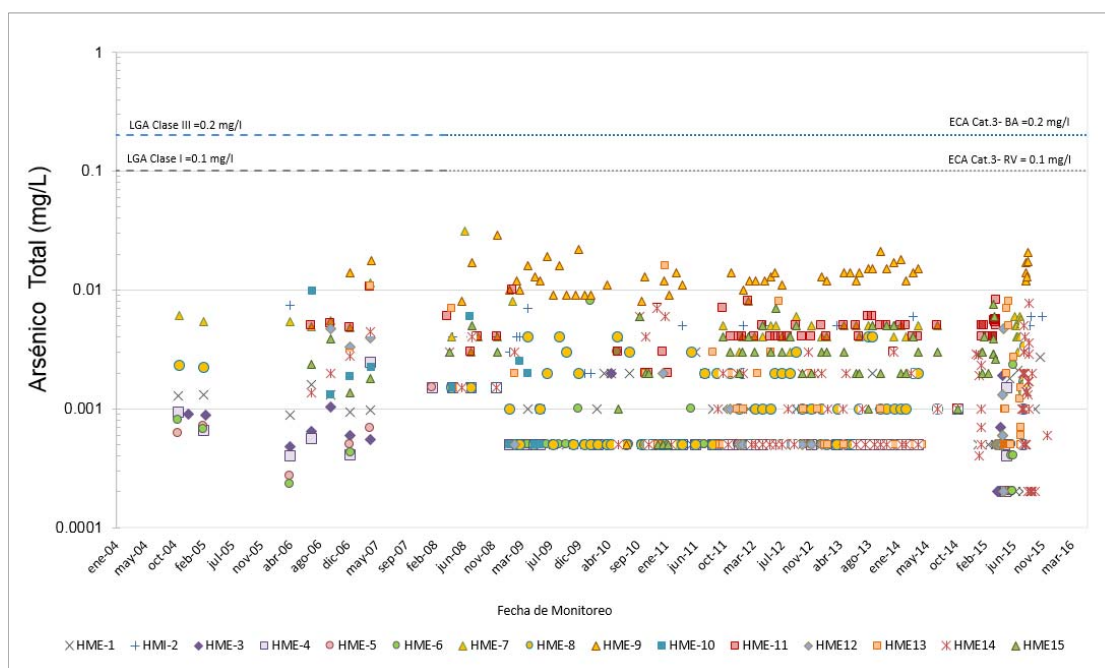
En las demás estaciones ocurre la misma tendencia que en aquellos manantiales con potencial uso para consumo poblacional; la mayor parte del tiempo han estado por debajo de los ECAs agua categoría 3, subcategoría D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales, sin embargo ésta comparación sólo es referencial.

Otro aspecto a considerar en los manantiales HMI-2, HME-3, HME-9, HME-10; HME-12, HME-13, HME-14 y HME-15, es el comportamiento de las estaciones con respecto a los primeros registros realizados durante la fase de línea base y construcción de las instalaciones de la Unidad Minera. En este sentido, los registros muestran una tendencia estable, es decir sin fluctuaciones significativas, que se ha mantenido la mayor parte del tiempo, hasta los registros actuales.

- *Arsénico total*

El Gráfico 3-96, *Tendencia del Arsénico Total en Manantiales* muestra que todas las concentraciones de arsénico total se mantuvieron en todo momento por debajo de los lineamientos de la LGA Clase I (en el caso de las estaciones HME-4, HME-5, HME-6, HME-7, HME-11) y Clase III para las demás. Ocurre lo mismo cuando se comparan con los ECAs para agua Categoría 3, subcategoría D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales.

Gráfico 3-96 Tendencia del Arsénico Total en Manantiales



- *Cadmio Total*

El Gráfico 3-97, *Tendencia del Cadmio Total en Manantiales* muestra que todas las concentraciones de cadmio total se mantuvieron en todo momento por debajo de los lineamientos de la LGA Clase I (en el caso de las estaciones HME-4, HME-5, HME-6, HME-7, HME-11) y Clase III para las demás. Ocurre lo mismo cuando se comparan con los ECAs para agua Categoría 3, subcategoría D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales.

Para resaltar, que el comportamiento del Cadmio Total es diferenciado en la estación HME-1 (quebrada Mesa de Plata), probablemente como resultado de la influencia de los pasivos ambientales existentes (ver Gráfico 3-99).

- *Cobre Total*

En el Gráfico 3-98, *Tendencia del Cobre Total en Manantiales* se muestra que las concentraciones históricas de este parámetro, son mayores en la estación HME-1 hasta el año 2014 aproximadamente, posteriormente se reducen sustancialmente durante el año 2015. En este mismo año se visualiza un incremento sustancial de las concentraciones de este metal en las estaciones HME-14 y HME-13, inclusive por encima del lineamiento de la LGA clase III y ECAs para agua categoría 3, subcategorías D1 riego de vegetales y D2 bebida de animales.

Respecto a las estaciones con uso potencial para consumo poblacional, HME-4, HME-5, HME-6, HME-7, HME-11 y TMI-1, en todo momento se registraron concentraciones de metales totales por debajo de los lineamientos de la LGA Clase I.

Gráfico 3-97 Tendencia del Cadmio Total en Manantiales

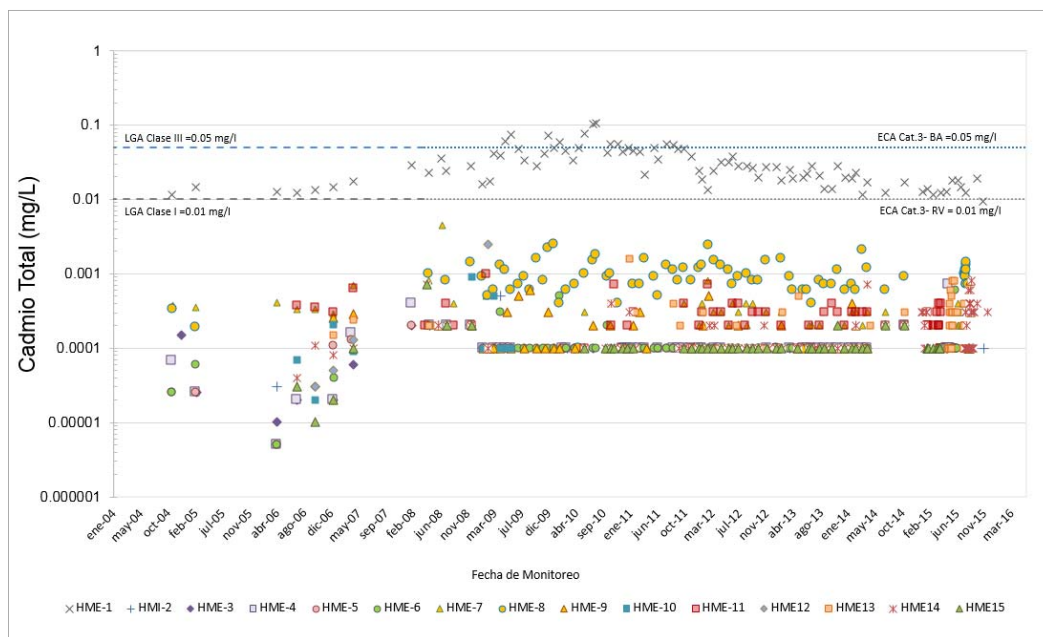
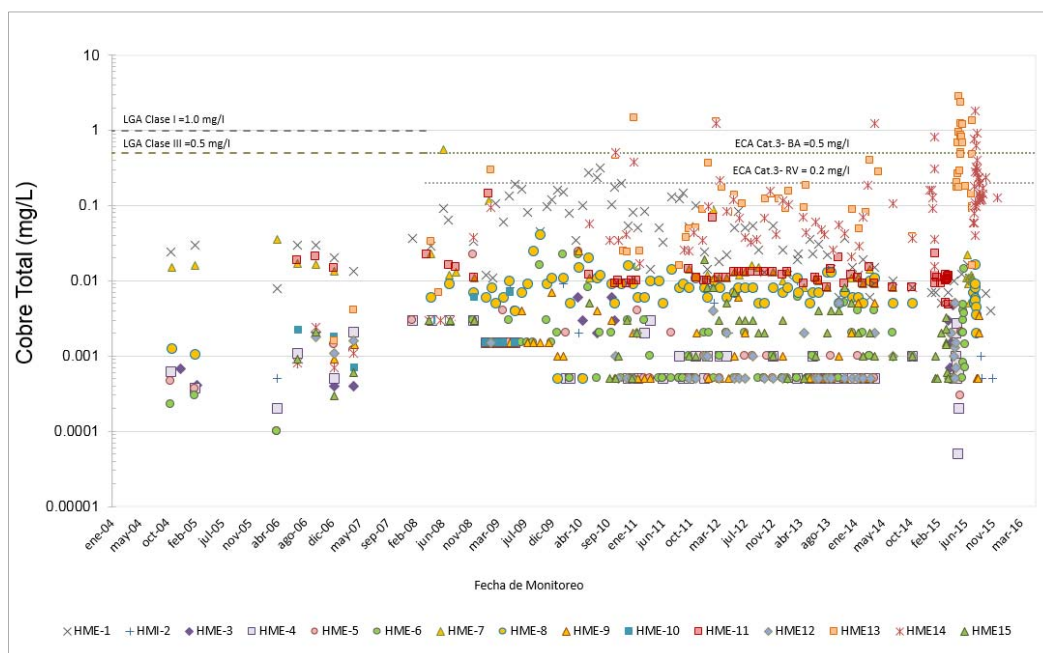


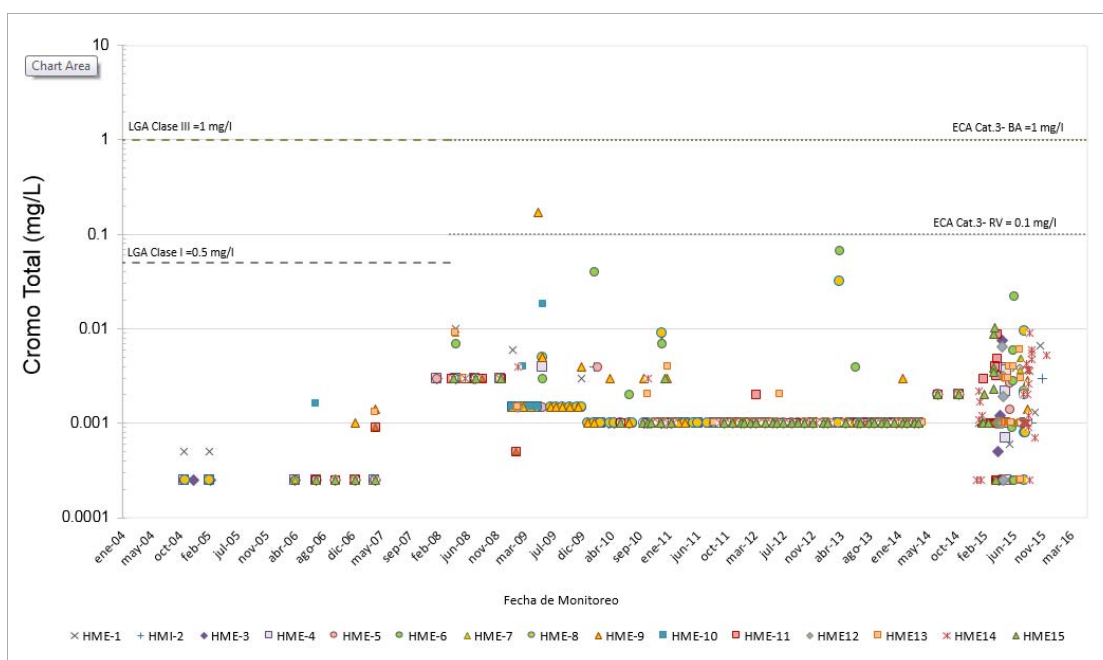
Gráfico 3-98 Tendencia del Cobre Total en Manantiales



- Cromo Total

Las concentraciones de Cromo Total se mantuvieron en todo momento por debajo de los lineamientos de la LGA Clase I (en el caso de las estaciones HME-4, HME-5, HME-6, HME-7, HME-11) y Clase III para las demás. Ocurre lo mismo cuando se comparan con los ECAs para agua Categoría 3, subcategoría D1: riesgo de vegetales y D2: bebida de animales.

Gráfico 3-99 Tendencia del Cromo Total en Manantiales



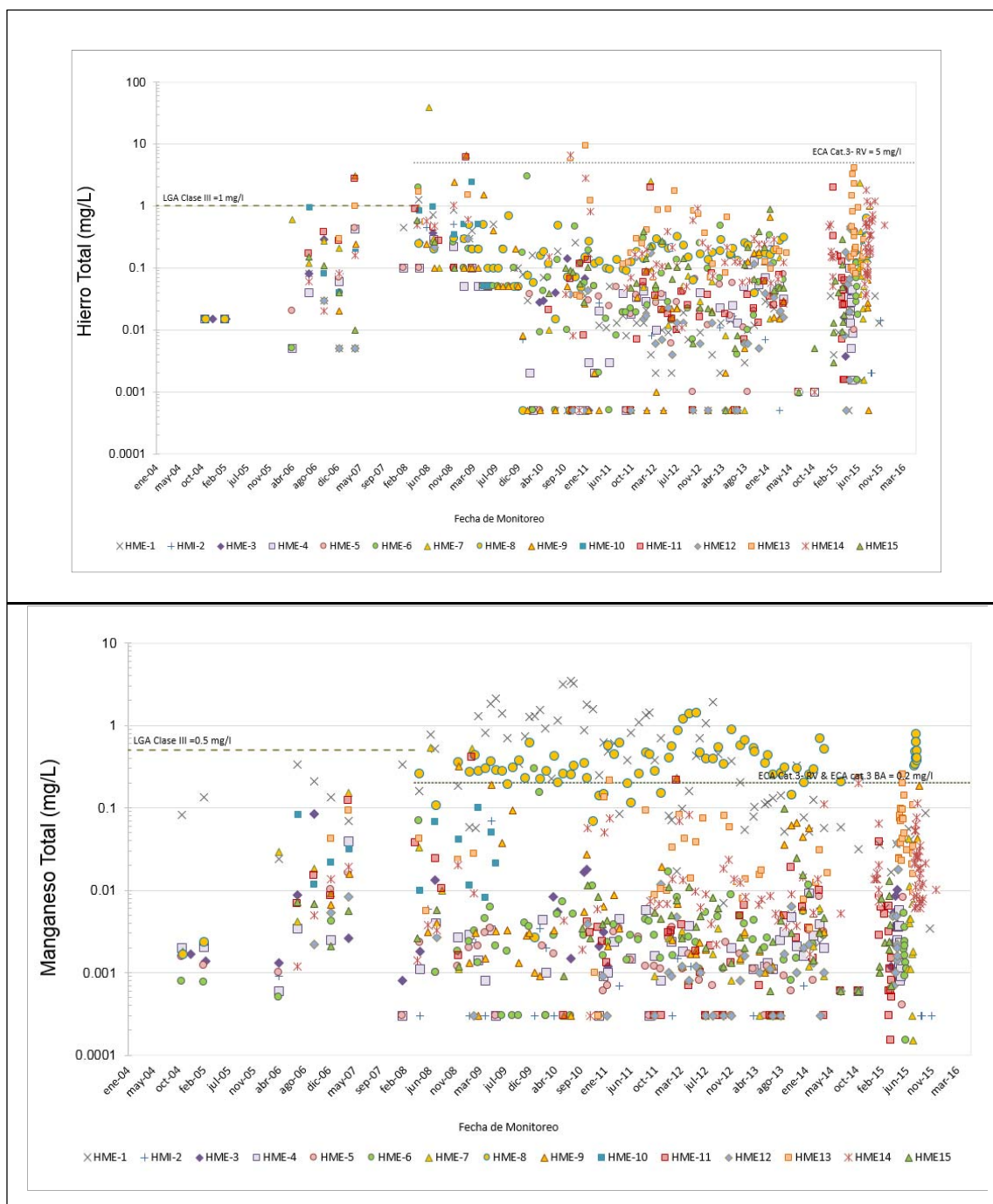
- Hierro Total y Manganeso Total

Las concentraciones registradas de Hierro Total y Manganeso Total se encontraron en la mayoría de las estaciones por debajo de la LGA clase III y de los ECAs para agua categoría 3, subcategoría D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales.

En el caso del hierro total existen excepciones muy aisladas en las estaciones HME-7, HME-13, HME-14 y HME-11, que excedieron el ECA para agua Categoría 3 (subcategoría D1: riego de vegetales). Es importante señalar que las estaciones HME-7, HME-11 tienen como uso potencial el consumo poblacional, sin embargo no hay lineamiento de la LGA para estos metales en la clase I por lo que se está comparando con los lineamientos de la Clase III. Las estaciones HME-4, HME-5, HME-6, también para consumo poblacional, en todo momento reportaron concentraciones por debajo del lineamiento de la LGA Clase III.

Por su parte, las estaciones HME-1 (Mesa de Plata) y HME-8 fueron las excepciones respecto al comportamiento del manganeso total, pues siempre excedió a la LGA Clase III (en menor medida la estación HME-8) y en Hierro Total, ambas en igual medida, superando el ECA para agua Categoría 3 (subcategoría D2: bebida de animales). Se enfatiza que ambas estaciones se ubican aguas abajo de las operaciones de la Unidad Minera Cerro Corona y que se realiza la comparación con las ECAs 2015 solo de manera referencial (ver Gráfico 3-99, *Tendencia del Hierro en Manantiales* y Gráfico 3-100, *Tendencia del Manganeso Total en Manantiales*).

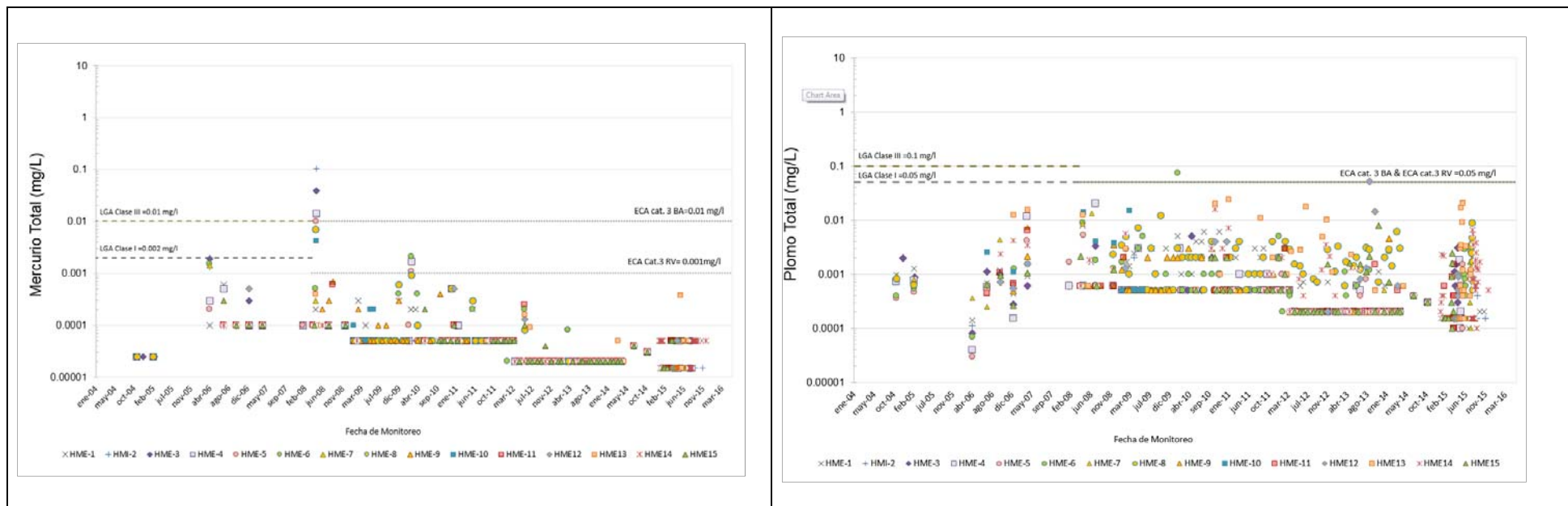
Gráfico 3-100 Tendencia del Hierro Total y Manganeso Total en Manantiales

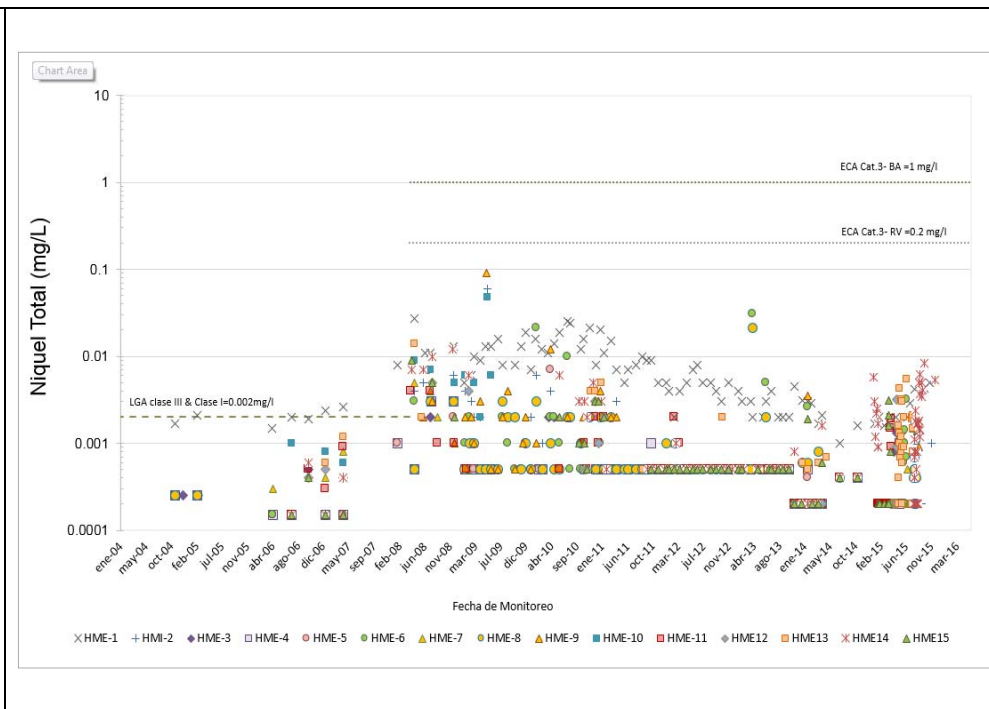
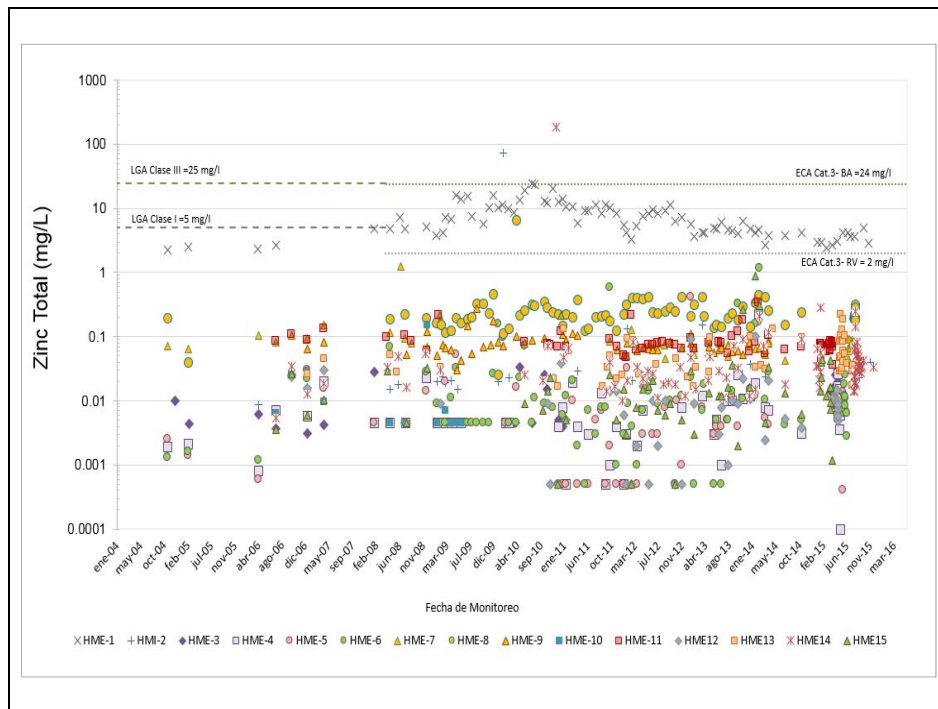


- **Mercurio Total, Plomo Total, Zinc Total y Níquel Total**

Los registros históricos de Mercurio Total, Plomo Total y Níquel Total, indican que sus concentraciones se mantuvieron por debajo del lineamiento establecido por la LGA clase III y bajo los respectivos ECAs para agua Categoría 3, subcategoría D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales, en todas las estaciones (ver Gráfico 3-101, *Tendencias del Mercurio total, Plomo Total, Zinc Total y Níquel Total en Manantiales*).

