
ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE POSIBLES EFECTOS AMBIENTALES - CARGO 2

AES GENER

RES. EX. SMA N°1/ROL D-146-2019

Noviembre, 2019



Ecos Chile

ECOS Environmental Compliance Services

La Concepción 322, of.1201. Providencia, Santiago.
contacto@ecos-chile.com / www.ecos-chile.com

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	OBJETO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LA EXIGENCIA INFRINGIDA	5
3	POTENCIALES EFECTOS AMBIENTALES	8
4	MARCO TEÓRICO	9
4.1	Contaminación sobre el Medio Marino	9
4.2	Calidad de los Sedimentos y Ecosistemas Marinos en Huasco	10
4.3	Emisiones fugitivas, caída de material al mar y medidas de mitigación....	11
5	MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1	Fundamentación de la metodología utilizada	12
5.2	Actividades.....	13
6	RESULTADOS	13
6.1	Revisión de instrumentos de carácter ambiental aplicables.	13
6.2	Revisión de fuentes de información y análisis de datos asociados a la formulación de cargos	14
6.2.1	Cargo 2a: Registro de Limpieza.....	14
6.2.2	Cargo 2b: Encapsulamiento parcial de correa TT1	18
6.3	Revisión de calidad de sedimentos marinos del monitoreo del Plan de Vigilancia Ambiental.....	21
6.3.1	Sedimentos marinos	21
6.3.2	Macrofauna Submareal de Fondos Blandos	24
7	DETERMINACION DE EFECTOS AMBIENTALES	26
8	CONCLUSIONES	28
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

FIGURAS

Figura 1. Localización de las Unidades Fiscalizables.....	3
Figura 2. Unidades fiscalizables emplazadas en el área de estudio	4
Figura 3. Esquema conceptual de la hipótesis a evaluar	9
Figura 4. Tipos de medidas de mitigación en el Muelle de Servicio	12
Figura 5. Comprobante de la “Nombrada” asociada a las operaciones de limpieza	15
Figura 6. Fotografías de estructuras fijas como medida de mitigación a la descarga del material combustible	18
Figura 7. Fluctuaciones temporales de los sedimentos marinos.....	24
Figura 8. Número de especies de macrofauna submareal de fondos blandos	25
Figura 9. Número de individuos de macrofauna submareal de fondos blandos	25
Figura 10. Diversidad específica de macrofauna submareal de fondos blandos...26	