Gráfico 3-101 Tendencias del Mercurio total, Plomo Total, Zinc Total y Niquel Total en Manantiales





Respecto a las estaciones con uso potencial para consumo poblacional, HME-4, HME-5, HME-6, HME-7, HME-11, en todo momento registraron concentraciones de metales totales por debajo de los lineamientos de la LGA Clase I. Existen algunas excedencias puntuales en el caso del níquel total sin que represente tendencia alguna.

El caso particular de la estación HME-1 que muestra concentraciones históricas de zinc total elevadas respecto a las otras estaciones que exceden en todo momento el ECA para agua Categoría 3 (D1: riego de vegetales), sin embargo se mantuvieron por debajo de la subcategoría D2: bebida de animales.

- Coliformes Totales y Fecales

En el Gráfico 3-102, *Tendencia Temporal de Coliformes Totales en Manantiales* y Gráfico 3-103, *Tendencia Temporal de Coliformes Fecales en Manantiales* se observan varias excedencias respecto lineamiento de la LGA agua Clase III y a las ECAs agua categoría 3, subcategorías D1 riego de vegetales y D2 bebida de animales. En particular el manantial HME-8 excede en varias ocasiones la LGA Clase III para coliformes fecales y totales.

Respecto a las estaciones con uso potencial para consumo poblacional, HME-4, HME-5, HME-6, HME-7, HME-11, en todo momento el conteo de coliformes en sus aguas excedió la LGA Clase I (indica un valor máximo de cero (0) NMP/100ml de Coliformes Fecales y 8.8 NMP/100ml de Coliformes Totales).

Es evidente la afectación de la calidad microbiológica de los manantiales. Cabe precisar que los coliformes fecales son indicadores directos de contaminación fecal altamente asociados a actividades antrópicas (como ganadería) y condiciones propias de la zona. Se observa además una similitud en el orden de los valores de los coliformes totales y fecales que indicarían que la carga microbiológica es casi en su totalidad de origen fecal. Las características microbiológicas de estos manantiales no están directamente relacionados con la actividad minera por lo que se sugiere que actividades antropogénicas sobre el área de recarga u afloramiento de los manantiales, como la ganadería o el uso de letrinas, probablemente hayan tenido un impacto directo sobre el contenido microbiológico. Probablemente la contaminación fecal suceda en zonas aledañas a los manantiales, en su zona de recarga, dado que los microorganismos no pueden desplazarse fácilmente largas distancias verticales ni horizontales.

Gráfico 3-102 Tendencia Temporal de Coliformes Totales en Manantiales

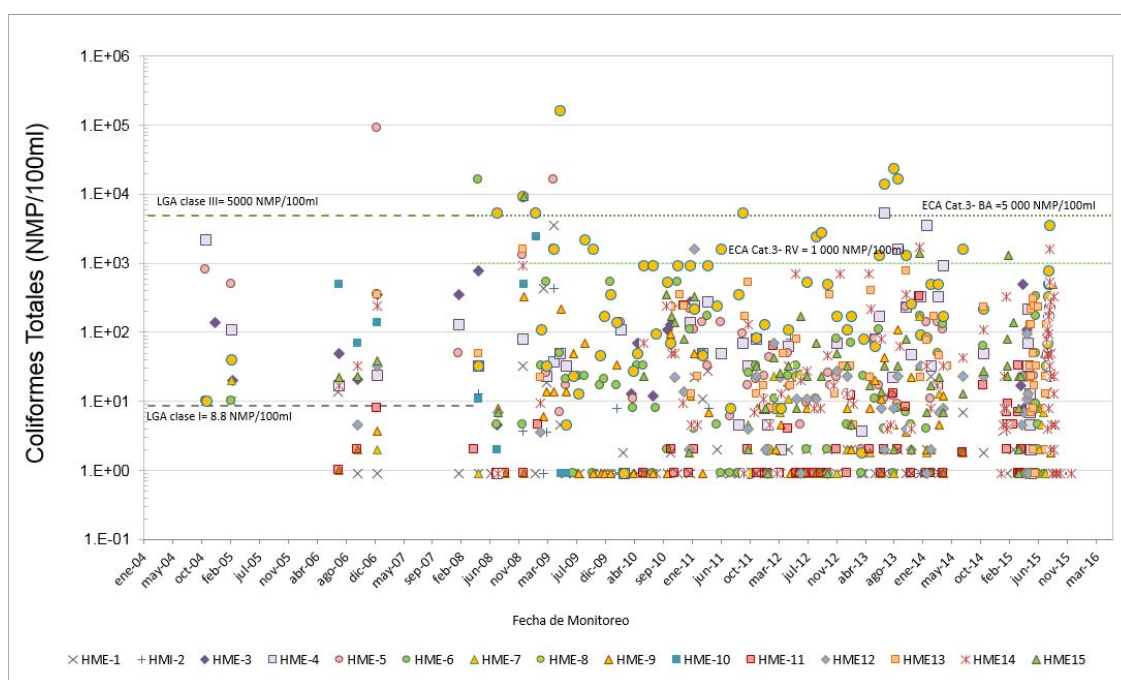
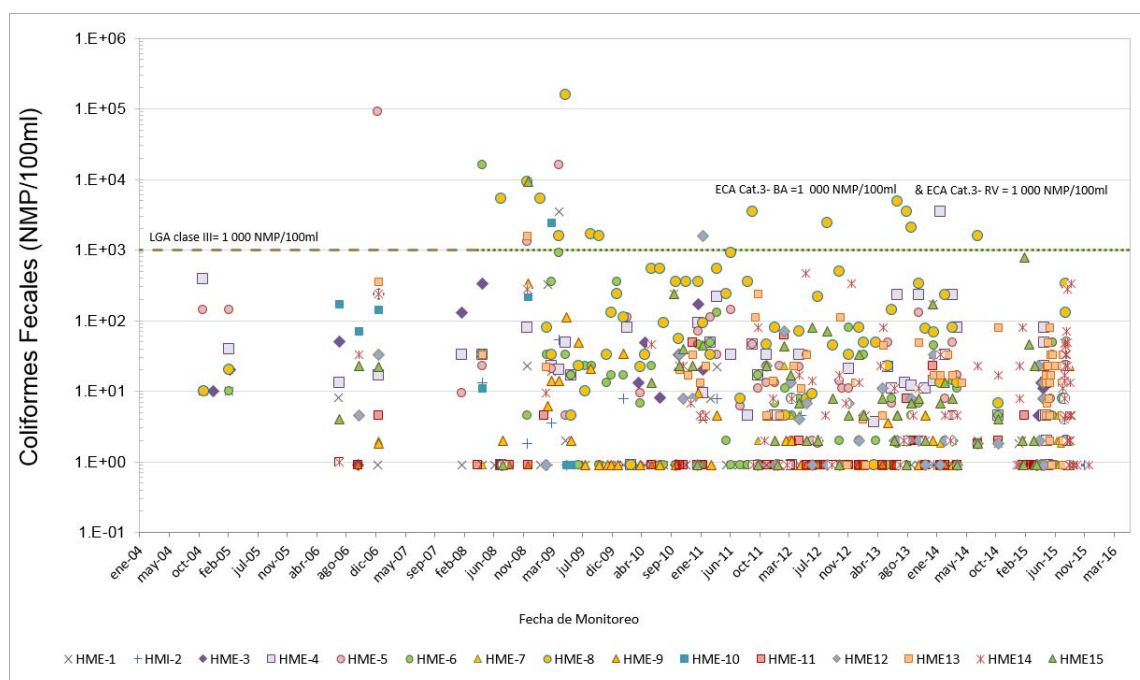


Gráfico 3-103 Tendencia Temporal de Coliformes Fecales en Manantiales



Evolución Temporal de las Características Físicoquímicas del Agua en Piezómetros

Los piezómetros (pozos de monitoreo) considerados como representativos para esta sección fueron aquellos ubicados en la subcuenca del río Tingo, TPI-1, TPI-2 y TPI-3, y los ubicados dentro del tajo Cerro Corona, HPI-1 y HPI-2. Su ubicación es estratégica por están ubicados en zonas que interceptan los flujos provenientes de las zonas intervenidas por las operaciones de la unidad minera Cerro Corona. De esta forma se pueden evaluar las características físicoquímicas de las aguas subterráneas e identificar cualquier modificación de los parámetros de control desde la línea base. Los piezómetros han sido ubicados sobre materiales volcánicos, en contacto con el intrusivo y las calizas del Yumagual superior. Es importante mencionar que la representatividad se da sobre el acuífero al cual interceptan las rejillas o tubos ranurados que es por donde ingresa el agua subterránea del acuífero.

En base a este contexto, es importante resaltar las siguientes consideraciones:

- Los piezómetros TPI-2 y TPI-3, están asociados a instalaciones específicas de la Unidad Minera Cerro Corona. El piezómetro TPI-2 está asociada al dique Las Águilas y el TPI-3 al dique Las Gordas. Mientras que los piezómetros HPI-1 y HPI-2 están asociados al tajo Cerro Corona, variando las profundidades entre 100m y 37.5 m respectivamente.
- Los registros históricos en el área del tajo Cerro Corona (HPI-1 y HPI-2) muestran la presencia de metales en concentraciones significativas. Esto es típico en zonas altamente mineralizadas y muy conductivas o permeables, como es el intrusivo/volcánico, que es el material predominante en el tajo. Las concentraciones naturales de plomo, aluminio, hierro, manganeso y mercurio ligeramente elevadas confirman que en esta zona no hay influencia externa, solo el contacto entre el agua subterránea y la roca. Es posible que los procesos de óxido-reducción existentes hayan facilitado los precipitados en la matriz del acuífero y que luego hayan sido removidos por acción del bombeo durante el muestreo. En general las concentraciones encontradas de elementos metálicos en el tajo son mucho menores a las concentraciones encontradas en el área de la relavera.

- Respecto a los estudios realizados en las inmediaciones del depósito de relaves (piezómetros TPI-1, TPI-2 y TPI-3), estos se ubican también aguas abajo de pasivos ambientales mineros; es decir, la calidad de agua podría estar influenciada directamente como consecuencia del drenaje de estos componentes; sin embargo, también existe influencia natural proveniente del intrusivo/volcánico que se ubica en esta zona.
- El entorno geológico local también juega un rol muy importante en la química del agua superficial en ambas sub-cuencas. Los niveles elevados de metales pueden estar siendo influidos por la naturaleza del material parental, principalmente en aquellas zonas donde afloran zonas mineralizadas fuertemente alteradas (con presencia de arcilla y óxidos de hierro) y que están profundamente meteorizadas.
- Por su parte, la calidad microbiológica en todos los piezómetros se muestra aceptable en todo momento si consideramos los resultados del conteo de coliformes fecales y totales respecto a las ECAs (referencialmente) categoría 3 subcategorías D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales. Estos resultados son coherentes con el hecho que no existe influencia de actividades antrópicas diferentes a las actividades de GFLC.

A continuación se describe la evolución temporal de los principales parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados según el programa de monitoreo de recursos hídricos superficiales y subterráneos:

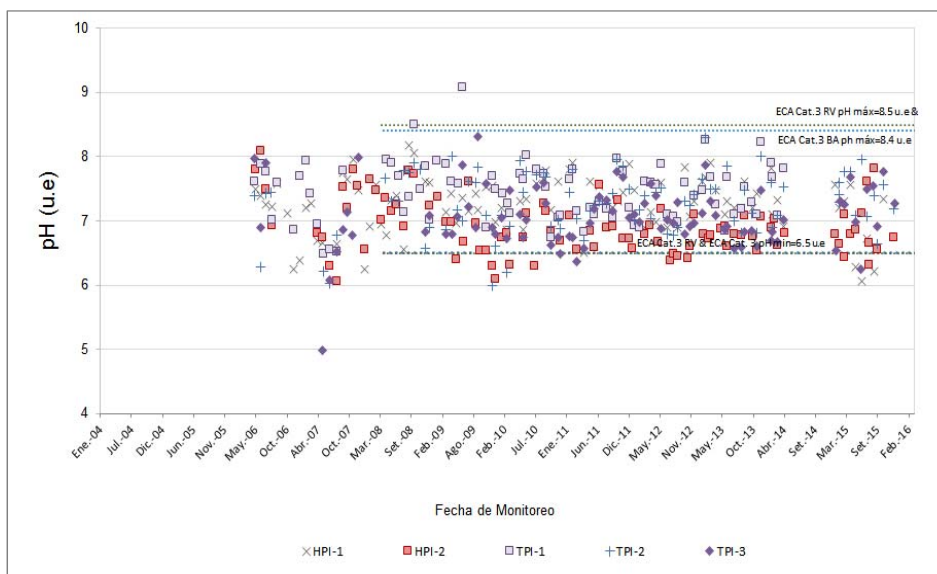
- pH y Conductividad

Los valores de pH en los piezómetros TPI-1, TPI-2 y TPI-3, generalmente se mantuvieron en el rango entre neutro y alcalino. La mayoría de los resultados se mantuvieron dentro del rango establecido por los ECAs para agua Categoría 3 (subcategorías D1 y D2).

De igual manera, los registros de HPI-1 y HPI-2 (asociados al tajo Cerro Corona) generalmente se mantuvieron en el rango de los ECAs categoría 3, sin embargo se nota una tendencia hacia valores ligeramente ácidos en ambas estaciones. Es probable que debido a su ubicación, dentro del tajo Cerro Corona, estén ocurriendo procesos geoquímicos que influyen sobre la concentración de los iones H^+ generando una tendencia hacia valores de pH más bajos. Se observa que esta tendencia se mantiene durante el período completo de monitoreo. En el Gráfico 3-72 *Tendencia de las Concentraciones de pH en la Subcuenca del Río Hualgayoc*

El Gráfico 3-104, *Tendencia Temporal de pH en Piezómetro*, se observa un valor ácido de pH en la estación TPI-3 (año 2007), que es aislado y no muestra tendencia alguna. Es probable que sea producto de algún error en el registro de los datos.

Gráfico 3-104 Tendencia Temporal de pH en Piezómetros

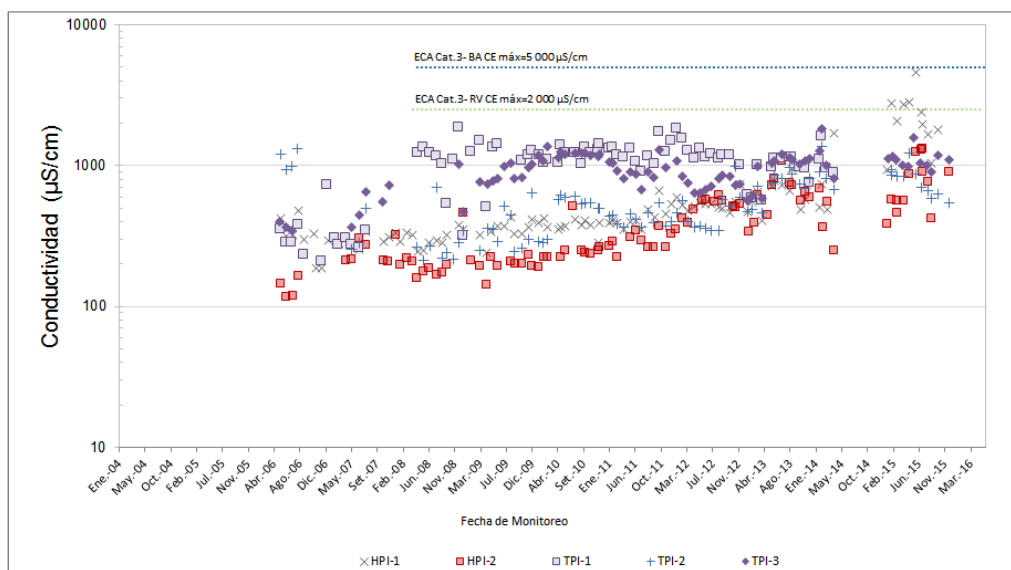


Los valores de conductividad registrados en todos los piezómetros estuvieron por debajo de los ECAs para agua Categoría 3, subcategoría D1 riego de vegetales y D2 bebida de animales (ver Gráfico 3-105, *Tendencia Temporal de Conductividad en Pozos*).

Es importante mencionar que la LGA no tiene lineamiento para este parámetro por lo que se realiza la evaluación tomando como referencia los ECAs.

Hacia el 2016, se observa una tendencia ligeramente creciente de los valores de conductividad en los piezómetros HPI-1 y HPI-2 (ubicados en el tajo cerro Corona). Probablemente esté relacionado con las operaciones mineras que van profundizando el tajo generando procesos geoquímicas que incrementan los elementos disueltos en el agua subterránea.

Gráfico 3-105 Tendencia Temporal de Conductividad en Pozos



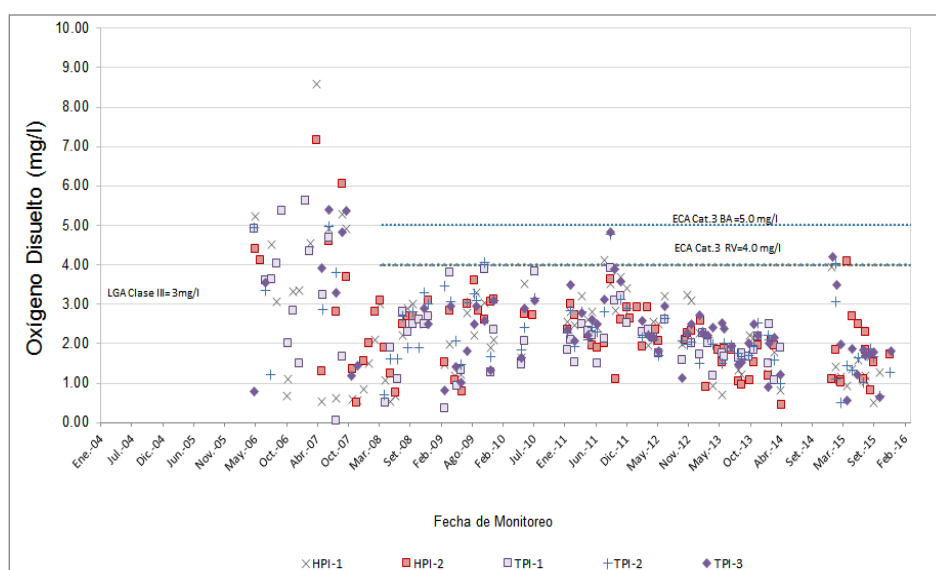
- **Cianuro WAD**

Todas las estaciones registraron concentraciones por debajo del lineamiento del ECA para agua categoría 3 (subcategorías D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales).

- **Oxígeno Disuelto**

Las concentraciones de oxígeno disuelto son presentadas en el Gráfico 3-106 *Tendencia Temporal del Oxígeno Disuelto en Piezómetros*. Se observan la mayoría de concentraciones por debajo del valor mínimo establecido por la LGA Clase III y ECAs para agua Categoría 3 subcategorías D1 y D2, sin embargo, estos valores son típicos en aguas subterráneas ya que al encontrarse en contacto con la materia orgánica de los suelos, los procesos de oxidación bacteriana tienden a depletar el oxígeno del medio y producir CO₂. Generalmente bajas concentraciones de oxígeno disuelto están relacionadas la presencia de cantidades apreciables de hierro y manganeso.

Gráfico 3-106 Tendencia Temporal del Oxígeno Disuelto en Piezómetros



- Metales Totales

El análisis de la variación temporal de metales totales pone en evidencia la influencia de los procesos geoquímicos sobre la química de las aguas subterráneas que fluyen a través de las unidades hidrogeológicas asociadas a las facilidades de la unidad minera (en HPI-1 y HPI-2) y de los pasivos ambientales mineros circundantes (en TPI-1, TPI-2 y TPI-3).

En general, se observa el incremento de las concentraciones de algunos metales totales a medida que se desarrolla la explotación en el tajío Cerro Corona, principalmente en el piezómetro HPI-1.

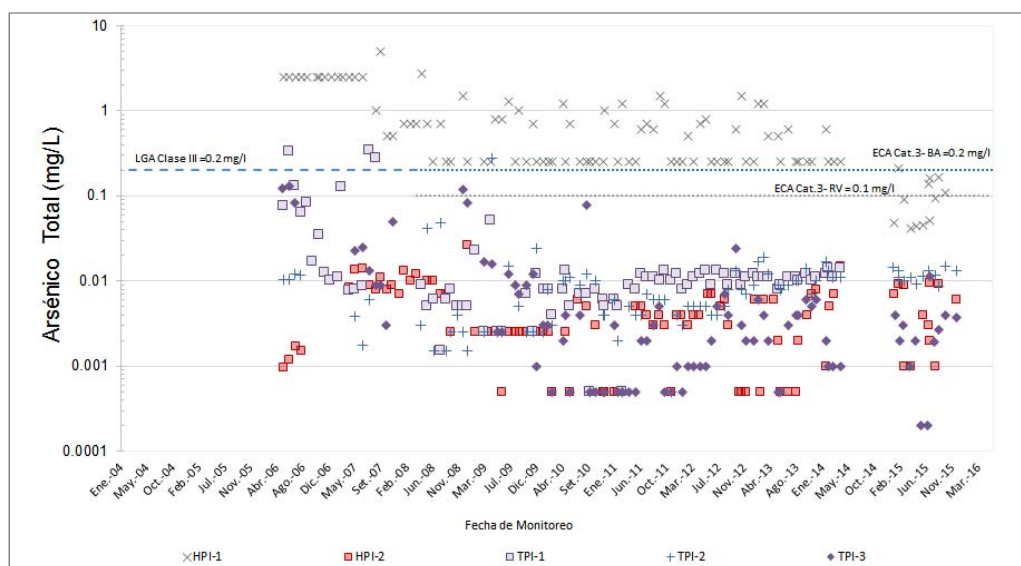
- Arsénico total

El Gráfico 3-107, *Tendencia Temporal de Arsénico Total en Piezómetros* muestra la tendencia general de las concentraciones de arsénico total en los piezómetros evaluados. Las mayores concentraciones de este metal ocurrieron persistentemente en la estación HPI-1 ubicada en el tajío Cerro Corona. Es probable que la ocurrencia de valores anómalos este asociada a las características mineralógicas de la zona en la que se encuentra instalado el piezómetro. Adicionalmente, es importante señalar que el método de laboratorio usado en varias oportunidades contaba con un límite de detección mayor al lineamiento de la LGA clase III y ECAs, por lo que en el Gráfico 3-104 se observan varios registros que se encuentran alineados en dos o tres concentraciones.

- Cadmio Total y Cromo Total

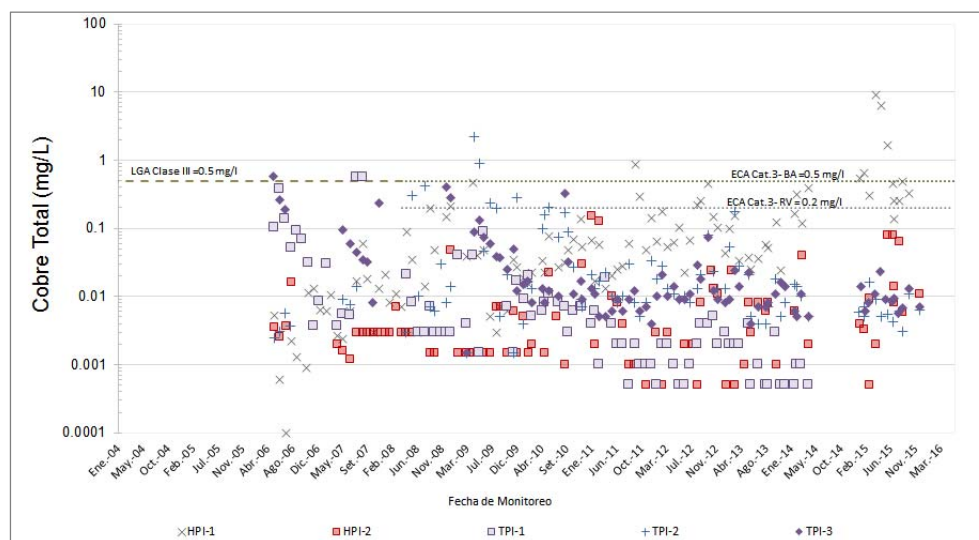
Todas las estaciones registraron concentraciones de cadmio total por debajo del lineamiento de la LGA clase III y ECA para agua Categoría 3, subcategorías D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales.

Gráfico 3-107 Tendencia Temporal de Arsénico Total en Piezómetros

- **Cobre total**

Todas las estaciones registraron concentraciones de Cobre Total menores al lineamiento de la LGA clase III y ECA para agua Categoría 3, subcategoría D2: bebida de animales. De manera similar a los otros metales, las mayores concentraciones se observan en la estación HPI-1 ubicada en el tajo Cerro Corona. Asimismo, existen 02 excedencias puntuales en la estación TPI-2 en el año 2009 (ver Gráfico 3-108, *Tendencia Temporal de Cobre Total en Piezómetros*)

Gráfico 3-108 Tendencia Temporal de Cobre Total en Pozos

- **Hierro Total y Manganeseo Total**

Las concentraciones históricas de Hierro Total y Manganeseo Total son relativamente altas si consideramos los ECAs para agua Categoría 3, subcategoría D1 riego de vegetales y D2 bebida de animales y la LGA clase III. Las mayores concentraciones ocurren, principalmente, en los piezómetros HPI-1, HPI-2 (en el tajo Cerro Corona) y en TPI-2, en menor medida. Específicamente el valor límite de la LGA es excedido en todas las estaciones la mayor parte del tiempo monitoreado.

El comportamiento de ambos metales en los piezómetros HPI-1 y HPI-2 posiblemente esté relacionado a la explotación y profundización del tajo que, al igual que el arsénico total, estén generando procesos geoquímicos que producen el incremento de solubilidad de los elementos químicos del intrusivo, movilizándolos hacia el agua subterránea muestreada. Es clara la tendencia incremental, del hierro total y manganeso total, hacia los años actuales.

Las concentraciones de metales totales en el piezómetro TPI-2 muestra una tendencia estable a lo largo del tiempo, sin embargo es superior en una o dos órdenes de magnitud respecto a los piezómetros TPI-1 y TPI-3. Es posible que estos resultados estén siendo influenciados por arrastre del hierro precipitado desde la zona de pasivos ambientales de las zonas aledañas.

Los resultados obtenidos de Hierro Total y Manganeso Total, se pueden visualizar en el Gráfico 3-109, *Tendencia Temporal de Hierro Total en Piezómetros* y Gráfico 3-110, *Tendencia Temporal de Manganeso Total en Piezómetros*.

Gráfico 3-109 Tendencia Temporal de Hierro Total en Piezómetros

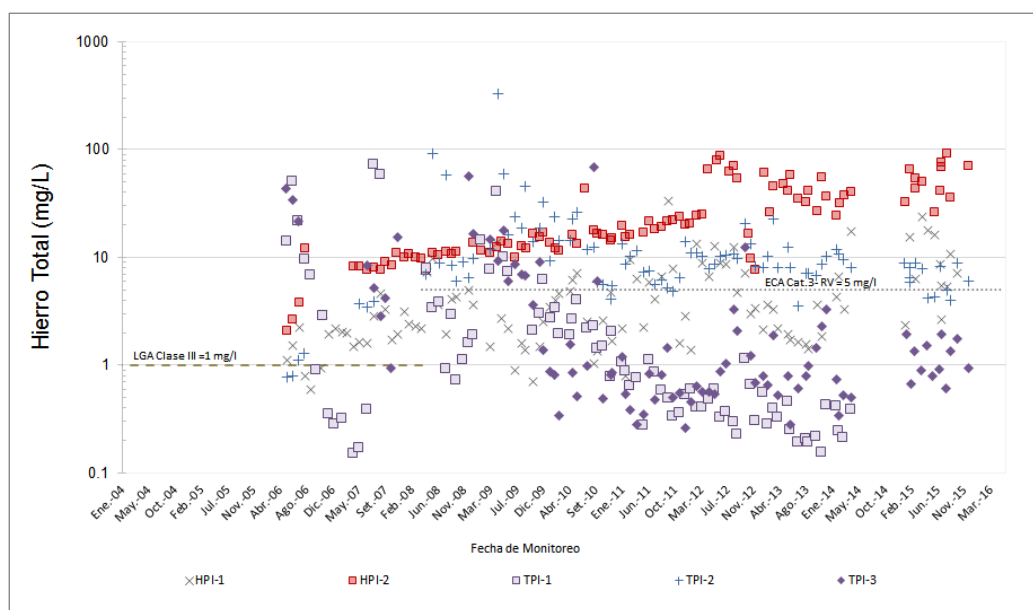
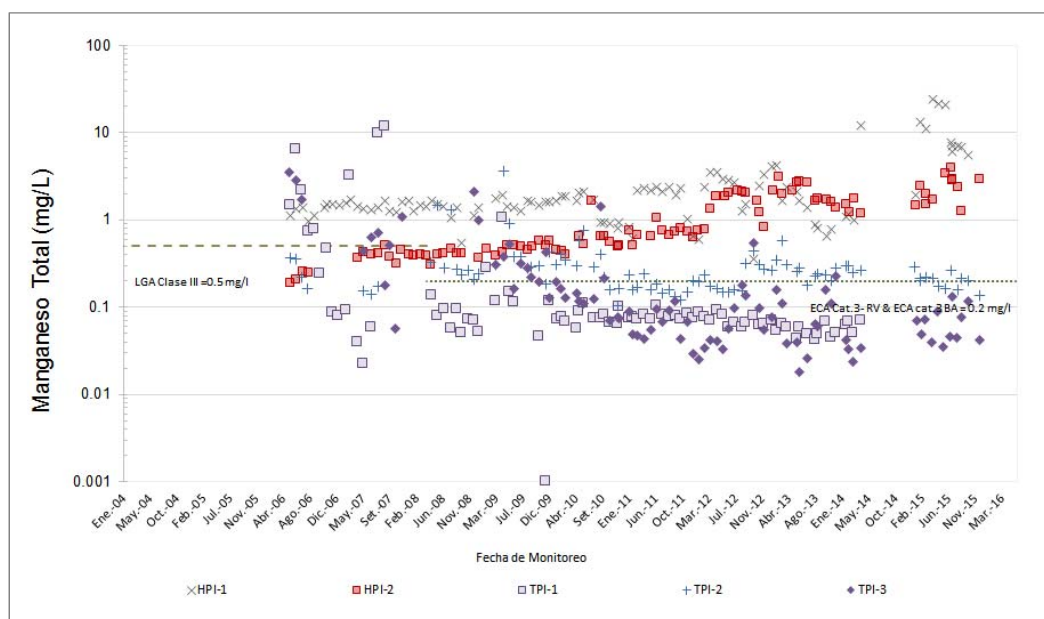


Gráfico 3-110 Tendencia Temporal de Manganeso Total en Piezómetros



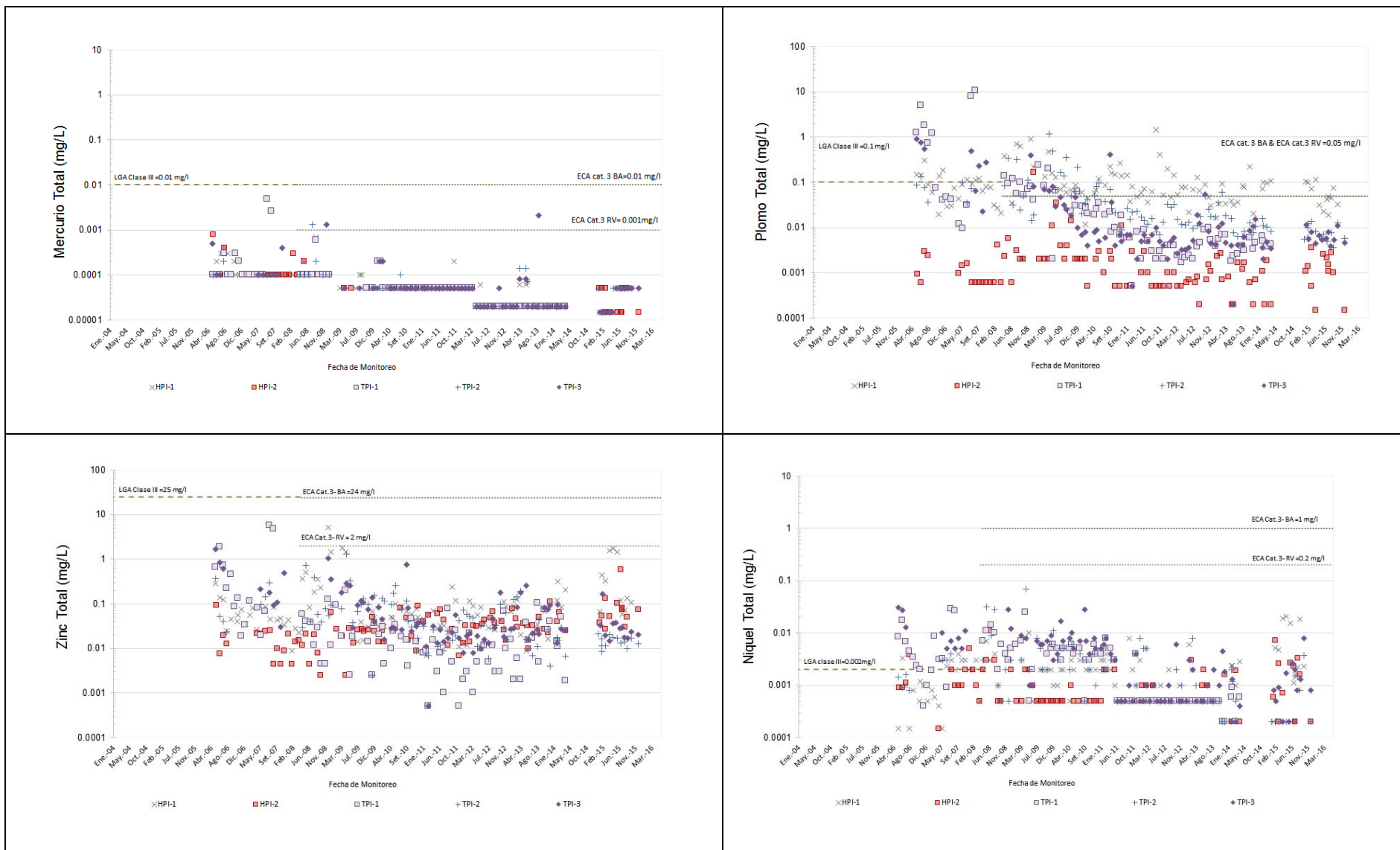
- **Mercurio total, Plomo Total, Zinc Total y Níquel Total**

Las concentraciones históricas de Mercurio Total, Plomo Total, Zinc Total y Níquel Total se muestran en el Gráfico 3-111, *Tendencias Temporales del Mercurio total, Plomo Total, Zinc Total y Níquel Total en Piezómetros*.

El comportamiento observado de las concentraciones de Mercurio Total, Zinc Total y Níquel Total dan cuenta del cumplimiento de los ECAs para agua Categoría 3, subcategoría D1 riego de vegetales y D2 bebida de animales en todas las estaciones de monitoreo. Respecto al valor límite de la LGA clase III que es mucho menor que las ECAs para ese mismo metal, las concentraciones históricas de níquel total la exceden en varias ocasiones en todas las estaciones.

Por otro lado, las concentraciones de Plomo Total, muestran varias excedencias a la LGA clase III y a las ECAs para agua Categoría 3 (subcategorías D1 y D2), principalmente en la estación HPI-1 y en la fase de construcción en la estación TPI-1.

Gráfico 3-111 Tendencias Temporales del Mercurio Total, Plomo Total, Zinc Total y Níquel Total en Piezómetros



Características geológicas, geoquímicas e hidrogeológicas que influyen en la calidad del agua subterránea

Con la finalidad de caracterizar la calidad de agua subterránea, es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las características fisicoquímicas del agua que circula a través de los acuíferos y que afloran en las zonas de descarga en manantiales, está determinada por la composición química del material por donde fluye y por los procesos geoquímicos que ocurren cuando se cambian las condiciones de equilibrio del sistema.
- Los manantiales están relacionados al sistema kárstico y piezómetros y pozos construidos con varios fines. Los acuíferos de karst se caracterizan por la formación paulatina de una red de fisuras, fracturas y conductos interconectados, emplazados en una matriz de roca relativamente poco permeable. La mayor parte del flujo y transporte del agua subterránea se produce a través de la red de conductos, mientras la mayor parte del almacenamiento de agua subterránea se produce en la matriz
- La geología local de la zona, está dominada por rocas sedimentarias, principalmente calizas y margas del Cretáceo de las Formaciones Chulec, Pariatambo y Yumagual. En los piezómetros, las concentraciones naturales de calcio tienen su origen en el contacto agua-roca, principalmente con las formaciones Yumagual y Pariatambo, las cuales presentan rasgos kársticos con relativa tendencia a la disolución de carbonato-cálcica
- El movimiento de agua subterránea en la zona de estudio es dominado por el tipo de roca, los sistemas de fallamiento/fracturamiento y los procesos tectónicos. En áreas de roca intrusiva, la circulación del agua subterránea se encuentra generalmente restringida a los primeros 50 m dentro de la zona de fracturamiento por meteorización.
- Los procesos tectónicos también han modificado el régimen de flujo del agua subterránea. El plegamiento influye la geometría de un acuífero, la orientación de las zonas de fracturas y fallas y, consecuentemente, el movimiento de las aguas subterráneas.
- La hidrología muestra que la red de drenaje de la zona (que influye directamente sobre la recarga de los acuíferos y afloramiento de aguas subterráneas) está inmersa en la subcuenca de los ríos Tingo y Hualgayoc.
- Los patrones de flujo están determinados por Unidades Hidrogeológicas que tienen la capacidad de almacenar, suministrar y transportar agua. Desempeñan un rol importante en la recarga, descarga y variación de los niveles piezométricos.

Grado de mineralización del agua subterránea

El grado de mineralización puede ser expresado por variables que reflejan esta condición, entre las cuales se encuentran la conductividad (como reflejo de los sólidos disueltos de tipo iónico), las concentraciones de los cationes calcio y magnesio (dureza), de los aniones carbonatos-bicarbonatos (alcalinidad) y sulfatos. En ese contexto, a continuación se realiza una breve descripción del contenido de estos iones en las aguas subterráneas y manantiales.

La hidroquímica del agua de las 16 estaciones de monitoreo de los manantiales (tanto en la subcuenca del río Tingo y como del río Hualgayoc) dieron al calcio como catión dominante, seguido del magnesio. En los manantiales de uso poblacional (HME-4, HME-5, HME-6, HME-7 y HME-11 (ambos agua tipo Ca-HCO₃) y TMI-1), ninguna concentración de sulfato y cloruro superó los ECAs de la Categoría 1.

En los piezómetros monitoreados se determinó que el catión predominante es el calcio seguido del sodio y en concentraciones aún menores, el magnesio. Por otro lado, el anión predominante es el sulfato, por esta razón se describe de manera general a las estaciones TPI-1 y TPI-2 como calcio-sulfatada y a TPI-3 como calcio-sulfatada-bicarbonatada.

En los piezómetros, las concentraciones naturales de calcio tienen su origen en el contacto agua-roca, principalmente con las formaciones Yumagual y Pariatambo, las cuales presentan rasgos kársticos con relativa tendencia a la disolución de carbonato-cálcica. Por otra parte, no se descarta la posibilidad que el aporte de sulfatos (al agua subterránea y manantiales) provenga de manera natural del aporte de sulfuros de la zona volcánica que pueden movilizarse a través de la interconexión hidráulica establecida por fallas y/o conductos cársticos. Asimismo, podría tener su origen en la disolución de roca sulfatada (yeso o anhidrita), ya que un examen detallado de la distribución de sulfato y azufre total de roca entera sugiere su presencia.

Las conductividades eléctricas registradas en el agua subterránea y manantiales (ver Gráfico 3-107, *Tendencia Temporal de la Conductividad en Manantiales* y Gráfico 3-108 *Tendencia Temporal de la Conductividad en Pozos*) sugieren una variación estacional. Estos valores registrados de conductividad están relacionados con la estacionalidad, aumentando en las temporadas húmedas y disminuyendo en las temporadas secas.

3.1.14 Recursos Hídricos Marinos

3.1.14.1 Oceanografía

La presente sección describe los principales componentes oceanográficos, tales como topografía submarina (batimetría), corrientes, vientos, oleaje y mareas del área costera en donde se ubica las instalaciones de la Mina Cerro Corona en el puerto de Salaverry. Esta descripción está basada en la evaluación oceanográfica desarrollada como parte de los estudios de línea base para la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Cerro Corona – Almacenamiento, Transporte y Embarque de Concentrado de Minerales en Salaverry (MWH, 2009) y de la Actualización del Plan de Cierre de Mina Cerro Corona-Almacenamiento, Transporte y Embarque de Concentrado en Salaverry (MWH, 2011) realizada por la empresa CCC Ingenieros Consultores durante el periodo 2005-2006.

Área de Estudio

El puerto de Salaverry está situado dentro de una extensa zona de playas bajas de arena, rodeado de cerros tanto hacia el este como al sur; donde destaca el Morro Carretas. Este puerto se encuentra protegido por cuatro molos de contención rocosa que tienen por finalidad amortiguar y desviar los efectos dinámicos de las olas para evitar o disminuir la sedimentación por las corrientes marinas.

El puerto de Salaverry cuenta con dos muelles de atraque para buques de 225 y 234 m, los cuales nacen desde la playa del extremo sur de la poza y hacia el lado este del rompeolas. El muelle del lado sur se emplea para manipular la carga general, y el otro muelle se utiliza para el embarque de azúcar a granel de exportación, estando bajo la administración del ENAPU (Empresa Nacional de Puertos). También existe un muelle artesanal, utilizado para las actividades artesanales.

El área de estudio y la ubicación de las estaciones de monitoreo para la evaluación oceanográfica en la zona del puerto se presentan en la Figura 3-31, *Estaciones de Monitoreo Oceanográfico-Salaverry*. Los estudios de campo fueron realizados en junio del 2005 (temporada de invierno) y marzo del 2006 (temporada de verano), y estuvo enfocada a caracterizar las condiciones oceanográficas en el ambiente marino del puerto de Salaverry.

Dentro del estudio, se caracterizó el relieve submarino del área delimitada por una línea imaginaria que une el espigón sur (farolete) y extremo del molo 2. Las mediciones topográficas fueron realizadas para determinar la línea de alta marea en la zona de playa. Asimismo, se realizó un levantamiento taquimétrico (muelles, rompeolas) del perímetro de bahía.

El levantamiento batimétrico incluyó la determinación de la profundidad utilizando ecosondas digitales, siendo desarrollado en el mes de junio del 2005. Las mediciones se realizaron usando una embarcación hidrográfica, un sistema DGPS marca Trimble modelo Ag GPS 114 con receptor de señal Omnistar diferencial, una ecosonda digital BATI 500-MF para registrar profundidades, una sondaleza manual y el software HYPACK Max hydrographic.

Las condiciones de oleaje se evaluaron mediante cálculos de refracción y difracción de olas, utilizando los datos obtenidos de las Direcciones de Navegación y el Modelo Numérico Wave Watch III. El ciclo de mareas fue evaluado en base a observaciones de campo e información de HIDRONAV.

Las condiciones hidrodinámicas se estudiaron a través de la distribución de corrientes marinas superficiales y subsuperficiales. Las corrientes son presentadas como la distribución vectorial de sus valores absolutos en niveles de superficie, profundidad media ó sub-superficial y de fondo, y en secciones verticales correspondiente a cada transecto.

El estudio de corrientes marinas fue realizado en junio del 2005 y marzo del 2006. Con la finalidad de abarcar el área interior y circundante al puerto, se ubicaron 8 estaciones, en 2 transectos perpendiculares y uno paralelo al litoral (ver Figura 3-31, *Estaciones de Monitoreo Oceanográfico-Salaverry*). En cada estación se registraron corrientes en superficie (0 - 1 m de profundidad), en subsuperficie (4 m de profundidad) y en el fondo (8 m de profundidad). La velocidad y dirección de la corriente marina fue medida con un correntómetro electrónico de registro continuo (ANDERA Type 174 SSM).

- **Batimetría**

Los resultados indicaron que la topografía del área del puerto de Salaverry es muy somera, y se aprecia que el viril de la isóbata de la profundidad de 10 m se extiende hasta una distancia de 1.3 milla náuticas (2.5 km), haciendo que la zona de puerto tenga profundidades predominantemente menores de 9 m. Los resultados del estudio de batimetría se muestran en la Figura 3-32, *Batimetría en el Área de Salaverry*. El relieve del fondo submarino en la vecindad del puerto, disminuye en forma uniforme sin mayores peligros; el veril de los 5 m corre paralelo a sus playas y a una distancia de 400 m. El fuerte arenamiento al que está sujeto este puerto, hace necesario el constante dragado del canal de entrada a la rada.

- **Olas**

Las olas presentes en el área del puerto de Salaverry se caracterizan por una dirección desde el Suroeste, debido a que son las olas de mayor dominancia en la zona; las olas provenientes del Sur ingresan muy refractadas y tienen menos energía; mientras que las olas del Oeste, aunque puedan tener mayor energía, son de menor frecuencia.