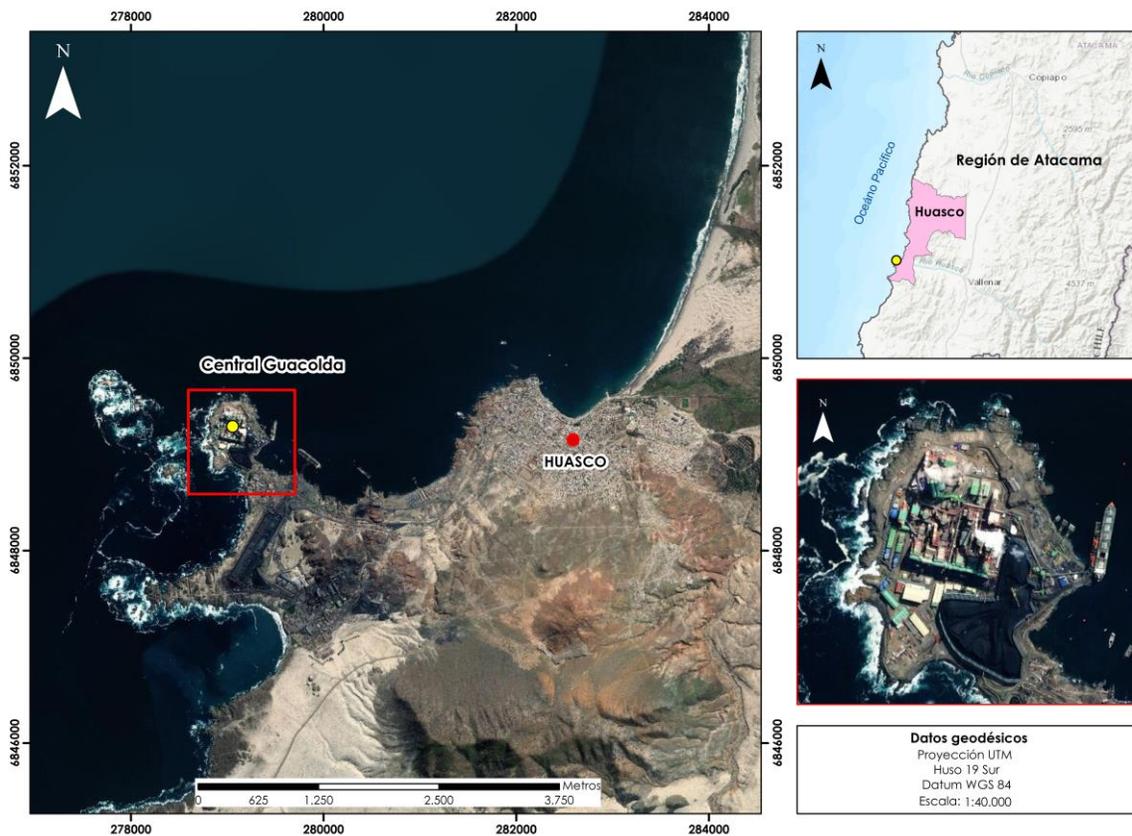
TABLAS

Tabla 1. Registro del Movimiento Naviero Muelle Servicio Guacolda 2016.....	15
Tabla 2. Tipos de Carbón recibidos período 2016	19
Tabla 3. Composición y granulometría carbón mineral tipo	20
Tabla 4. Estimación Material Particulado Sedimentable.....	21
Tabla 5. Ubicación de la Estación de muestreo de los sedimentos submareales (a 311 m al noreste del Muelle Guacolda)	22
Tabla 6. Carbón Mineral.....	22
Tabla 7. Composición granulométrica de la estación CGG-2(Muestra, M y Réplica, R) de los sedimentos submareales (en %)	23

1 INTRODUCCIÓN

Mediante la presente minuta técnica se presenta el análisis y estimación de los potenciales efectos ambientales asociados al **Cargo N°2** del procedimiento sancionatorio Res. Ex. SMA N°1/ROL D-146-2019, iniciado por la SMA en contra de la empresa AES GENER S.A., asociado a la Unidad fiscalizable de su propiedad Complejo Termoeléctrico Guacolda, ubicada en la comuna de Huasco, Región de Atacama (**Figura 1**). El citado cargo establece incumplimientos relacionados con los instrumentos de carácter ambiental **RCA N°249/2008** y **RCA N° 191/2010**.