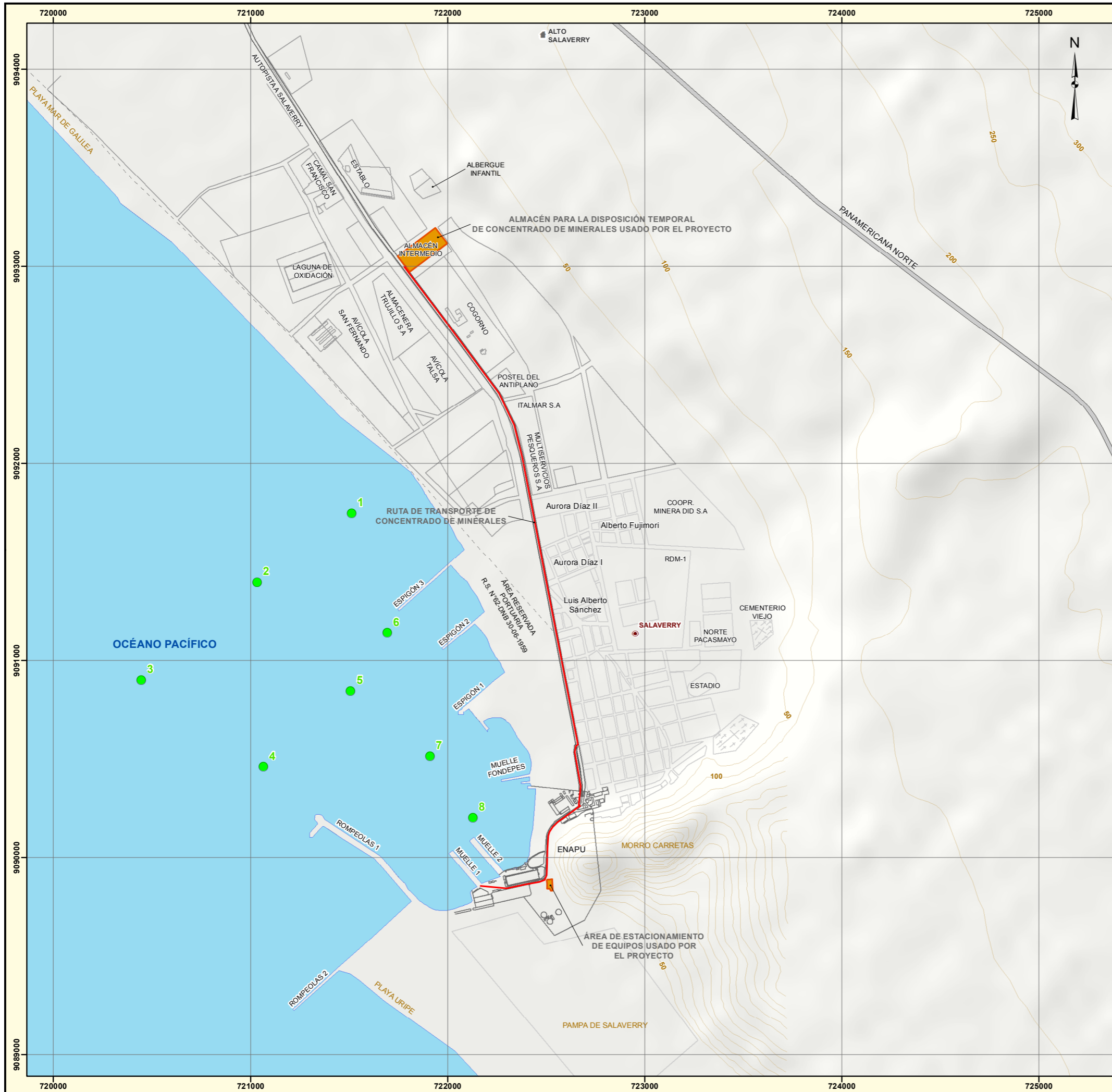
La altura de las olas en el área de estudio fueron de 1.6, 1.8 y 1.9 m a 20, 10 y 5 m de profundidad, respectivamente para la altura de ola significativa; y de 3.3, 3.5 y 3.9 m, respectivamente para la altura significativa máxima a 20, 10 y 5 m de profundidad respectivamente. Las olas significantes al proyectarse sobre la rompiente, alcanzan una altura de 2.4 m, con una profundidad de rompiente de 2.8 m, y rompe a 215 m de la playa. La ola máxima al proyectarse sobre la rompiente, alcanza una altura de 4.6 m, con una profundidad de rompiente de 5.5 m, y la distancia donde rompe a 425 m de la playa. En general, la altura de la ola proveniente del suroeste estaría en el rango de 1.7 a 3.4 m.

Considerando la refracción de olas en aguas profundas, las olas llegan al extremo norte del rompeolas desde el sur y suroeste con 140° y 120° respectivamente. De acuerdo con la batimetría, el extremo norte del rompeolas está a una profundidad aproximada de 8.0 m. Por lo tanto, para un ángulo de incidencia de 60° de una ola proveniente del suroeste, para una altura máxima significativa (braveza fuerte), la altura de la ola en este punto sería alrededor de 0.68 m, y para una altura significativa sería de 0.34 m. En la parte central del área protegida del puerto, para una altura máxima significativa (braveza fuerte), la altura de ola será de aproximadamente 0.51 m.

- **Mareas**

En el Perú, se emplea el Nivel Medio de Bajamares de Sicigias (MLWS por sus siglas en inglés) como nivel cero en los estudios de batimetría. Cabe resaltar que los valores de pleamares y bajamares, pronosticadas en la tabla de mareas publicada por la Dirección de Hidrografía y Navegación (HIDRONAV) también tienen como nivel de referencia al MLWS, los cuales fueron empleados para hacer correcciones a las mediciones tomadas durante el trabajo de campo. Sin embargo, estos valores pronosticados no incluyen fenómenos naturales como El Niño, sino que asume condiciones normales del nivel del mar.

Durante junio del 2005, la amplitud media de la marea fue de 0.76 m y en sicigias fue de 1.01 m, en el área del puerto de Salaverry; el establecimiento de puerto fue de 5 horas. La amplitud media de la marea durante los días 02 y 03 de marzo del 2006 en promedio fue de 0.16 m y en sicigias, de 1.29 m; el establecimiento de puerto fue de 5 horas.



ESTACIONES DE MONITOREO OCEANOGRÁFICO

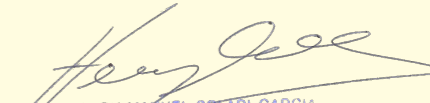
ESTACIÓN	ESTE	NORTE
1	721514	9091746
2	721034	9091396
3	720446	9090901
4	721066	9090461
5	721509	9090846
6	721694	9091139
7	721911	9090515
8	722129	9090202

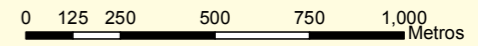
SIMBOLOGÍA

- ESTACIONES DE MONITOREO OCEANOGRÁFICO
- INSTALACIONES SUJETAS A CIERRE
- RUTA DE TRANSPORTE
- LOCALIDADES
- CAPITAL DE DISTRITO
- SALAVERRY ZONA INDUSTRIAL
- ZONA URBANA
- TERMINAL PORTUARIO SALAVERRY
- ~ CURVAS DE NIVEL (msnm)

VÍAS

- PANAMERICANA NORTE
- AUTOPISTA SALAVERRY
- OTRO ACCESO


HENRY MANUEL SOLARI GARCIA
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 62474



1	FINAL	MARZO 2017	O.CANDIA	P.SANTOS	HENRY SOLARI
REV. N°	REVISIONES	FECHA	DISEÑO	GIS	REVISADO Y FIRMADO



PROYECTO:
 V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA-OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA

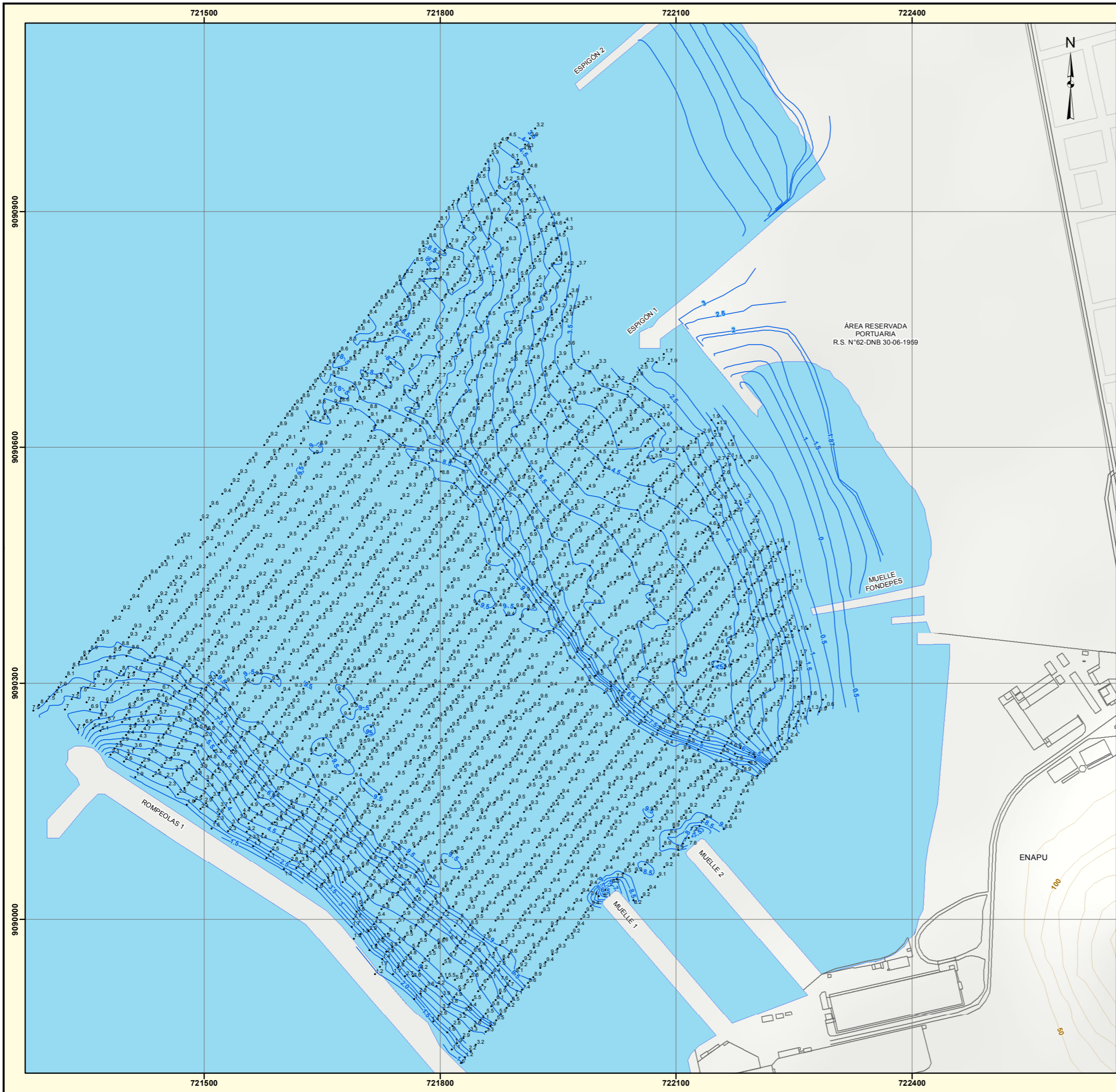
TÍTULO:
 ESTACIONES DE MONITOREO OCEANOGRÁFICO SALAVERRY

PROYECCIÓN: UTM **DATUM:** WGS84 ZONA 17 SUR

FUENTE: GFLC, MWH, INEI, IGN

ESCALA: 1:20,000 **FIGURA N°** 3-31
ARCHIVO: Figura 3-31 Estaciones Monitoreo Oceanográfico-Salaverry.mxd



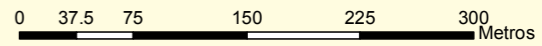


SIMBOLOGÍA

- PUNTOS DE BATIMETRÍA
- CAPITAL DE DISTRITO
- ~ CURVAS DE NIVEL BATIMÉTRICAS
- LOCALIDADES
- ~ CURVAS DE NIVEL (msnm)
- VÍAS**
- ≡ PANAMERICANA NORTE
- ≡ AUTOPISTA A SALAVERRY
- ∧ OTRO ACCESO
- SALAVERRY ZONA INDUSTRIAL
- ZONA URBANA
- TERMINAL PORTUARIO SALAVERRY

ÁREA RESERVADA PORTUARIA
R.S. N°62-DNB 30-06-1959

Henry Solari
HENRY MANUEL SOLARI GARCIA
INGENIERO QUIMICO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 62474



1	FINAL	MARZO 2017	O.CANDIA	P.SANTOS	HENRY SOLARI
REV. N°	REVISIONES	FECHA	DISEÑO	GIS	REVISADO Y FIRMADO



PROYECTO:
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA-OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA

TÍTULO:
BATIMETRÍA EN EL ÁREA DE SALAVERRY

PROYECCIÓN: UTM **DATUM:** WGS84 ZONA 17 SUR

FUENTE: GFLC, MWH, INEI, IGN

ESCALA: 1:5,000 **FIGURA N°** 3-32
ARCHIVO: Figura 3-32 Batimetría en el Área de Salaverry.mxd



- **Corrientes**

Los resultados del estudio de la hidrodinámica costera o de corrientes marinas se presentan mediante cartas de distribución superficial, subsuperficial (4 m profundidad) y de fondo así como en la distribución vertical de cada uno de los transectos seleccionados (ver Figura 3-34, *Estaciones de Monitoreo Oceanográfico- Salaverry*):

- Transecto 1: Sección Norte de Molo 3 (estaciones 1, 2 y 3)
- Transecto 2: Sección Molo 3 (estaciones 4, 5 y 6)
- Transecto 3: Sección Línea longitudinal (estaciones 2, 5, 7 y 8)

Las características hidrodinámicas representadas por las corrientes superficiales (1 m profundidad), subsuperficiales (4 m), y de fondo (8 m), se muestran en las figuras mediante distribución vectorial de valores absolutos y distribución de componentes "u" (flujos este – oeste) y "v" (norte – sur).

En base a los resultados, las corrientes marinas superficiales, subsuperficiales y de fondo (dentro de la estructura vertical) presentaron circulación con una dinámica muy lenta, con direcciones que variaban en cada nivel. La velocidad de las corrientes fue, generalmente, menor a 4 cm/s, y predominantemente con dirección hacia el este cerca a la línea de orilla, indicando flujos dominantes característicos del régimen de playa. El área del puerto presenta dos celdas de circulación, relacionado a la estructura vertical de las corrientes, una en la zona interior en las estaciones 7 y 8 y otra en la zona exterior en las estaciones 5 y 2.

- **Corrientes Superficiales**

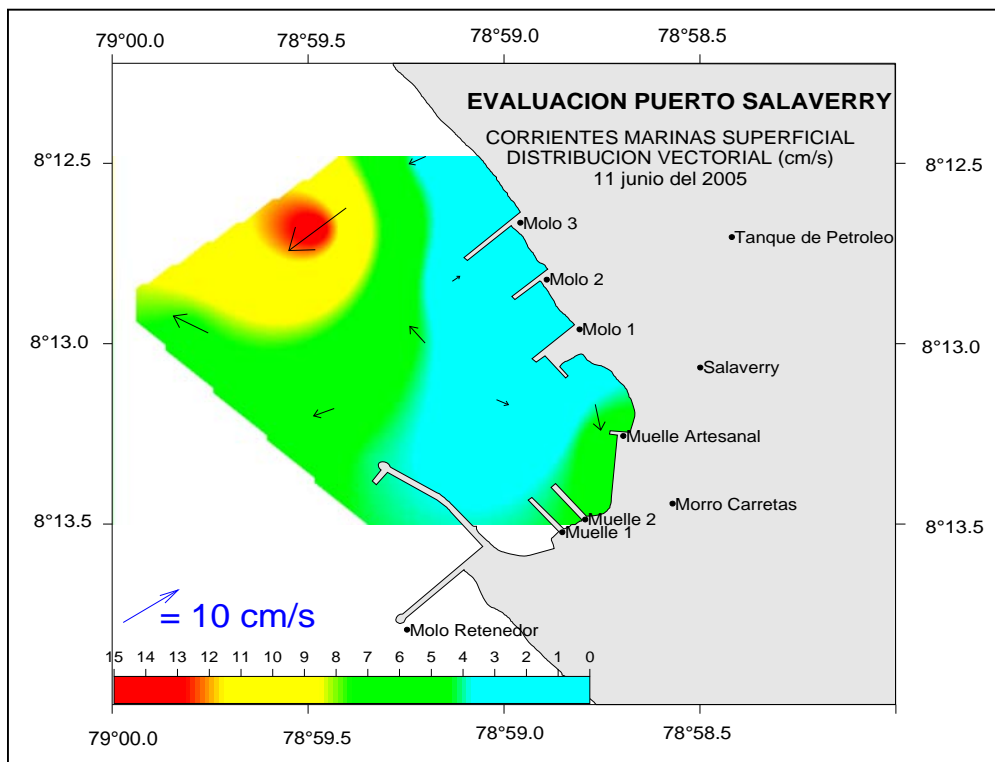
En junio del 2005, las corrientes superficiales mostraban direcciones y magnitudes variables entre 1.7 y 13.7 cm/s. Las corrientes con velocidades mayores a 4 cm/s corresponden a la zona con mayor influencia de la dinámica externa al área de estudio. La velocidad máxima de corriente de 13.7 cm/s fue encontrada en la estación 2, asociado a orientación de salida hacia el oeste.

Las corrientes marinas con velocidades menores a 4 cm/s se registraron en la zona interior del puerto y próxima a la línea de playa en los Molos 1 al 3. La estación localizada cerca al muelle artesanal de pescadores registró una velocidad de corriente de 5.3 cm/s, en esta estación la dirección predominante de la corriente fue hacia el sur (ver Figura 3-33, *Distribución Vectorial de las Corrientes Marinas Superficiales, Junio 2005*).

En marzo del 2006, la dirección de la corriente superficial fue variable, predominantemente con dirección hacia el norte y con velocidades entre 1.5 a 11.4 cm/s. El valor más alto (11.4 cm/s), asociado a una orientación de salida hacia el oeste, fue registrado en la estación 5. Las corrientes con velocidades menores de 5 cm/s estuvieron localizadas al exterior de la bahía y con cierta orientación hacia el oeste, producida probablemente por el encuentro de las corrientes del exterior y las que salen de la línea playa.

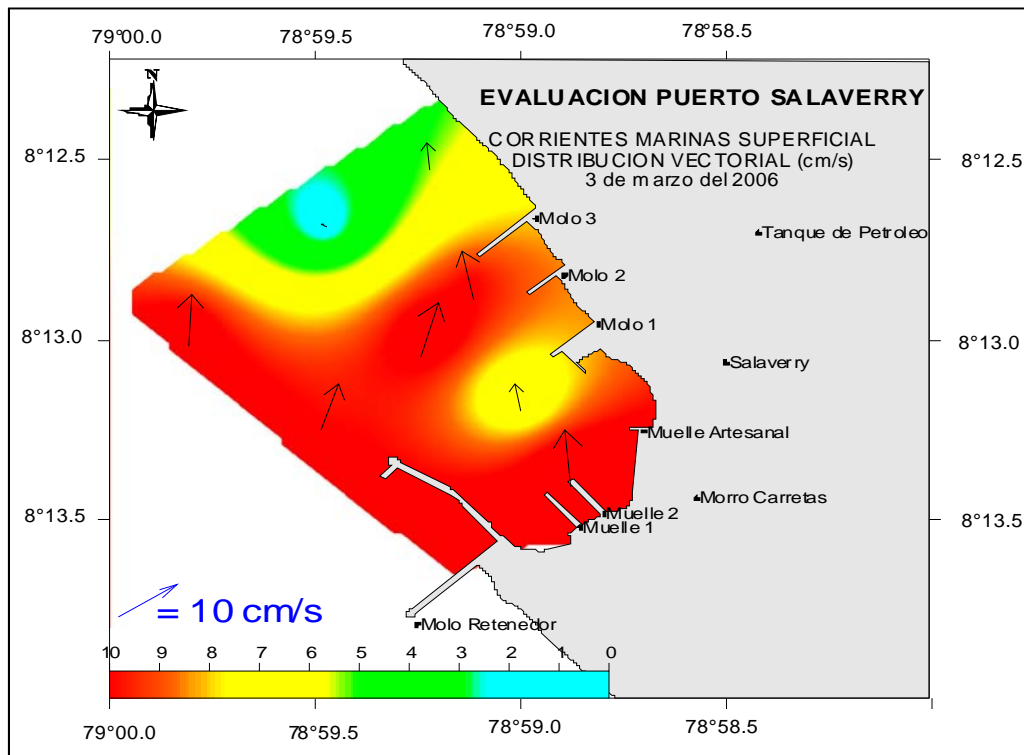
La distribución de las corrientes en la capa superficial presentó una tendencia hacia el noroeste, predominantemente con velocidades mayores a 6 cm/s, siendo éstas más dinámicas que las observadas en junio del 2005, en el cual la dirección predominante fue hacia el sur (ver Figura 3-34, *Distribución Vectorial de las Corrientes Marinas Superficiales, Marzo 2006*).

Figura 3-33 Distribución Vectorial de las Corrientes Marinas Superficiales, junio 2005



Fuente: CCC Ingenieros Consultores, Junio 2005

Figura 3-34 Distribución Vectorial de las Corrientes Marinas Superficiales, Marzo 2006



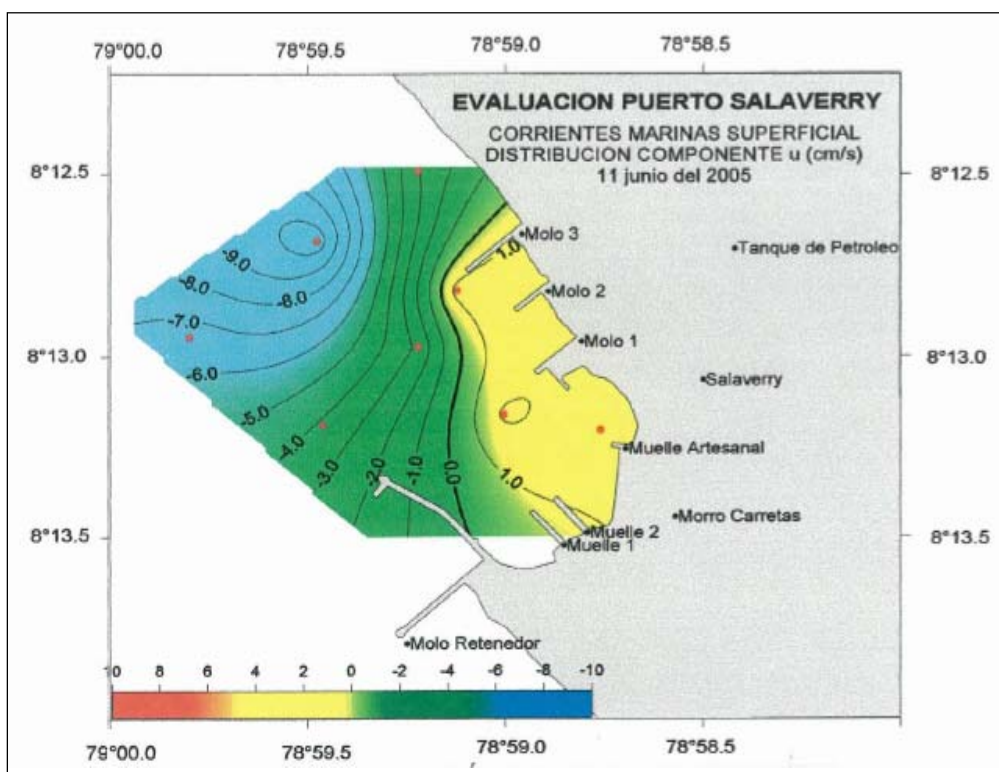
Fuente: CCC Ingenieros Consultores, Marzo 2006

- *Corrientes Superficiales Perpendiculares a la Costa*

Estas corrientes se refieren al eje "X" e indican flujos con dirección hacia el oeste (-u) y hacia el este (+u). El patrón en junio del 2005 muestra el desarrollo de flujos dominantes con mayor intensidad hacia al oeste o hacia el océano (-2.8 a -10.7 cm/s). En el área exterior al puerto y en las playas, los flujos son hacia el este o hacia la línea de playa, con intensidades significativamente más débiles, generalmente entre 1 a 2.2 cm/s (ver Figura 3-35, *Distribución del Componente "u" en las Corrientes Marinas Superficiales, Junio 2005*).

En marzo del 2006, los patrones indicaron que el flujo del océano es hacia el este, con intensidad moderada entre 2.3 y 3.1 cm/s (estaciones 4 y 5), y se mueve con dirección norte. En el área interior de la bahía, los flujos son hacia el oeste (-u) también con velocidades moderadas menores de -2 cm/s. (ver Figura 3-36, *Distribución del Componente "u" en las Corrientes Marinas Superficiales, Marzo 2006*).

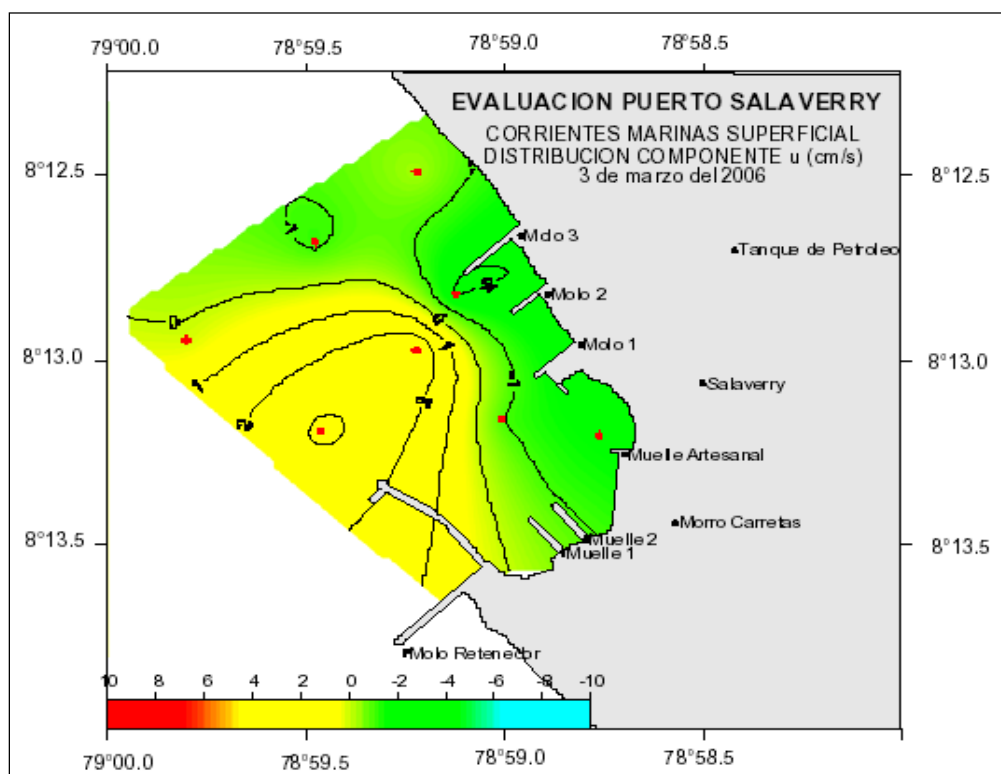
Figura 3-35 *Distribución del Componente "u" en las Corrientes Marinas Superficiales, Junio 2005*



Fuente: CCC

Ingenieros Consultores, Junio 2005

Figura 3-36 Distribución del Componente "u" en las Corrientes Marinas Superficiales, Marzo 2006



Fuente: CCC Ingenieros Consultores, Marzo 2006

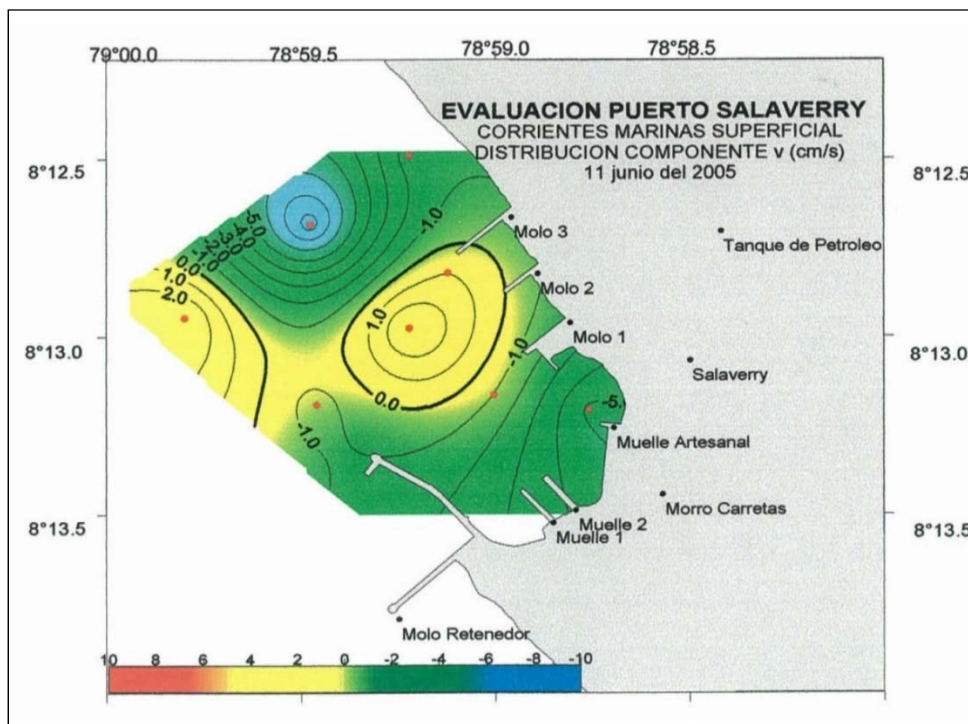
- Corrientes Superficiales Paralelos a la Costa

Estas corrientes están referidas al eje "y" e indican flujos hacia el norte (+v) y sur (-v). En junio del 2005, hubo dos núcleos marcados de movimiento o corrientes notables, uno hacia norte en la zona central del área de estudio con la tendencia de salida hacia el oeste; y la otra corriente, algo más intensa (-8.6 cm/s en la Estación 2) con orientación hacia el sur, también asociado al movimiento de salida hacia el océano, en el interior del área de estudio entre el espigón principal de protección y el molo 1.

El flujo dominante de la corriente fue hacia el sur, con velocidades menores a 5 cm/s. (ver Figura 3-36, *Distribución del componente "v" en las Corrientes Marinas Superficiales, Junio 2005*).

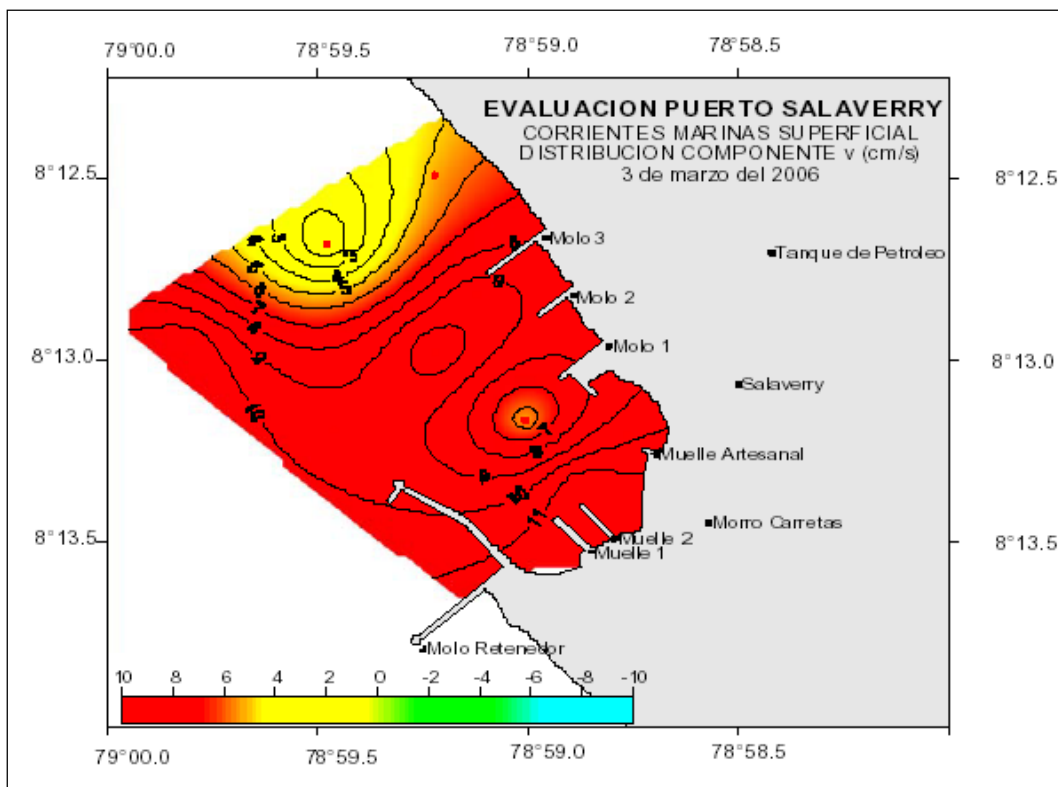
En marzo del 2006, la corriente presentó generalmente una marcada tendencia hacia el norte, con velocidades desde 1 a 11.7 cm/s; no se observó flujo hacia el sur. En la estación 2, se apreció la menor velocidad con un valor de 1 cm/s. Las velocidades de corriente en promedio fueron significativamente mayores en comparación con las registradas en junio del 2005 (ver Figura 3-37), *Distribución del componente "v" en las Corrientes Marinas Superficiales, Marzo 2006*. (ver Figura 3-38).

Figura 3-37 Distribución del Componente "v" en las Corrientes Marinas Superficiales, Junio 2005



Fuente: CCC Ingenieros Consultores, Junio 2005

Figura 3-38 Distribución del Componente "v" en las Corrientes Marinas Superficiales, Marzo 2006



Fuente: CCC Ingenieros Consultores, Marzo 2006

- Corrientes Sub-superficiales

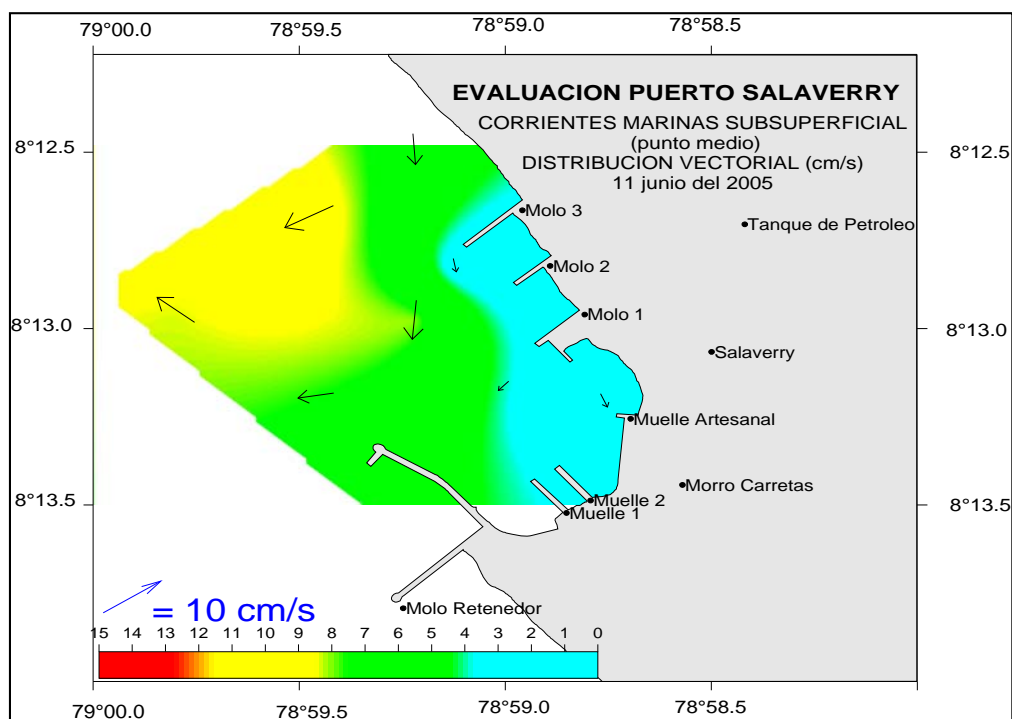
En junio del 2005, los patrones de las corrientes sub-superficiales fueron similares a los superficiales, con velocidades desde 2.6 a 9.7 cm/s (Ver Figura 3-39, *Distribución Vectorial de las Corrientes Marinas Sub-superficiales, Junio 2005*).

Las corrientes de menor magnitud (menos de 4 cm/s) fueron registradas en zonas cercanas a la costa (próxima a la línea de playa) con orientación hacia el sur; mientras que las corrientes con velocidades mayores a 4 cm/s estuvieron localizadas en la parte interior del área de estudio con una orientación predominantemente hacia el oeste.

En marzo del 2006, las corrientes sub-superficiales presentaron orientaciones muy variables de entrada y salida a la bahía, muy diferente de los patrones superficiales, con velocidades moderadas entre 1 a 4.8 cm/s (Ver Figura 3-40, *Distribución Vectorial de las Corrientes Marinas Sub-superficiales, Marzo 2006*).

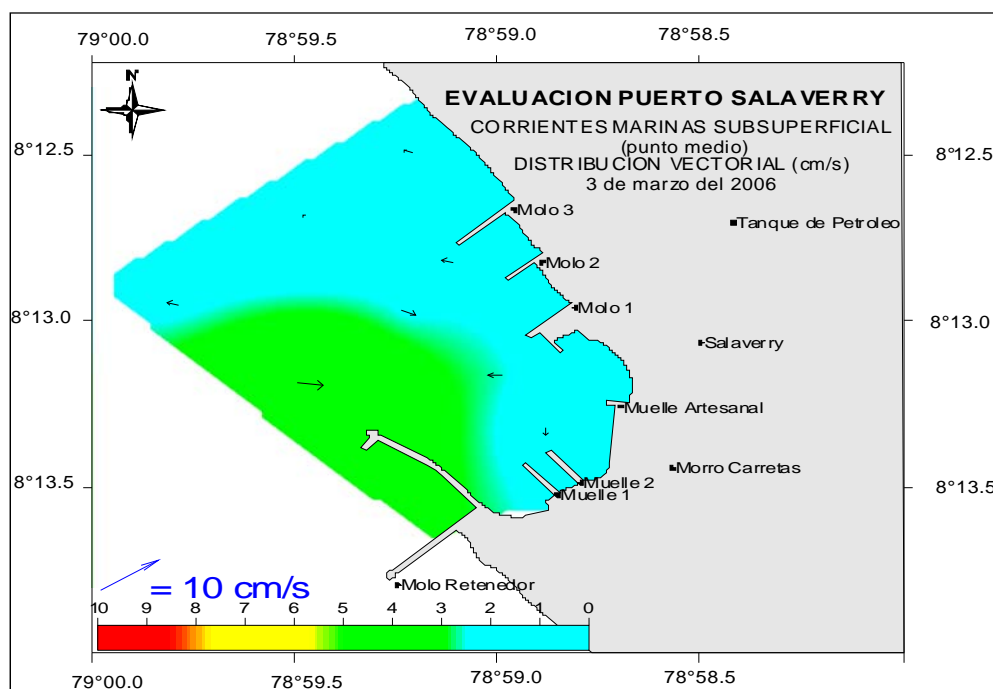
Las corrientes más lentas, con velocidades menores a 2 cm/s, fueron medidas en la zona cercana a la línea de playa e interior de la bahía, con orientación predominantemente hacia el sur. Las corrientes con velocidades mayores a 4 cm/s fueron registradas en la parte interior de la bahía frente al faroleta (molo 1) con orientación predominante hacia el sur (estación 3).

Figura 3-39 *Distribución Vectorial de las Corrientes Marinas Sub-superficiales, Junio 2005*



Fuente: CCC Ingenieros Consultores, Junio 2005

Figura 3-40 Distribución Vectorial de las Corrientes Marinas Sub-superficiales, Marzo 2006



Fuente: CCC Ingenieros Consultores, Marzo 2006

- **Corrientes de Profundidad Sub-superficial Perpendicular a la Costa**

En junio del 2005, las corrientes sub-superficiales perpendiculares a la costa (u) presentaron velocidades positivas menores a 2 cm/s muy próximas a la línea de playa, indicando el régimen marcado de la secuencia del efecto de las corrientes generadas por las olas. La distribución de los componentes negativos ($-u$), que indican la orientación del flujo dominante hacia el oeste, ocupó el resto del área de estudio con la intensidad creciente desde el borde del efecto de la corriente, generadas por las olas hacia el oeste, con el valor más alto de -8.56 cm/s (estación 2). Las velocidades mayores a 6 cm/s fueron registradas en las estaciones más alejadas a la playa, asociados al flujo de orientación norte.

En marzo del 2006, las corrientes presentaron valores positivos menores a 4 cm/s (estaciones 4 y 5), indicando un marcado flujo con dirección hacia la línea de costa, los valores negativos próximos a la línea de playa indican el régimen bien marcado. Esta distribución de los componentes negativos ($-u$) con magnitudes menores de 3 cm/s, indican la orientación del flujo dominante hacia el oeste.

- **Corrientes de Profundidad Sub-superficial Paralela a la Costa**

En junio del 2005, se presenta predominantemente un flujo hacia el sur ($-v$), el cual cubrió casi toda el área de estudio, destacando la tendencia de flujo ingresante al interior de esta como un eje central o chorro con velocidades que fluctuaban entre -6 y -8 cm/s. Los flujos positivos ($+v$) hacia el norte estaban localizados en el extremo oeste del área de estudio (alrededor de la estación 3), y se caracterizaban por poseer velocidades menores a 5 cm/s.

En marzo del 2006, se observó mayor cantidad de valores negativos, indicando un flujo dominante hacia el sur que cubría la mayor parte del área de estudio. Se destaca la tendencia de flujo ingresante a la bahía con intensidades débiles menores de 2 cm/s. Los flujos positivos ($+v$) estaban ubicados al oeste del área de estudio a lo largo de línea próxima a la playa (del molo 3 hacia el norte), con velocidades menores de 2 cm/s.

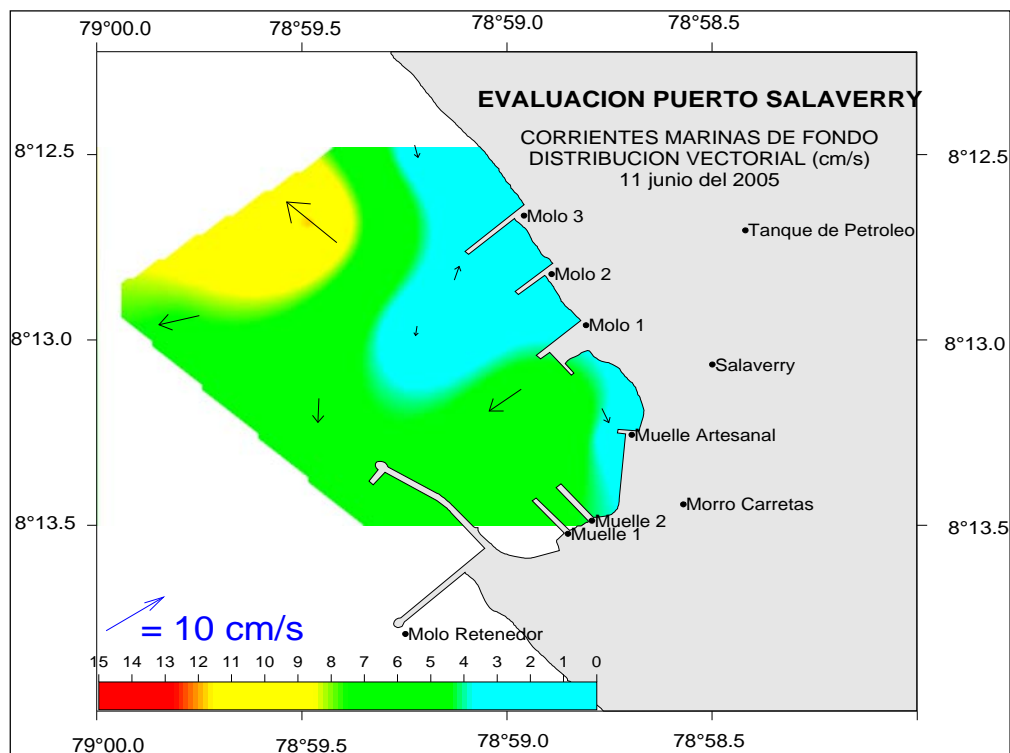
- **Corrientes de Fondo**

En junio del 2005, se observaron orientaciones variables con velocidades entre 1.9 a 12.6 cm/s. Las velocidades mayores de 4 cm/s destacaron en el área más alejada de la línea de playa con flujo predominantemente de intensidades menores de 4 cm/s en la zona interior y próxima a la línea de playa.

Los flujos dominantes en el fondo son los de menor intensidad y con orientación hacia el este que se ubican próximas a la línea de playa y los flujos hacia el oeste con intensidades mayores de 4.0 cm/s que se desarrollan en la parte oeste del área de estudio (ver Figura 3-41, *Distribución Vectorial de las Corrientes Marinas de Fondo, Junio 2005*).

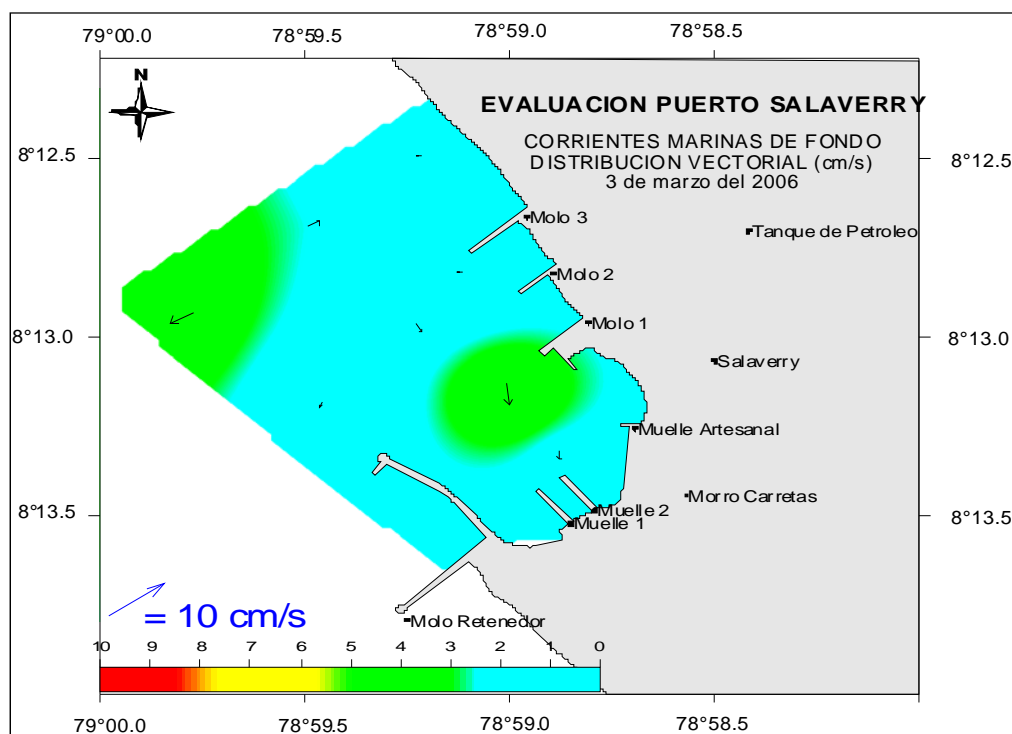
En marzo del 2006, se observaron orientaciones variables con intensidades entre 0.7 y 4.3 cm/s. Valores menores de 2 cm/s cubrieron la mayor parte de la bahía, indicando que las corrientes en el fondo eran muy débiles y con dirección predominante hacia el sur. Las intensidades mayores de 4 cm/s se localizaron en el área más alejada de la línea de playa (ver Figura 3-42, *Distribución Vectorial de las Corrientes Marinas de Fondo, Marzo 2006*).