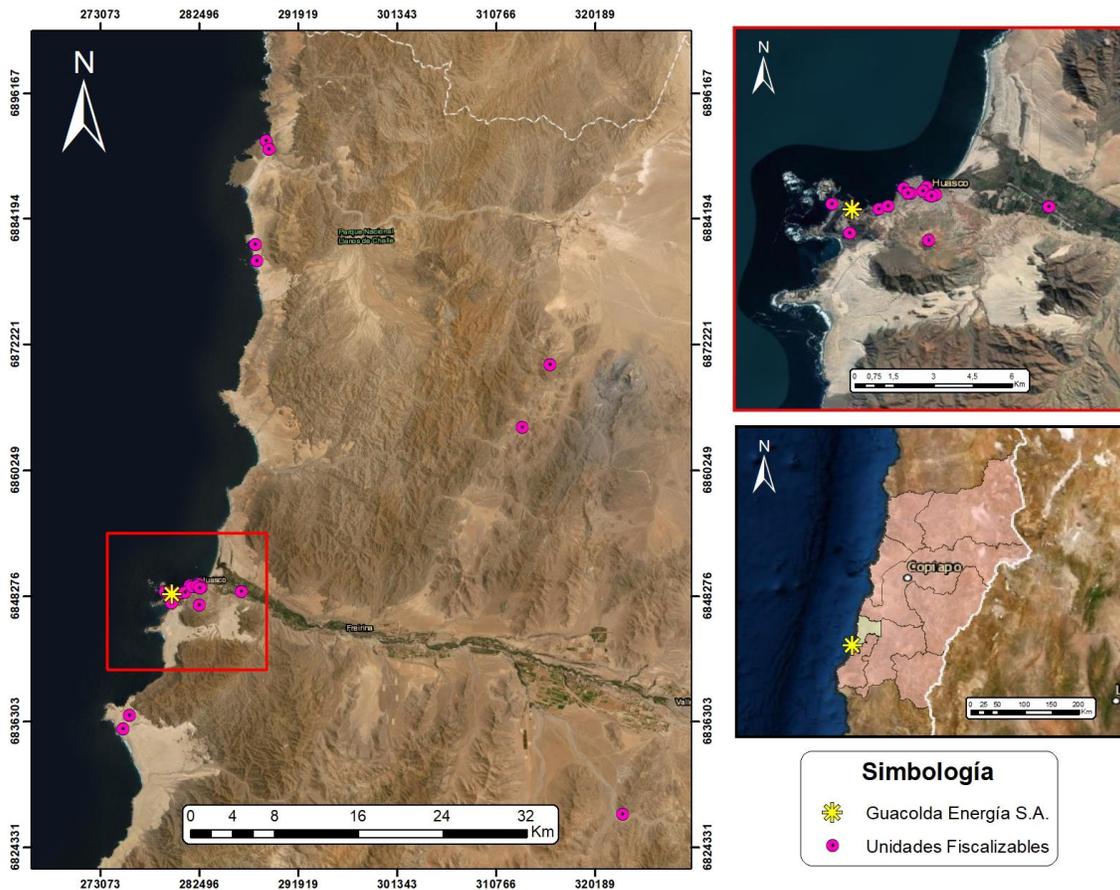
Figura 1. Localización de las Unidades Fiscalizables



Fuente: Elaboración propia.

Es importante señalar que el Complejo Termoeléctrico Guacolda, se encuentra ubicado en una zona costera con una importante densidad de Unidades Fiscalizables, tal como se presenta en la Figura 2.

Figura 2. Unidades fiscalizables emplazadas en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Al respecto de la formulación de cargos, el **Cargo N° 2** contenido en la Res. Ex. N° 1/ Rol D-146-2019 fue calificado como una infracción leve en virtud del numeral 3 del artículo 36 de la LO-SMA, y está expresado de la siguiente manera:

“No dar cumplimiento satisfactorio a las medidas de mitigación establecidas **para evitar descargas de combustibles sólidos al mar y emisiones difusas**, lo que se verifica por lo siguiente:

- a. *No contar con el registro de la actividad de limpieza del sistema de descarga posterior al zarpe.*
- b. *No encapsular en su totalidad las correas transportadoras de combustible en el sector de la torre de transferencia (TT1) en el Muelle de Servicio."*

Para analizar los potenciales efectos ambientales asociados al incumplimiento de las RCAs, se debe considerar **el objeto de protección de la exigencia infringida y los antecedentes de cumplimiento de ésta.**

En base a lo anterior, se evalúan los posibles efectos sobre el objeto de protección, para proponer medidas para hacerse cargo de éstos, si correspondiera.

2 OBJETO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LA EXIGENCIA INFRINGIDA

Para definir el objeto de protección, en primer lugar, es necesaria la revisión de las condiciones que se estiman infringidas en la formulación de cargos, correspondientes a lo estipulado en el **Considerando 3.8.4. de la RCA N° 249/2008 y Considerandos 7.2.1.a y 7.2.3. de la RCA N° 191/2010** que contemplan la obligación del encapsulamiento de correas transportadoras y la limpieza del sistema de descarga posterior al zarpe de las naves. Los considerandos a los que hace referencia la formulación de cargos regulan la dispersión del carbón al ambiente durante la operación de descarga y transporte en las correas indicando lo siguiente:

RCA N° 249/2008. Considerando 3.8.4. Principales Aspectos Ambientales de la evaluación. Medio Ambiente Marino.