Figura 3-41 *Distribución Vectorial de las Corrientes Marinas de Fondo, Junio 2005*



Fuente: CCC Ingenieros Consultores, Junio 2005

Figura 3-42 Distribución Vectorial de las Corrientes Marinas de Fondo, Marzo 2006



Fuente: CCC Ingenieros Consultores, Marzo 2006

- *Corrientes de Fondo Perpendicular a la Costa*

En junio del 2005, la corriente de fondo en su distribución de la componente "u", presentó predominantemente valores negativos (-0.16 a 9.36) que indican flujos hacia el oeste o de salida al océano, solo en la zona de línea de playa y en áreas muy reducidas se presentan los valores positivos con intensidades menores de 2.0 cm/s. En marzo del 2006, se presentaron mayormente valores negativos (-0.19 a 2.17 cm/s), que indican flujos hacia el oeste o de salida al océano, al igual que en junio del 2005. Sólo en la zona de línea central (estaciones 2 y 5) se encontraron valores positivos con magnitudes muy débiles 0.99 y 2.17 cm/s.

- *Corrientes de Fondo Paralela a la Costa*

En junio del 2005, la corriente de fondo en su distribución de la componente "v", presentó también dos flujos bien marcados, con valores positivos. En marzo del 2006, se presentaron también dos flujos bien marcados. Los valores negativos, en casi toda la extensión de la bahía, indican que el flujo dominante en el fondo fue hacia el sur y hacia el oeste, en compensación al flujo de la capa superficial que ingresa del sur hacia el noreste.

- *Estructura Vertical de las Corrientes Marinas*

En junio del 2005, la estructura vertical de las corrientes marinas representadas por los transectos (sección norte molo 3), transecto 2 (sección molo 3) y transecto 3 (sección longitudinal) nos muestra la corriente en las columnas de agua en la zona comprendida entre los transectos 1 y 2, con predominio de los flujos con orientación hacia el oeste (-u) y al sur (-v). Esto nos indica que la zona tiene un flujo bien marcado que se desarrolla inclusive con un núcleo bien marcado de corriente que ingresa al interior del puerto por su eje central.

En el transecto longitudinal nos muestra con claridad cómo se desarrolla la circulación marina en su estructura vertical longitudinalmente. En ella se puede apreciar que en la zona comprendida entre el interior del área de estudio (estaciones 7 y 8) y la zona exterior (estaciones 2 y 5), existen dos celdas de circulación diferidas por la distribución del componente "v", los flujos con orientación hacia el sur (-v),

ingresan en la zona exterior (estaciones 2 y 5) con un núcleo bien marcado en el nivel sub-superficial (-7.9 cm/s en la estación 5) y se encuentran con un flujo de salida norte (+v).

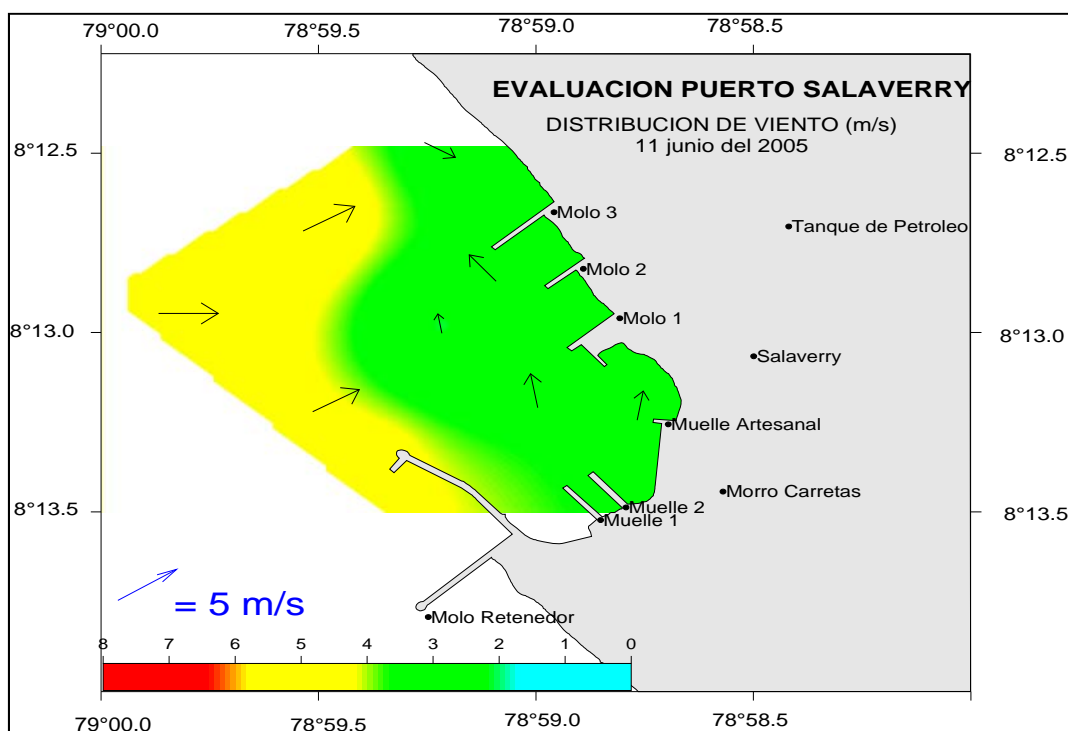
En marzo del 2006, la corriente marina en la columna de agua de la zona comprendida entre los transectos 1 y 2 presentó dominancia de los flujos relativamente significativos en la capa superficial con orientación hacia el norte con intensidades mayores de 5 cm/s. Los flujos muy débiles con orientación hacia el sur se registraron en el fondo, particularmente en el transecto 2. Los flujos con orientación hacia el norte (+v), ingresan de la zona exterior (estación 2), salen por la capa subsuperficial de las estaciones 8, 7 y 2 (2,4 y 1,8 cm/s) y se encuentran con un flujo de salida hacia el sur (-v) particularmente en las estaciones 7 y 8 (entre 1,8 – 4,5 cm/s).

Comparando las corrientes marinas de ambas temporadas, se observaron que durante el invierno las corrientes son bastantes lentas y predominantemente menores de 5 cm/s en toda la columna de agua. Estas corrientes son características de una zona muy somera o de poca profundidad y protegida donde se puede realizar operaciones de embarque y desembarque de todo tipo sin mucho riesgo.

- **Vientos**

Durante los estudios de campo, los vientos fueron medidos con un anemómetro Kalscio, registrando velocidad del viento en superficie que oscilaba entre 2 a 5 m/s. En el interior del puerto la velocidad del viento era generalmente menor a 3.5 m/s con una orientación variable de 120°, 10°, 320° y 350° (ver Figura 3-43, Distribución de Vientos Superficiales, Junio 2005). Fuera del puerto, prevalecieron velocidades de 4.5 a 5 m/s, con orientación de 60° y 90°. De esta forma, los vientos que soplan en el área del puerto de Salaverry presentan bajas intensidades en su interior y se incrementan conforme avanzan a alta mar.

Figura 3-43 Distribución de Vientos Superficiales, Junio 2005



Fuente: CCC Ingenieros Consultores, Junio 2005

3.1.14.2 Calidad de Aguas Marinas

Para caracterizar la calidad del agua marina en el área de influencia de las operaciones de Cerro Corona en Salaverry, las cuales corresponden a las actividades de almacenamiento, transporte y embarque de concentrados, se han usado los resultados de los monitoreos de línea base (LB) realizados

previo a la ejecución de las actividades mencionadas, así como los resultados de los monitoreos de seguimiento y control (PMA) realizados luego del inicio de las operaciones (2009).

Estaciones de Muestreo

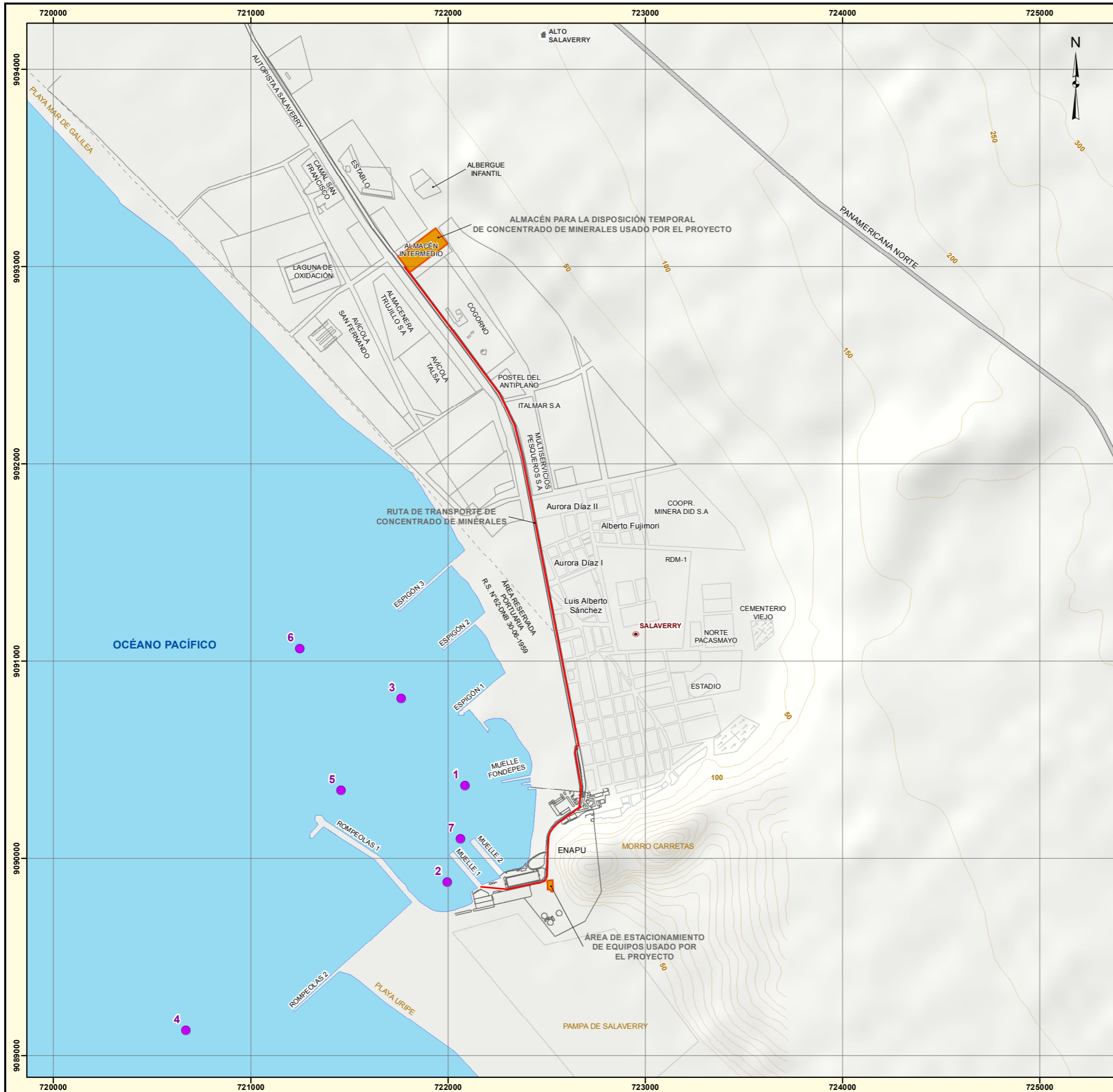
En la Tabla 3-63, *Estaciones de Monitoreo de Calidad del Agua Marina – Salaverry*, se presenta una lista de las estaciones consideradas tanto en el programa de monitoreo de línea base como en el programa de monitoreo de seguimiento y control (PMA). La ubicación de todas la estaciones de monitoreo se presenta en la Figura 3-44, *Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua Marina – Puerto*

Tabla 3-62 Estaciones de Monitoreo de Calidad del Agua Marina – Salaverry

Código LB	Código PMA	Nombre	Ubicación/Descripción
1	AM1	Amarradero de botes	Ubicada en la zona de amarre de las embarcaciones de pesca artesanal, al final del muelle público.
2	AM2	Cercana (entre rompeolas 1 y muelle 1)	Ubicada al suroeste del muelle 1, en la zona entre el muelle 1 y el rompeolas 1 (principal).
3	AM3	Lejana	Ubicada al noroeste aproximadamente a unos 800 m aproximadamente de los muelles 1 y 2, a la altura del espigón 1.
4		Referencia	Ubicada en el área entre el rompeolas 1 (principal) y el rompeolas 2, que difícilmente será influenciada por las operaciones del Proyecto.
5	AM5	Rompeolas 1	Ubicada al norte del final del rompeolas principal (rompeolas 1).
6		Muy Alejada	Ubicada al noroeste aproximadamente a unos 1,300 m aproximadamente de los muelles 1 y 2, a la altura del espigón 3 y de la línea de suministro de petróleo.
7	AM4	Muelles	Ubicada al final de los muelles de embarque 1 y 2.
Notas: LB Línea Base PMA Programa de Monitoreo Ambiental Fuente: Condiciones de Línea Base Ambiental – Instalaciones Portuarias Propuestas para Minas Conga – ECOMETRIX, 2006 Informe de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar - Primer Semestre 2009, SGS Environmental Services - SGS del Perú S.A.C.- Marzo, 2009 Informe de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar - Segundo Semestre 2009, SGS Environmental Services - SGS del Perú S.A.C.- Agosto, 2009 Informe de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar - Primer Semestre 2010, SGS Environmental Services - SGS del Perú S.A.C.- Febrero, 2010			

Las muestras de agua para la caracterización de línea base (LB) fueron recolectadas alrededor y en la zona del puerto en tres temporadas del año: otoño (mayo 2005), invierno (julio 2005) y verano (enero 2006). Asimismo, se recolectaron muestras adicionales para un número limitado de parámetros (temperatura, salinidad, turbidez, oxígeno disuelto) como parte de los estudios oceanográficos realizados en marzo del 2006.

Las muestras de agua como parte de los monitoreos de seguimiento y control fueron recolectadas alrededor y en la zona del puerto donde las operaciones de la mina Cerro Corona tendrían influencia y fueron realizadas semestralmente luego del inicio de las operaciones.



ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA MARINA

ESTACIÓN	PMA (*)	LÍNEA BASE	ZONA	COORDENADAS	
				ESTE	NORTE
AM1	1		AMARRADERO DE BOTES	722086	9090369
AM2	2		CERCANA (ENTRE ROMPEOLAS 1 Y MUELLE 1)	721998	9089880
AM3	3		LEJANA	721763	9090812
	4		REFERENCIA	720673	9089129
AM5	5		ROMPEOLAS 1	721458	9090345
	6		MUYALEJADA	721249	9091064
AM4	7		MUELLES	722063	9090100

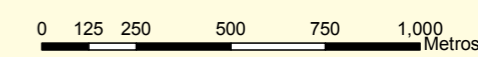
* Programa de Monitoreo Ambiental

SIMBOLOGÍA

- ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA MARINA
- INSTALACIONES SUJETAS A CIERRE
- RUTA DE TRANSPORTE
- LOCALIDADES
- CAPITAL DE DISTRITO
- SALAVERRY ZONA INDUSTRIAL
- ZONA URBANA
- TERMINAL PORTUARIO SALAVERRY
- ~ CURVAS DE NIVEL (msnm)
- VÍAS
- PANAMERICANA NORTE
- AUTOPISTA A SALAVERRY
- OTRO ACCESO

ROBERTO CARLOS ESPINOZA MELGAREJO
 BIÓLOGO
 Reg. CBP N° 7916

HENRY MANUEL SOLARI GARCIA
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 62474



1	FINAL	MARZO 2017	O. CANDIA	P. SANTOS	H. SOLARI / R. ESPINOZA
REV. N°	REVISIONES	FECHA	DISEÑO	GIS	REVISADO Y FIRMADO



PROYECTO:
 V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA-OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA

TÍTULO:
 ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA MARINA - SALAVERRY

PROYECCIÓN: UTM **DATUM:** WGS84 ZONA 17 SUR

FUENTE: GFLC, MWH, INEI, IGN

ESCALA: 1:20,000 **FIGURA N°** 3-44
ARCHIVO: Figura 3-44 Estaciones Calidad Agua Marina-Salaverry.mxd



Resultados

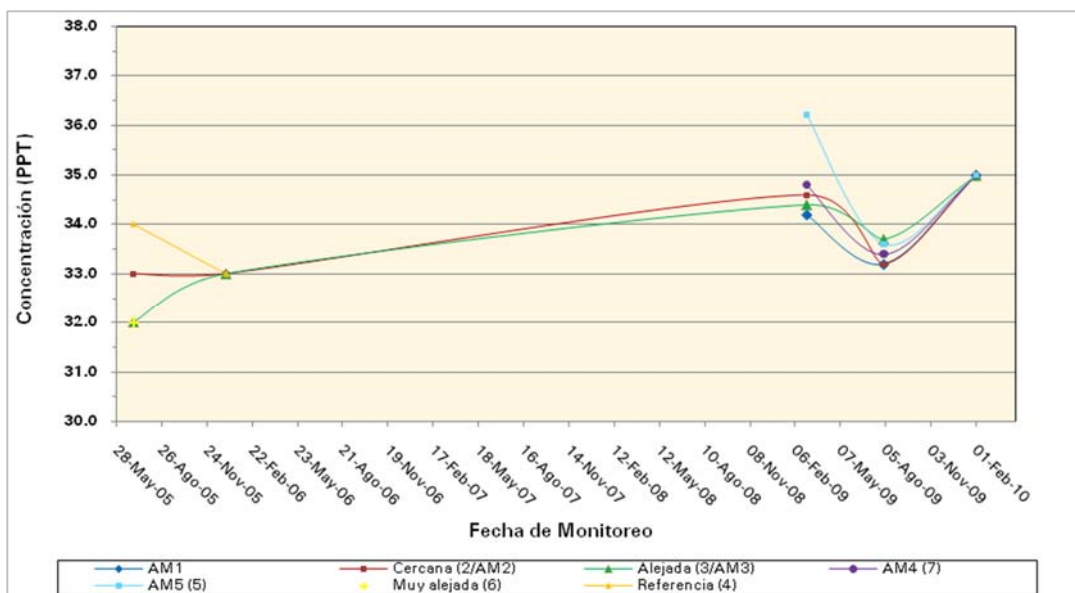
A continuación se presenta la descripción de los resultados de calidad de agua marina, incluyendo los monitoreos de seguimiento y control realizados luego del inicio de las operaciones de Cerro Corona en Salaverry. Los resultados obtenidos, se presentan a continuación en la Tabla 3-64, *Resumen de Concentraciones, Parámetros Convencionales de Calidad de Agua Marina – Salaverry*, Tabla 3-60, *Concentración de Metales – Salaverry* y Tabla 3-65, *Parámetros Físicoquímicos y Biológicos – Salaverry*.

- **Parámetros Convencionales**

Según los resultados de los monitoreos de línea base y de seguimiento y control, La salinidad varía entre 32 y 36.5 PPT aproximadamente, siendo estos valores típicos del agua marina (ver Gráfico 3-112; *Salinidad – Salaverry*). Adicionalmente, y en gran parte, porque no hay ninguna entrada de agua dulce (natural como por ejemplo ríos, o antropogénica como por ejemplo efluentes) en los alrededores cercanos a la bahía, no hubo ninguna diferencia entre la salinidad de la aguas superficiales y las de fondo, y no hubo ninguna variabilidad estacional.

En el Gráfico 3-112, *Salinidad – Salaverry*, se observa el comportamiento de la salinidad registrada en la zona de operaciones de Salaverry y áreas cercanas.

Gráfico 3-112 Salinidad – Salaverry



Las temperaturas superficiales del agua se presentaron entre 16 y 18 °C en julio del 2005, entre 14 y 15 °C en enero del 2006 y entre 18 y 19°C en marzo del 2006. En todas las temporadas, las aguas del fondo fueron ligeramente (casi 0.2 °C) más frías que las aguas de superficie, lo cual indica que la columna de agua estaba relativamente bien mezclada. Esta diferencia, entre la temperatura del agua en superficie y la de fondo, fue probablemente el resultado del calentamiento diurno de las aguas superficiales por la transferencia de calor de la energía solar y el aire.

Durante los monitoreos realizados luego del inicio de las operaciones de Cerro Corona en Salaverry, se registraron temperaturas superficiales similares entre estaciones pero superiores en aprox 2 o 3°C con respecto a las registradas en épocas del año similares en los monitoreos realizados durante el periodo 2005 – 2006. Así se midieron temperaturas entre 19.1 y 21.8°C en marzo 2009, 19 y 21°C en agosto 2009, y entre 20.5 y 21.9 °C en febrero 2010.

Tabla 3-63 Resumen de Concentraciones, Parámetros Convencionales de Calidad de Agua Marina –
Salaverry

Parámetro	LGA Clase VI	ECA Cat.2, Subcat. 3 (C3)	Fecha	Estaciones de Monitoreo										
				AM1	Cercana (2/AM2)		Alejada (3/AM3)		AM4 (7)	AM5 (5)	Muy alejada (6)		Referencia (4)	
				Superficie	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Superficie	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Salinidad (ppt)			Jul-05		33	33	32	32			32	32	34	34
			Ene-06		33	33	33	33			-	-	33	33
			Marzo, 2009	34.2	34.6		34.4		34.8	36.2				
			Agosto, 2009	33.2	33.2		33.7		33.4	33.6				
			Febrero, 2010	35	35		35		35	35				
Temperatura (°C)		Δ3	Jul-05		16.8	16.4	17.7	17.5			17.5	17.2	16.7	16.5
			Ene-06		15.6	15.2	14.6	14.3			-	-	14.8	14.6
			Marzo, 2009	21.8	20.01		20.5		19.1	19.3				
			Agosto, 2009	20.0	21.0		21.0		20.0	21.0				
			Febrero, 2010	20.5	21.2		21.9		20.7	21.0				
pH (u.e.)		6.8-8.5	Jul-05		7.6	7.5	7.5	7.6			7.4	7.3	7.5	7.4
			Ene-06		7.6	7.6	7.6	7.6			-	-	7.6	7.6
			Marzo, 2009	7.8	7.9		7.8		7.7	7.5				
			Agosto, 2009	7.7	7.8		7.7		7.8	7.6				
			Febrero, 2010	7.75	7.78		7.76		7.74	7.79				
OD (mg/l)	4*	≥2.5	Jul-05		4.1	4.2	4.8	3.3			6	4.3	7.4	2.5
			Ene-06		1.6	0.8	2.4	2.2					2.5	2.1
			Marzo, 2009	2.9	1.7		3.9		2.8	2				
			Agosto, 2009	1.61	1.93		2.24		1.66	2.5				
			Febrero, 2010	3.9	4.79		6.02		3.9	5.1				
Saturación de OD (%)			Jul-05		40	21	51	36			56	25	70	26
			Ene-06		17	10	23	19			-	-	35	28

Nota:

* Como mínimo ese valor

A a Una celda en amarillo indica excedencia a los lineamientos establecidos en la LGA clase VI.

- Indica que no se realizó la medición o no existe lineamiento para ese parámetro.

Fuente:

Condiciones de Línea Base Ambiental – Instalaciones Portuarias Propuestas para Minas Conga – ECOMETRIX, 2006

Informe de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar - Primer Semestre 2009, SGS Environmental Services - SGS del Perú S.A.C.- Marzo, 2009

Informe de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar - Segundo Semestre 2009, SGS Environmental Services - SGS del Perú S.A.C.- Agosto, 2009

Informe de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar - Primer Semestre 2010, SGS Environmental Services - SGS del Perú S.A.C.- Febrero, 2010

Tabla 3-64 Concentración de Metales – Salaverry

Estaciones		AM1/1 (amarradero de botes)					AM2/2 (cercana)					AM3/3 (Lejana)					Lineamientos de Calidad de Agua		
Parámetro	Unid.	May-05	Jul-05	Mar-09	Ago-09	Feb-10	May-05	Jul-05	Jan-06	Mar-09	Ago-09	Feb-10	May-05	Jul-05	Jan-06	Mar-09	Ago-09	Feb-10	LGA(a)
Arsénico	mg/L	<0.1	0.00213	0.005	0.046	<0.001	<0.1	0.00196	0.00493	0.005	0.058	<0.001	<0.1	0.0022	0.00376	<0.005	0.055	<0.001	0.05
Cadmio	mg/L	<0.01	0.000056	<0.001	<0.0002	<0.0002	<0.01	0.000044	0.000087	<0.001	0.0002	<0.0002	<0.01	0.000063	0.000092	<0.001	<0.0002	<0.0002	0.004
Cromo	mg/L	<0.5	<0.10	<0.001	<0.003	<0.002	<0.5	<0.10	0.066	<0.001	<0.003	<0.002	<0.5	<0.10	0.066	<0.001	<0.003	<0.002	0.05
Cobalto	mg/L	<0.05	0.000076	<0.001	0.00135	0.00182	<0.05	0.000056	0.000052	<0.001	0.00139	0.00182	<0.05	0.000099	0.000057	<0.001	0.00106	0.00133	-
Cobre	mg/L	<0.5	0.000735	0.008	0.014	0.013	<0.5	0.0059	0.000584	0.008	0.012	0.01	<0.5	0.00159	0.000656	0.01	0.009	0.007	-
Fierro	mg/L	<5	0.379	0.3	0.2	0.186	<5	0.258	0.439	0.4	0.3	0.288	<5	0.502	0.405	0.2	0.2	0.146	-
Plomo	mg/L	<0.05	0.000793	<0.004	<0.001	0.008	<0.05	0.00065	0.000483	<0.004	<0.001	0.002	<0.05	0.000991	0.000546	<0.004	<0.001	0.003	0.03
Manganeso	mg/L	<0.2	0.00491	0.009	<0.0006	0.0075	<0.2	0.00442	0.0034	0.01	<0.0006	0.0079	<0.2	0.00667	0.00381	0.008	<0.0006	0.0084	-
Mercurio	mg/L	0.0006	-	-	<0.0001	0.0008	0.0004	0.000129	0.0002	-	<0.0001	0.0004	0.0005	-	0.000378	-	<0.0001	0.0006	0.0002
Molibdeno	mg/L	<0.1	0.0104	<0.005	0.01269	0.01311	<0.1	0.0110	0.0143	0.005	0.01273	0.01287	<0.1	0.0131	0.0133	0.006	0.01245	0.01293	-
Níquel	mg/L	<0.1	0.000575	<0.001	0.024	0.019	<0.1	0.000467	0.000383	<0.001	0.023	0.021	<0.1	0.000589	0.000356	<0.001	0.021	0.014	-
Selenio	mg/L	<0.2	<0.00050	<0.05	0.2452	<0.002	<0.2	<0.00050	<0.00050	<0.05	0.2286	<0.002	<0.2	<0.00050	<0.00050	<0.05	0.2172	<0.002	0.1
Uranio	mg/L	<0.01	0.00289		0.00226	0.00357	<0.01	0.00304	0.00165		0.00225	0.00332	<0.01	0.00272	0.00177	-	0.0023	0.00324	-
Zinc	mg/L	<0.5	0.00229	0.014	0.011	0.014	<0.5	0.00175	0.00172	0.013	0.01	0.013	<0.5	0.00267	0.00251	0.013	0.009	0.014	-

Notas:

(a) Ley general de Aguas del Perú para aguas clase VI - Ministerio de Salud, 1983 y Ministerio de Agricultura y Ministerio de Salud, 2003.

(b) Resumen de los Estándares Nacionales de Calidad de Agua, USEPA (2006).

- Indica que no se realizó el análisis para ese parámetro o no existe lineamiento para ese parámetro.

Una celda en amarillo indica excedencia a los lineamientos establecidos para aguas clase VI de la Ley General de Aguas del Perú.

Fuente:

Condiciones de Línea Base Ambiental – Instalaciones Portuarias Propuestas para Minas Conga – ECOMETRIX, 2006

Estaciones		4 (referencia)			AM5/5 (rompeolas 1)					6 (muy alejada)		AM4/7 (muelles)					Lineamientos de Calidad de Agua1
Parámetro	Unid.	May-05	Jul-05	Jan-06	May-05	Jul-05	Mar-09	Ago-09	Feb-10	May-05	Jul-05	May-05	Jul-05	Mar-09	Ago-09	Feb-10	LGA(a)
Arsénico	mg/L	<0.1	0.00279	0.00141	<0.1	0.00348	<0.005	0.063	<0.001	<0.1	0.00270	<0.1	0.00243	<0.005	0.064	<0.001	0.05
Cadmio	mg/L	<0.01	0.000055	0.000082	<0.001	0.000061	<0.001	0.0002	0.0003	<0.001	0.000095	<0.01	0.000035	<0.001	<0.0002	<0.0002	0.004
Cromo	mg/L	<0.5	<0.10	0.061	<0.05	<0.10	0.001	<0.003	0.009	<0.05	<0.10	<0.5	<0.10	<0.001	<0.003	0.004	0.05
Cobalto	mg/L	<0.05	0.00014	<0.000050	<0.005	0.000091	<0.001	0.00122	0.00126	<0.005	0.000161	<0.05	0.000052	<0.001	0.00126	0.00144	-
Cobre	mg/L	<0.5	0.000841	0.00019	<0.05	0.000825	0.009	0.01	0.014	<0.05	0.00161	<0.5	0.000473	0.006	0.011	0.008	-
Fierro	mg/L	<5	0.383	0.04	1.1	0.566	0.4	0.3	0.516	1.3	0.602	<5	0.254	0.3	0.3	0.35	-
Plomo	mg/L	<0.05	0.00083	0.000058	<0.005	0.000788	<0.004	<0.001	0.003	<0.005	0.00171	<0.05	0.000463	<0.004	<0.001	0.004	0.03
Manganeso	mg/L	<0.2	0.00783	0.000903	<0.02	0.00607	0.011	<0.0006	0.0233	<0.02	0.0084	<0.2	0.00398	0.008	<0.0006	0.0168	-
Mercurio	mg/L	-	-	0.000543	-	0.000254	-	<0.0001	0.001	-	-	-	-	-	<0.0001	0.0011	0.0002
Molibdeno	mg/L	<0.1	0.0109	0.0135	<0.01	0.0113	0.007	0.0129	0.01336	0.01	0.0125	<0.1	0.0115	<0.005	0.01396	0.01395	-
Níquel	mg/L	<0.1	0.000546	0.00031	0.01	0.000466	<0.001	0.023	0.021	<0.01	0.000773	<0.1	0.000444	<0.001	0.023	0.02	-
Selenio	mg/L	<0.2	<0.00050	<0.00050	<0.02	<0.00050	<0.05	0.2744	<0.002	<0.02	0.00109	<0.2	0.00051	<0.05	0.269	<0.002	0.1
Uranio	mg/L	<0.01	0.00297	0.00154	0.004	0.00260	-	0.00235	0.00264	0.003	0.00270	<0.01	0.00264	-	0.00218	0.00266	-
Zinc	mg/L	<0.5	0.00282	0.00078	<0.05	0.00195	0.079	0.012	0.024	<0.05	0.00389	<0.5	0.00098	0.013	0.013	0.023	-

Notas:

(a) Ley general de Aguas del Perú para aguas clase VI - Ministerio de Salud, 1983 y Ministerio de Agricultura / Ministerio de Salud, 2003.

(b) Resumen de los Estándares Nacionales de Calidad de Agua, USEPA (2006).

- Indica que no se realizó el análisis para ese parámetro o no existe lineamiento para ese parámetro.

Una celda en amarillo indica excedencia a los lineamientos establecidos para aguas clase VI de la Ley General de Aguas del Perú.

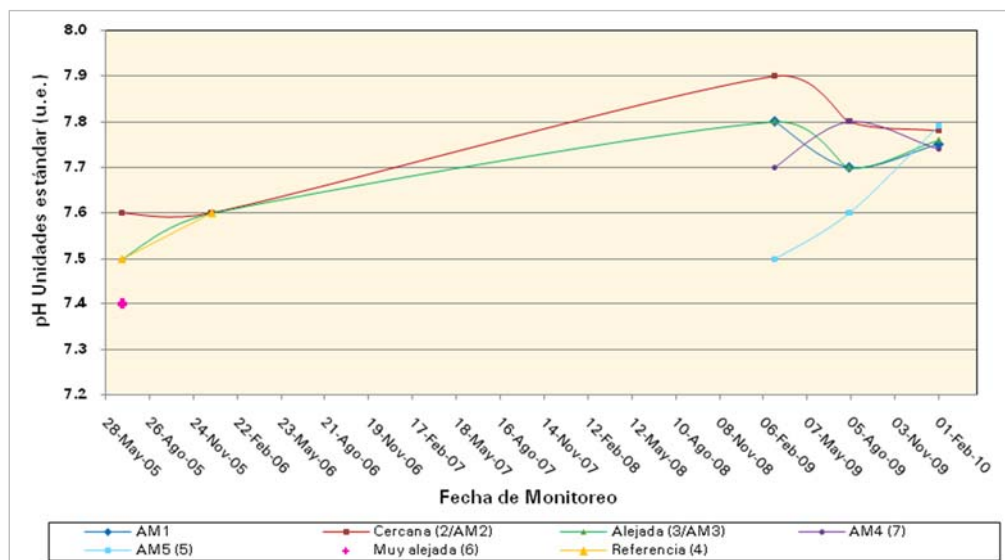
Fuente:

Condiciones de Línea Base Ambiental – Instalaciones Portuarias Propuestas para Minas Conga – ECOMETRIX, 2006

Como se observa y resulta interesante, la temperatura del agua en el verano (enero 2006) fueron ligeramente más frías que las medidas en la temporada de invierno (julio 2005), sugiriendo que los patrones de circulación del agua influyeron de manera importante en las temperaturas en esta época.

El pH tanto dentro como fuera de la bahía, fue ligeramente básico con un promedio entre 7.4 y 7.9 u.e. En el Gráfico 3-113, *Potencial de Hidrógeno – Salaverry*, se observa, que no se presentaron patrones espaciales ni temporales en el pH.

Gráfico 3-113 Potencial de Hidrógeno – Salaverry



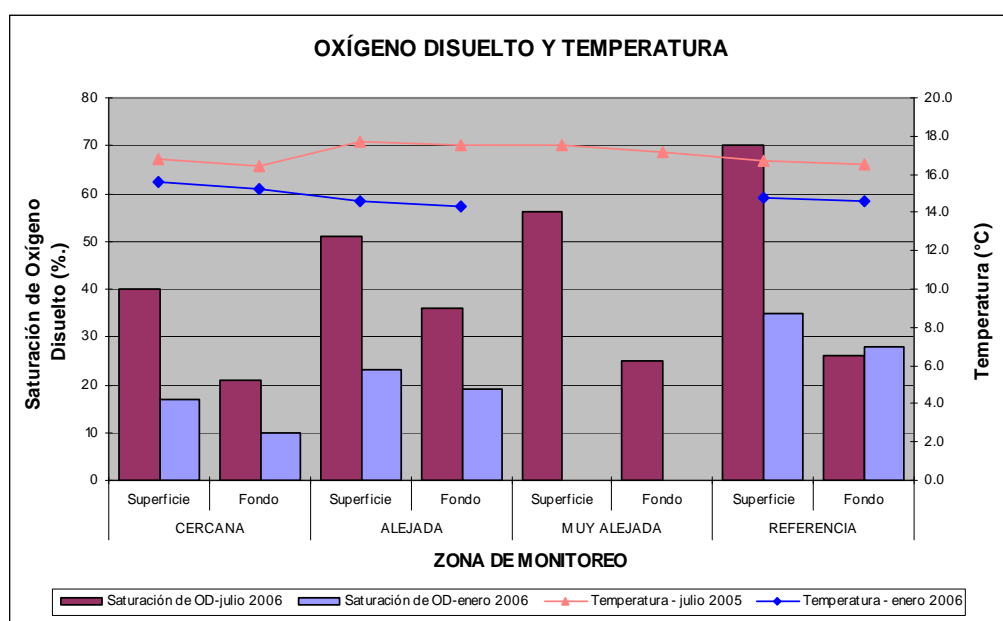
Durante los monitoreos de línea base, el Oxígeno Disuelto (OD) varió tanto espacial como estacionalmente en el área del puerto y fue relativamente bajo, generalmente menor al 50% de saturación, típico de la costa peruana (ver Tabla 3-83). Espacialmente, los niveles de OD fueron más altos fuera de la bahía (56 - 70% de saturación en aguas superficiales: área de referencia y área muy alejada), intermedios en la zona de la bahía a alguna distancia de los muelles (51% de saturación en aguas superficiales: área lejana), y más bajos cerca de los muelles (40% de saturación en aguas superficiales: área cercana). Este mismo patrón fue evidenciado tanto en la temporada de verano como en invierno. Se asume que este patrón espacial estuvo influenciado en parte por la turbulencia del agua debido al oleaje. El interior de la bahía es protegido y generalmente no turbulento, lo cual limitaría la difusión de oxígeno de la atmósfera al agua.

Otro patrón espacial notable observado fue la diferencia en los niveles de OD entre las aguas superficiales y las de fondo, medidas como parte de los monitoreos de línea base. Las aguas de fondo tuvieron menos OD que las aguas superficiales y en algunos casos la diferencia fue en el orden de 2 veces. La diferencia, se asume fue en parte a causa de los sedimentos anóxicos los cuales fueron característicos del Puerto.

Los niveles de OD más bajos fueron encontrados en la zona cercana a los muelles (área cercana), donde los sedimentos fueron los de más baja calidad. El OD fue tan bajo que se presentó entre 10 y 21% de saturación en las aguas de fondo en esta zona. Es de esperar que los niveles de OD, excepcionalmente bajos al interior de la bahía, influyeran en la salud de las comunidades biológicas.

Temporalmente, los niveles de OD fueron más altos en julio del 2005 comparados con los obtenidos en enero y marzo del 2006. Por ejemplo, las aguas superficiales en el área presentaron entre 40 y 70 % de saturación en julio de 2005 y sólo entre 10 y 35 % de saturación en enero del 2006. Se asume que esta diferencia se relaciona con el patrón estacional de corrientes. En el Gráfico 3-114, *Oxígeno Disuelto y Temperatura – Salaverry*, se presenta gráficamente los parámetros indicados líneas arriba.

Gráfico 3-114 Oxígeno Disuelto y Temperatura – Salaverry



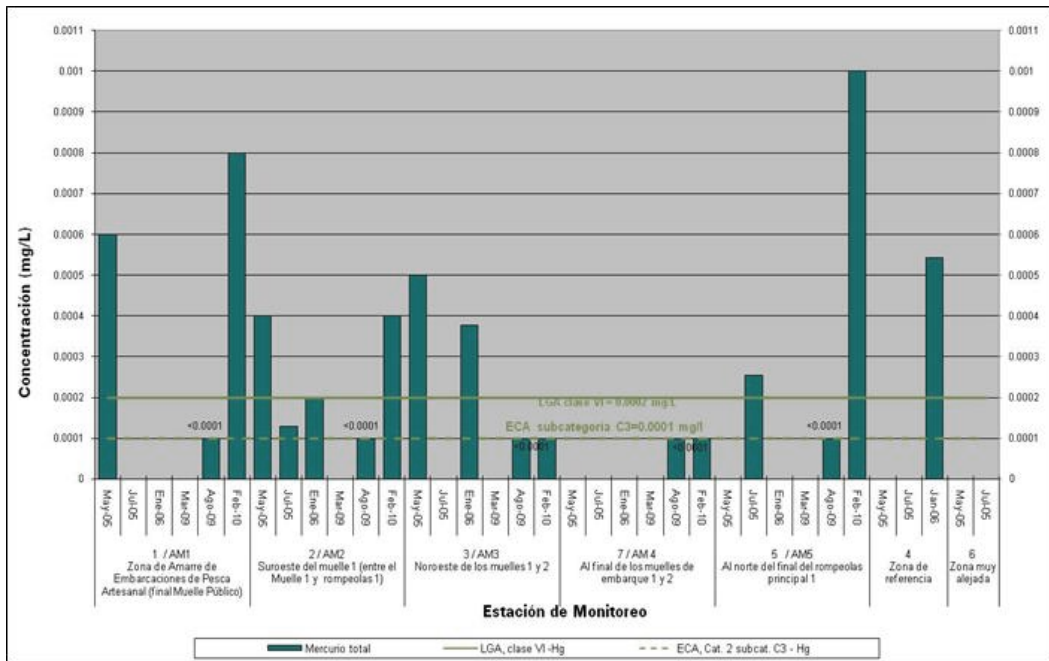
- **Metales**

En general, las concentraciones de metales en el agua alrededor y en el área de influencia de las operaciones de Cerro Corona en Salaverry fueron mínimas, tal como se puede observar en la Tabla 3-60, *Concentración de Metales – Salaverry*. Se observaron excedencias a los lineamientos establecidos por la Clase VI de la LGA del Perú para el arsénico, mercurio, cromo y selenio total, en varias de las estaciones muestreadas, incluyendo la estación en la zona de referencia, tanto antes como después del inicio de las operaciones de Cerro Corona en Salaverry.

Como se observa en la Tabla 3-60, se excedieron los lineamientos establecidos por la LGA clase VI para el arsénico, cromo, selenio, mercurio en por lo menos un evento de monitoreo en la mayoría de las estaciones consideradas.

En el Gráfico 3-115, *Mercurio Total – Salaverry*, se observa que se presentaron concentraciones de mercurio total que excedieron los lineamientos para aguas clase VI, tanto en los monitoreos realizados antes del inicio de las operaciones de la Mina Cerro Corona en Salaverry (mayo y julio del 2005, y enero del 2006) como en los realizados después del inicio de las operaciones (mayo y agosto del 2009, y febrero 2010). Como se observa en el Gráfico 3-113, en todas las estaciones monitoreadas, a excepción de la zona al final de los muelles de embarque, se presentaron concentraciones por encima del lineamiento antes del inicio de las operaciones de Cerro Corona, incluyendo en la zona muestreada como referencia (estación 4), lo cual indica que la presencia de este metal podría obedecer a la influencia de otras actividades preexistentes en el Puerto.

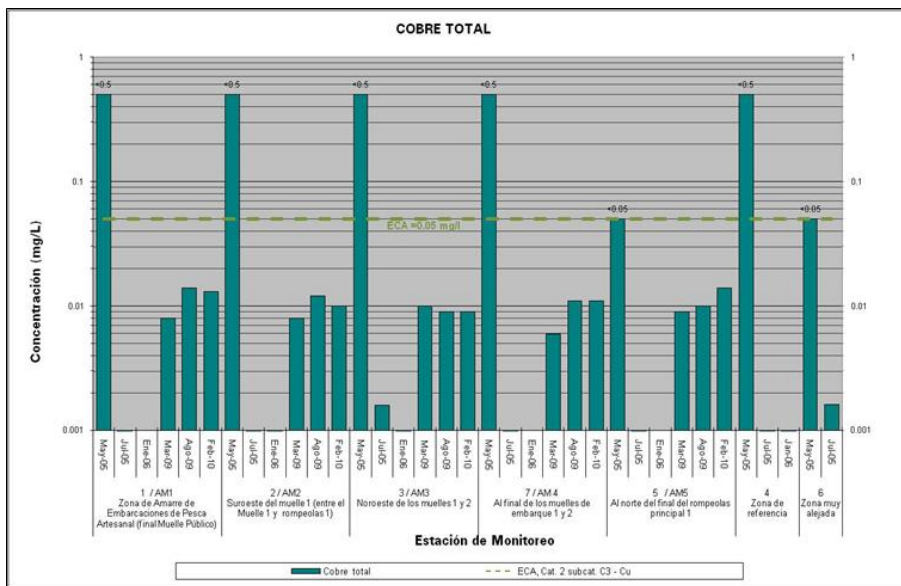
Gráfico 3-115 Mercurio Total – Salaverry



En el Gráfico 3-116, *Cobre Total – Salaverry*, se observa que en casi todas las estaciones monitoreadas los niveles se mantuvieron por debajo del límite de detección del método de análisis del laboratorio antes del inicio de las operaciones de Cerro Corona; sin embargo, es importante mencionar que este límite era superior a los límites de detección actuales por lo que en los últimos monitoreos se observan concentraciones detectables pero siempre por debajo de la ECA para actividades marino costeras (categoría 2–subcat. C3), usados referencialmente (vigentes a partir de abril 2010) a falta de lineamiento establecido por la LGA clase VI aplicable al periodo de monitoreo.

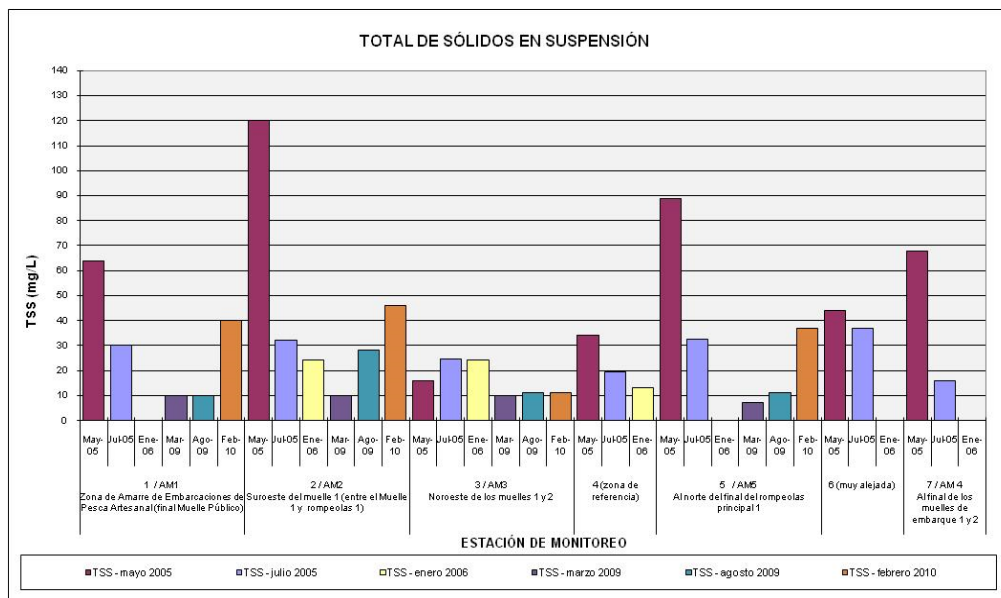
Debido a los límites de detección superiores que fueron obtenidos en los monitoreos de línea base, no se puede establecer si las concentraciones medidas después del inicio de las operaciones de Cerro Corona en Salaverry son superiores a las pre-existentes; sin embargo, si se puede establecer que en los muestreos de seguimiento y control se mantienen similares y siempre por debajo del lineamiento establecido para este parámetro por la ECA para actividades marino costeras.

Gráfico 3-116 Cobre Total – Salaverry



Respecto a los sólidos suspendidos (TSS), los niveles de TSS variaron considerablemente tanto espacial como temporalmente durante el programa de muestreo de línea base (ver Tabla 3-61, *Parámetros Físicoquímicos y Biológicos – Salaverry*, y Gráfico 3-117, *Sólidos Totales en Suspensión – Salaverry*). En general, ambos parámetros, pero en particular los TSS, fueron más altos dentro de la bahía (zona cercana, amarradero de botes y muelles) en comparación con lo registrado fuera de la misma (zona lejana, muy lejana, y de referencia). En la bahía, los TSS estuvieron en el rango de 16.0 a 120 mg/L y fuera de la bahía, estuvieron en el rango de 13 a 34 mg/L.