"Las medidas de mitigación consideradas para evitar la descarga de los combustibles sólidos al mar, se encuentran ya operativas en esta actividad y corresponden a:

- *Ubicación de mantaletas contenedoras en costado de la nave, en el radio de acción de las grúas.*
- *Ubicación de mantaletas en costado de muelle, bajo aquellas ubicadas en el costado de la nave, para asegurar la retención del combustible sólido que pudiera caer sobre esta última, para ser retenido y posteriormente retirado y llevado a la zona de acopio.*

Adicionalmente, la actividad de descarga de combustibles sólidos se realiza con instrucciones específicas con el objeto de evitar las emisiones en los “traspasos de correa” para lo cual se cuenta con el “Instructivo para la humectación del carbón durante la descarga de la nave y en el interior de la cancha de carbón”, medidas que también se aplicarán a la descarga de caliza.

Así, el sistema de descarga de combustible, traspaso de correas transportadoras y apilamiento utilizará el sistema existente que considera correas transportadoras cubiertas y torres de transferencias cerradas con sistemas captadores de polvo para las emisiones fugitivas o caídas directas de combustible”.

RCA N° 191/2010. Considerando 7.2.1.a., Medida de Mitigación. Emisiones y Calidad del Aire.

“2° Transferencias sobre Cintas o Correas Transportadoras: Se contempla un sistema de correas de tipo tubular, hermético (ver página 8 de la Adenda 2) y bandeja receptora de derrames en su parte inferior, lo que evita la emisión de material particulado producto de la acción del viento. Además, en todas las torres de transferencia se instalará un sistema colector del polvo que se genera en los traspasos. Las cintas transportadoras de carbón serán del tipo tubular, las cuales permiten encapsular herméticamente el carbón”.

RCA N° 191/2010. Considerando 7.2.3. Medidas de Mitigación. Etapa de Operación. Medio Marino.

“Se considera la implementación de las siguientes medidas:

(..)

- Se implementará en forma inmediata un sistema que considera específicamente la limpieza de todo el Sistema de Descarga; la que se realizará una vez finalizada la operación de descarga en toda la nave que arribe al muelle Guacolda, lo anterior tiene como objetivo disponer del material acumulado en las bandejas receptoras localizadas bajo las cintas transportadoras.
- Respecto a las faenas de limpieza del sistema de descarga, posterior al zarpe de la nave, el titular remitirá a la Autoridad Marítima, antes de la construcción del proyecto, el protocolo de limpieza (lugares, equipamiento,

procedimientos) para su revisión y visación. Además, en el puerto se contará con un registro de la actividad, objeto ésta sea fiscalizable”.

Por otra parte, dentro de los antecedentes considerados por la SMA para la formulación del cargo, cabe tener en consideración los siguientes:

Considerando N° 44 de la Res. Ex. Rol D-146-2019

“En la RCA N° 191/2010 en su Considerando 7.2.1.a, quedó establecido como medida de mitigación en relación con Emisiones y Calidad del Aire “un sistema de correas de tipo tubular, hermético (ver página 8 de la Adenda 2)”.

Considerando N° 45 de la Res. Ex. Rol D-146-2019

“La misma RCA, en su Considerando 7.2.3., en el cual se establecieron medidas de mitigación en relación con el Medio Marino, consideró la implementación de un sistema de limpieza para todo el “Sistema de Descarga” respecto del cual se exige registrar la actividad y contar con dichos registros en el puerto a objeto de que esta sea fiscalizable”.