Gráfico 3-117 Sólidos Totales en Suspensión – Salaverry

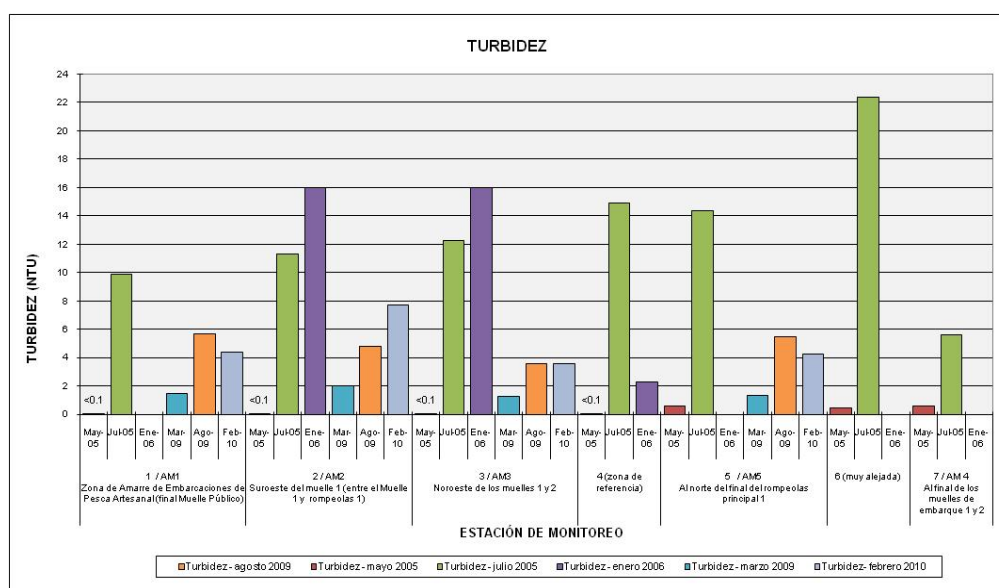


Tal como se observa en el gráfico 3-117, se notó una variación temporal en los monitoreos de seguimiento y control realizados luego del inicio de las operaciones de la mina Cerro Corona en Salaverry; así se midieron niveles de TSS mayores en febrero 2010 en comparación con lo registrado en marzo y agosto del 2009, a excepción de lo registrado al noroeste de los muelles 1 y 2 (estación AM3) que representa la zona mas resguardada de la bahía.

El mayor contenido de TSS es probablemente consecuencia del tráfico de las embarcaciones. Como el puerto no es profundo (<10 metros) cada vez que un barco es atracado y posteriormente deja el puerto, los sedimentos del fondo son suspendidos nuevamente en un grado significativo (de acuerdo a observación visual) por el torbellino de la hélice de los remolcadores y por el barco. El agua, dentro de gran parte del interior de la bahía, se vuelve negra cuando los remolcadores mueven los barcos a la posición de atraque.

Como se observa en el Gráfico 3-118, *Turbidez – Salaverry*, antes de las operaciones de la mina, la turbidez fue más alta fuera de la bahía (zona lejana-estación 5, muy lejana-estación 6 y de referencia-estación 4). Los niveles de turbidez en las estaciones dentro de la bahía se presentaron menores a 10 NTU en los monitoreos realizados luego del inicio de las actividades de Cerro Corona en Salaverry.

Gráfico 3-118 Turbidez – Salaverry



En cuanto a los parámetros microbiológicos, se cuenta con resultados de bacterias tanto para los estudios de línea base como de los monitoreos de seguimiento y control realizados luego del inicio de las operaciones de Cerro Corona en Salaverry.

En el evento de monitoreo de enero del 2006 (ver Tabla 3-66, *Parámetros Físicoquímicos y Biológicos – Salaverry*), tanto los coliformes fecales como totales fueron medidos en la estación ubicada en el interior de la bahía (zona cercana - estación 2), en la estación que caracteriza la zona alejada (zona alejada - estación 3) y en la estación ubicada en la zona de referencia (estación 4). Los resultados indican presencia de coliformes mínima, registrándose en la mayoría de los casos valores por debajo del límite de detección de laboratorio y por ende muy por debajo de lo establecido por la clase VI de la LGA. Considerando que la carga bacteriana estuvo presente solo en la zona del puerto y no fuera de esta zona, parecería razonable sugerir que los resultados están relacionados con desechos humanos y/o de animales (no tratados), lo cual podría ser una condición local en la naturaleza, o ser el resultado de descargas de los barcos atracados. Sin embargo, los niveles bacterianos en general fueron bastante bajos y se considera que no plantearían un peligro para la salud por el empleo recreacional del puerto.

Los resultados de los monitoreos de seguimiento y control indican presencia de coliformes tanto fecales como totales en conteos mínimos, similar a lo registrado en los monitoreos de línea base.

Tabla 3-65 Parámetros Físicoquímicos y Biológicos – Salaverry

Estaciones		1 (amarradero de botes)					2 (cercana)						3 (alejada)					
Parámetro	Unid.	May-05	Jul-05	Mar-09	Ago-09	Feb-10	May-05	Jul-05	Ene-06	Mar-09	Ago-09	Feb-10	May-05	Jul-05	Ene-06	Mar-09	Ago-09	Feb-10
Claridad del Agua																		
Profundidad del disco Secchi	metros	-	-				1.5	0.80	1.8				1.5	1.0	1.8			
Productividad Primaria																		
Clorofila A	ug/L	-	1.4				2.7	1.7	7.0				3.7	1.9	7.0			
Bacteria																		
Coliformes Fecales	CFU/100 mL	-	-				-	-	6				-	-	0			
Coliformes Totales	CFU/100 mL	-	-				-	-	12				-	-	1			
Coliformes Fecales	NMP/100 mL			<1.8	<1.8	17				<1.8	<1.8	4			<1.8	7.8	<1.8	
Coliformes Totales	NMP/100 mL			<1.8	<1.8	17				<1.8	<1.8	6.8			<1.8	4.5	<1.8	
Hidrocarburos																		
Aceites y Grasas Totales	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<2	<0.5	<0.5	<0.5	<2	<0.5	<2	<0.5	<0.5	<0.5
Hidrocarburos Totales de Petróleo	ug/L	-	<70	<0.05	<0.05	<0.05	-	<70	-	<0.05	<0.05	<0.05	-	<70	-	<0.05	<0.05	<0.05
Gasolina	ug/L	<100	<100	<100	<100		<100	<100	-				<100	<100	-			
Inorgánicos																		
Amonio Total-N	mg/L	0.32	0.35				0.18	0.39	0.26				0.39	0.36	0.20			
Nitrógeno Kjeldahl Total	mg/L	3.0	0.80				249	0.60	0.80			3.0	0.8	0.20	0.70	0.70		
Fósforo Total	mg/L	0.23	0.05				0.24	0.08	0.05				-	0.06	0.03			
Total de Sólidos en Suspensión	mg/L	64	30				120	32	24				16	25	24			
Turbidez	NTU	<0.1	9.9				<0.1	11.3	16.0				<0.1	12.3	16			

Nota:

- Indica que no se realizó el análisis para ese parámetro.

Fuente:

Condiciones de Línea Base Ambiental – Instalaciones Portuarias Propuestas para Minas Conga – ECOMETRIX, 2006

Estaciones		4 (referencia)			5 (rompeolas 1)					6 (muy alejada)		7 (muelles)				
Parámetro	Unid.	May-05	Jul-05	Ene-06	May-05	Jul-05	Mar-09	Ago-09	Feb-10	May-05	Jul-05	May-05	Jul-05	Mar-09	Ago-09	Feb-10
Claridad del Agua																
Profundidad del disco Secchi	metros	1.7	1.0	2.0	-	-				1.6	-	-	-			
Productividad primaria																
Clorofila A	ug/L	3.5	2.7	5.0	-	-										
Bacterias																
Coliformes totales	CFU/100 mL	-	-	0												
Coliformes fecales	CFU/100 mL	-	-	0												
Coliformes totales	NMP/100 mL						<1.8	<1.8	<1.8					<1.8	7.8	4.5
Coliformes fecales	NMP/100 mL						<1.8	<1.8	<1.8					<1.8	2	4.5
Hidrocarburos																
Aceites y Grasas Totales	mg/L	<0.5	<0.5	<2			<0.5	<0.5	<0.5					<0.5	<0.5	<0.5
Hidrocarburos Totales de Petróleo	ug/L	-	<70	-			<0.05	<0.05	<0.05					<0.05	<0.05	<0.05
Gasolina	ug/L	<100	<100	-												
Inorgánicos																
Amonio Total-N	mg/L	0.41	0.30	0.08	0.38	0.37				0.42	0.28	0.16	0.32			
Nitrogen Kjeldahl Total	mg/L	3.0	12.8	0.60	0.60	0.80				<0.5	0.60	0.70	0.40			
Fósforo Total	mg/L	0.17	0.06	0.06	0.18	0.08				0.12	0.04	0.28	0.04			
Total de Sólidos en Suspensión	mg/L	34	19	13	89	32.7				44	36.7	68	16.0			
Turbidez	NTU	<0.1	14.9	2.3	0.60	14.4				0.50	22.4	0.60	5.66			
<p>Nota: - Indica que no se realizó el análisis para ese parámetro. Fuente: Condiciones de Línea Base Ambiental – Instalaciones Portuarias Propuestas para Minas Conga – ECOMETRIX, 2006</p>																

De los resultados obtenidos en la Tabla 3-66, tanto en los estudios de línea base como en los monitoreos de seguimiento y control, no se detectaron, ni dentro de la bahía ni fuera de la misma, hidrocarburos totales de petróleo. Es de esperar que una cantidad limitada de hidrocarburos ingrese al agua en la zona del puerto como resultado del tráfico de embarcaciones y la flota pesquera. Sin embargo, es probable que las fracciones disueltas se mezclen rápidamente con el agua del mar y las fracciones más insolubles eventualmente lleguen a formar complejos con las partículas de la columna de agua y se establezcan dentro de los sedimentos del fondo.

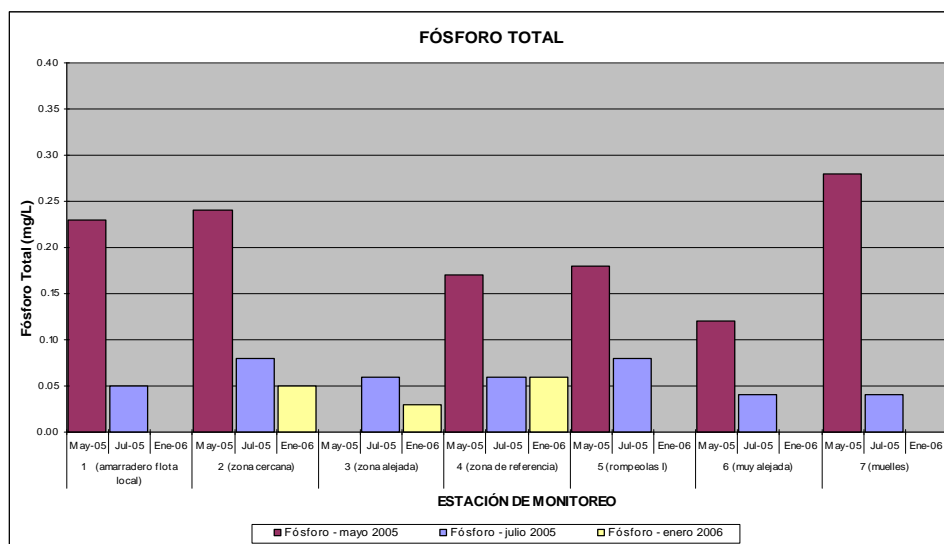
El amonio presentó valores generalmente similares dentro y fuera de la bahía, registrándose concentraciones entre 0.3 y 0.4 mg/l. La desviación más significativa de este patrón se presentó en la muestra tomada en el área de referencia (estación 4) en enero del 2006, en la que los niveles de amoniaco fueron solo de 0.08 mg/l.

Los niveles de nitrógeno Kjeldahl total (NKT) se presentaron a menudo entre 0.6 y 0.8 mg/l dentro del área de estudio, pero hubo un número limitado de ocurrencias en las que las concentraciones fueron notablemente mayores que estos valores, y en un caso en particular el resultado del análisis fue probablemente anómalo, lo cual podría deberse a un error del laboratorio.

En la zona de referencia (estación 4) los niveles de NKT fueron de 3.0 mg/l en Mayo del 2005 y 12.8 mg/l en Julio del 2006, y en la zona de amarre de la flota local (estación 1) fue de 3.0 mg/l en mayo del 2005. La medición anómala de NKT arrojó una concentración de 249 mg/l, registrado en la estación ubicada en la zona cercana al puerto (estación 2) en mayo del 2005. Esta concentración encontrada probablemente se deba a un error analítico.

Los niveles de fósforo total fueron más altos en mayo del 2005, evento en el que las concentraciones registradas estuvieron entre 0.12 y 0.28 mg/l, tanto dentro como fuera de la bahía, tal como se puede apreciar en la Gráfico 3-119, *Fósforo Total – Salaverry*. Tanto en julio del 2005 como en enero del 2006, los niveles de fósforo total estuvieron en el rango de 0.03 y 0.08 mg/l, no distinguiéndose patrones espaciales entre las estaciones de muestreo.

Gráfico 3-119 Fósforo Total – Salaverry



3.1.14.3 Calidad de Sedimentos Marinos

La presente sección describe los principales parámetros de calidad del sedimento marino, tales como metales (especialmente el cobre), hidrocarburos aromáticos, aceites y grasas, granulometría y carbono orgánico total (COT), entre otros, dentro del área costera en donde se ubica las instalaciones de Cerro Corona en el Puerto de Salaverry. Esta descripción está basada en información de la Actualización del Plan de Cierre de Mina Cerro Corona-Almacenamiento, Transporte y Embarque de Concentrado en Salaverry (MWH, 2011).

Con el propósito de caracterizar la calidad ambiental de los sedimentos marinos se implementó y desarrolló un programa de monitoreo, que consideró dos eventos de monitoreo, los cuales fueron realizados en julio del 2005 y enero del 2006. El objetivo principal de este programa fue establecer las condiciones de calidad de sedimentos existentes a fin de establecer una línea base para futuras comparaciones.

Estaciones de Muestreo

El área de estudio fue zonificada teniendo como referencia las operaciones actuales del puerto a ser usadas, como el Muelle 1. De esta forma, se consideraron las siguientes zonas de monitoreo:

- Zona cercana: ubicada a pocos cientos de metros del área del puerto
- Zona lejana: ubicada dentro de los 500 metros del área del puerto
- Zona muy alejada: ubicada aproximadamente dentro de los 1.5 km del área del puerto
- Zona de referencia: se estableció fuera del área del puerto.
- Toda la Bahía
- Entre Muelle 1 y Rompeolas 1 (principal)

En las zonas cercanas, lejana, muy alejada y de referencia se establecieron varios puntos de muestreo tal como se presenta en la Figura 3-45, *Estaciones de Monitoreo de Calidad de Sedimentos*. Para todo el área de la bahía y para la zona de los muelles, se establecieron 09 estaciones (H1 a H9) y 03 estaciones (P1 a P3) individuales, respectivamente.

En julio del 2005, se colectaron sedimentos en 5 puntos de muestreo en cada una de las zonas consideradas, las cuales incluyeron todas las zonas consideradas en el monitoreo del macrobentos (zonas: cercana, lejana, muy alejada y de referencia), tal como se presenta en la figura mencionada. Asimismo, se colectaron muestras adicionales en estaciones en y alrededor del puerto (en la proximidad de las instalaciones de atraque existentes, en la zona de amarre de la flota local, en los muelles existentes y en las zonas de descarga de combustible), las cuales son representativas de las zonas que pueden haber sido afectadas por las operaciones actuales del puerto.

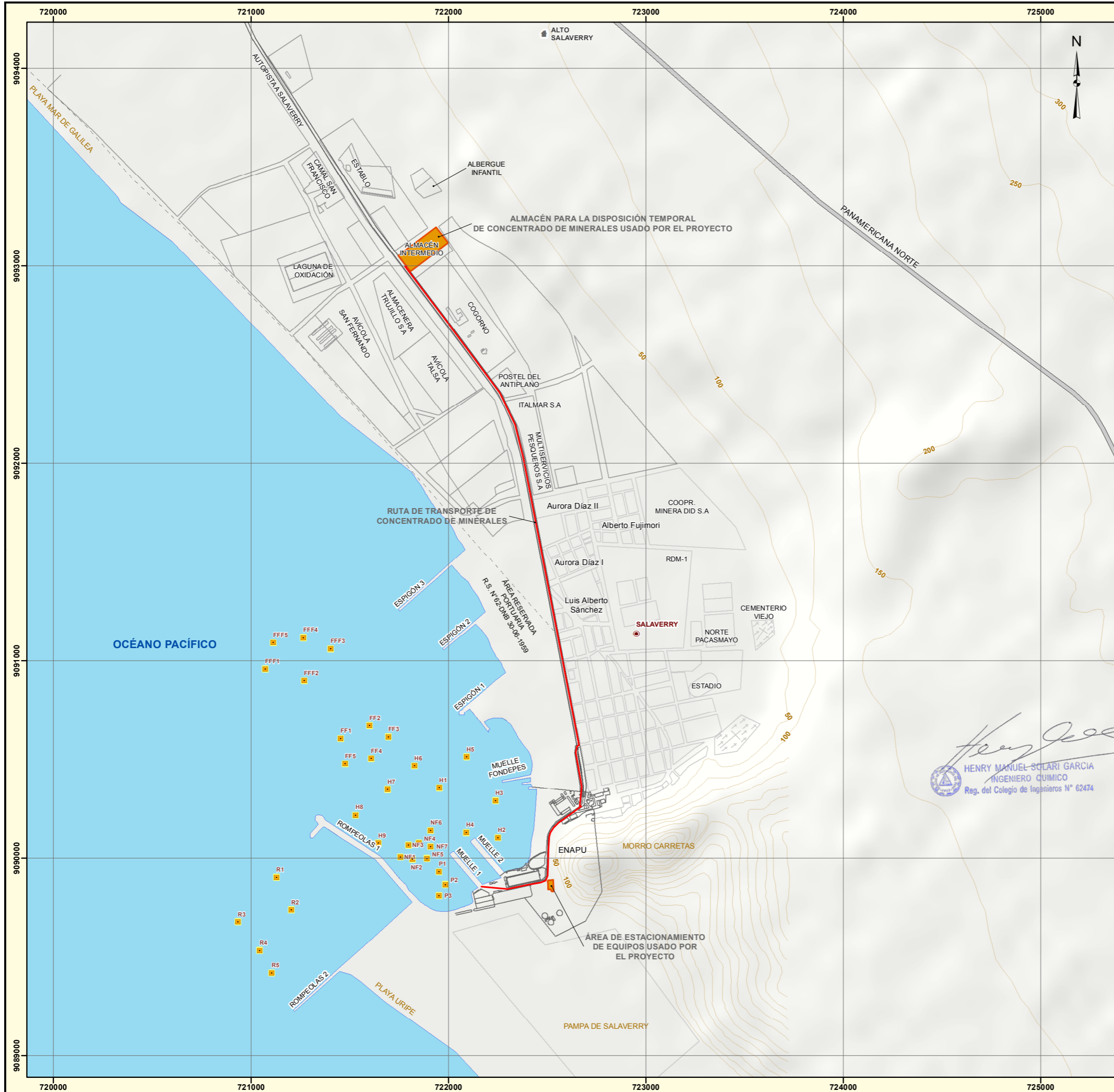
En enero del 2006, solo se colectaron sedimentos en 3 puntos de muestreo en la zona cercana, la zona lejana y en la zona de referencia. Asimismo, se recolectaron muestras adicionales limitadas de estaciones en y alrededor del puerto.

Resultados

Debido a que no existen lineamientos peruanos para evaluar la calidad de sedimentos, los resultados obtenidos fueron comparados con los lineamientos de calidad de sedimentos marinos de Canadá (SQG) publicado por el Consejo Canadiense del Ministerio de Medio Ambiente (CCME, 2002). Para esta evaluación, se usaron tanto los lineamientos provisionales de calidad de sedimentos (ISQG), así como el nivel de efecto probable (PEL). Los ISQG corresponden a efectos de nivel de umbral por debajo de los cuales no se esperan efectos biológicos adversos, mientras que los PEL corresponden a la concentración por encima de los cuales algún efecto adverso en la salud de la biota puede anticiparse.

Es importante notar que aunque los niveles de metales excedan los lineamientos, esto no significa necesariamente que la biota acuática ha sido o esté siendo impactada. Algunos hábitats marinos presentan en forma natural concentraciones de metales en órdenes de magnitud mayores que los lineamientos y en donde reside una biota adaptada a estas condiciones.

Los sedimentos al interior del puerto de Salaverry, principalmente en las proximidades de los muelles, se caracterizaron por ser fango negro anóxico con olor anaerobio relativamente fuerte, y son un reflejo del hábitat deposicional al interior del rompeolas principal, donde la mayor parte del enriquecimiento parece ser de origen natural.



ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE SEDIMENTOS

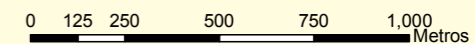
ESTACIÓN	ESTE	NORTE
FF1	721454	9090606
FF2	721601	9090670
FF3	721696	9090615
FF4	721609	9090504
FF5	721477	9090478
FFF1	721072	9090956
FFF2	721270	9090897
FFF3	721404	9091059
FFF4	721265	9091116
FFF5	721114	9091091
H1	721955	9090355
H2	722252	9090103
H3	722239	9090291
H4	722092	9090129
H5	722093	9090513
H6	721829	9090468
H7	721693	9090347
H8	721530	9090218
H9	721646	9090076
NF1	721759	9090007
NF2	721818	9089995
NF3	721798	9090066
NF4	721851	9090077
NF5	721891	9089998
NF6	721911	9090141
NF7	721910	9090060
P1	721952	9089932
P2	721984	9089867
P3	721952	9089809
R1	721130	9089903
R2	721206	9089738
R3	720935	9089676
R4	721043	9089532
R5	721105	9089418

**ROBERTO CARLOS
ESPINOZA MELGAREJO
BIÓLOGO
Reg. CBP N° 7916**

SIMBOLOGÍA

- ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DE SEDIMENTOS
- INSTALACIONES SUJETAS A CIERRE
- RUTA DE TRANSPORTE
- LOCALIDADES
- CAPITAL DE DISTRITO
- SALAVERRY ZONA INDUSTRIAL
- ZONA URBANA
- TERMINAL PORTUARIO SALAVERRY
- ~ CURVAS DE NIVEL (msnm)
- VÍAS**
- PANAMERICANA NORTE
- AUTOPISTA A SALAVERRY
- OTRO ACCESO

**HENRY MANUEL SOLARI GARCIA
INGENIERO QUIMICO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 62474**



1	FINAL	MARZO 2017	O.CANDIA	P.SANTOS	H.SOLARI / R.ESPINOZA
REV. N°	REVISIONES	FECHA	DISEÑO	GIS	REVISADO Y FIRMADO



PROYECTO:
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA-OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA

TÍTULO:
ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE SEDIMENTOS - SALAVERRY

PROYECCIÓN: UTM **DATUM:** WGS84 ZONA 17 SUR

FUENTE: GFLC, MWH, INEI, IGN

ESCALA: 1:20,000 **FIGURA N°** 3-45



ARCHIVO: Figura 3-45 Estaciones Calidad Sedimentos-Salaverry.mxd