Considerando N° 46 de la Res. Ex. Rol D-146-2019

“Las medidas de encapsulamiento de correas transportadoras y la limpieza del sistema de descarga, permiten evitar la dispersión del carbón al ambiente durante la operación de descarga del combustible, en específico, su objetivo es la protección del medio marino (comunidades submareales) mitigando la caída de material al mar”

De acuerdo con los antecedentes presentados, se desprende que el objeto de protección de las medidas que se estimaron infringidas corresponde al **Medio Ambiente Marino**. Por lo anterior, los potenciales efectos ambientales se analizarán sobre la base de si el hecho infraccional descrito anteriormente, pudo haber afectado el estado del medio ambiente marino, asociado al entorno del proyecto.

3 POTENCIALES EFECTOS AMBIENTALES

A partir del análisis de la información disponible asociada al caso, en primer lugar, es necesario indicar que el cierre de las correas transportadoras y las actividades de limpieza de descarga posterior al zarpe de las naves son medidas de mitigación estipuladas en las RCAs N° **249/2008** y **191/2010**, respectivamente, cuyo objetivo es evitar la caída de combustible o posible sedimentación de MP al medio marino.

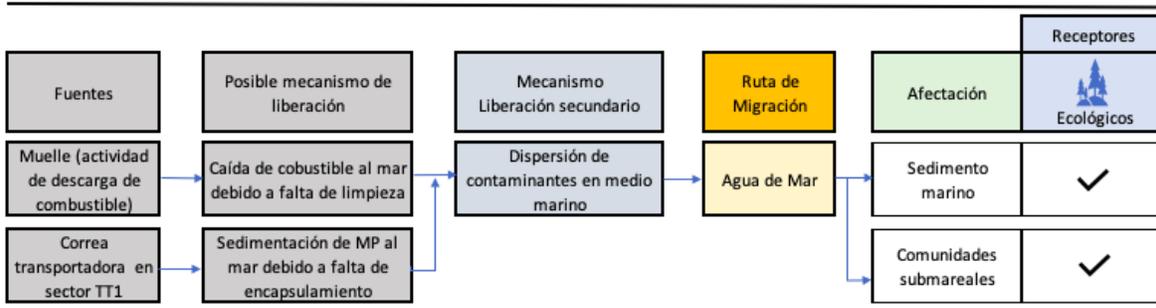
De acuerdo con los antecedentes planteados, el análisis de los potenciales efectos, **asociados a no dar cumplimiento satisfactorio a las medidas de mitigación establecidas para evitar descargas de combustibles sólidos al mar y emisiones difusas, lo que se verifica por lo siguiente: a. No contar con el registro de la actividad de limpieza del sistema de descarga posterior al zarpe; b. No encapsular en su totalidad las correas transportadoras de combustible en el sector de la torre de transferencia (TT1) en el Muelle de Servicio**, se debe realizar a nivel del componente ambiental potencialmente afectado, en las zonas pertinentes al incumplimiento imputado.

En este sentido, **la hipótesis a testear**, en el marco del procedimiento sancionatorio, es si:

*“Dado el encapsulamiento parcial de las correas transportadoras y el no contar con los registros de limpieza del sistema de descarga, se han producido **efectos sobre el Medio Ambiente Marino** como resultado de la **caída de material o la emisión fugitiva del combustible sólido al mar**, lo que se podría haber traducido en una **afectación a los sedimentos marinos y comunidades submareales**”.*

En la **Figura 3** se observa un esquema conceptual de lo antes explicado.

Figura 3. Esquema conceptual de la hipótesis a evaluar



Fuente: Elaboración propia.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 Contaminación sobre el Medio Marino

En términos generales, se reconoce en Chile, que entre el 70% y el 75% de la contaminación marina es producto de las actividades humanas que tienen lugar en la superficie terrestre, siendo un 90% del total transportado por los ríos al mar (CONPACSE, 2010).

Las principales fuentes terrestres de esta contaminación marina, las constituyen las aguas residuales de origen doméstico no tratadas, la descarga de aguas residuales procedentes de actividades mineras y procesamiento de harina de pescado, la escorrentía de nutrientes agrícolas, a través de los ríos, entre otras y las principales fuentes oceánicas de contaminación marina incluyen, los derrames de petróleo y la piscicultura (OCDE, 2005).

Según la NOAA (2008), la construcción y operación de estas instalaciones pueden tener un amplio rango de efectos sobre el ambiente acuático incluyendo cambios en el sustrato y sedimentos, en la calidad del agua, en la calidad del hábitat y sobre la hidrología. Entre los impactos adversos sobre los recursos acuáticos como el arrastre y succión de peces e invertebrados, alteración del flujo natural del agua, degradación de la línea de costa y hábitats ribereños y alteración de la estructura y diversidad de la comunidad acuática.

4.2 Calidad de los Sedimentos y Ecosistemas Marinos en Huasco

Los sedimentos marinos son el depósito final de las sustancias introducidas al mar por procesos naturales y antrópicos. Entre estas sustancias se encuentran los compuestos orgánicos, nutrientes, combustibles, radionúclidos, inertes, patógenos y metales pesados.

Independiente de cuáles y cómo llegan estas sustancias a las aguas costeras y dependiendo de las variaciones físicas y químicas del ambiente de depositación, los sedimentos pueden actuar como sumidero o fuente de una serie de sustancias que modifican las características naturales de la columna de agua y la trama trófica marina (Valdés J., & Castillo A., 2014).

Sobre los efectos ecológicos de la contaminación marina, Vásquez (2005) señala que existe poca información que evidencie el efecto de las perturbaciones antrópicas en Huasco, respecto de la estructura y organización de las comunidades intermareales y submareales someras aledañas a los sectores donde se produce el impacto, la cual se reduce a casos extremos de contaminación, como sería el caso de lo que ocurre en el norte de Chile asociado con la minería, especialmente la del cobre.

En relación con lo anterior, el Informe final del Programa CONPACSE (2010) de la DIRECTEMAR, Armada de Chile, que consolida el Estado de Medio Ambiente Marino de Chile, señala que la actividad industrial en Huasco podría significar algún grado de impacto negativo en las aguas costeras puesto que, está influenciada por las actividades realizadas por plantas de concentrado de minerales, centrales termoeléctricas, pesca artesanal, entre otras (Figura N °2), sin embargo, afirman que los efectos de estas dos últimas actividades serían puntuales y de alta reversibilidad para el medio marino.

Finalmente, indicadores de calidad analizados por la DIRECTEMAR confirman que no presentan señales de deterioro de la matriz acuosa para la comuna de Huasco, Región de Atacama; aunque, si bien se detectan valores puntuales comparativamente mayores en algunos sectores, no constituyen un hecho generalizado que permita concluir que las aguas costeras de Huasco estén bajo la influencia de sustancias contaminantes (CONPACSE, 2010). Respecto a las

condiciones de contaminación sobre el componente biótico en Huasco, este mismo informe señala que no se detectaron procesos relacionados con la bioacumulación de metales.

4.3 Emisiones fugitivas, caída de material al mar y medidas de mitigación

En conformidad con la normativa ambiental vigente, tanto en la región en donde se localiza la unidad fiscalizable, como en el país en su conjunto, no existen normas asociadas a las emisiones fugitivas o para las partículas de carbón. Dicho lo anterior, tales emisiones quedan sujetas a las estimaciones iniciales presentadas y analizadas durante el o los diferentes procesos de evaluación ambiental, los que culminan en la aprobación mediante una Resolución de Calificación Ambiental.

En relación con lo anterior, las medidas de control para evitar tanto las emisiones fugitivas como la caída de carbón al mar en el proceso de descarga de combustibles sólidos durante la operación del Muelle Guacolda I, contraídas en las RCA N° 191/2010 y RCA N° 249/2008, se resumen a continuación:

- **Mantaletas:** son cubiertas físicas rígidas y abatibles que se instalan entre el buque y las tolvas de recepción del Muelle Mecanizado. Su objetivo es retener el carbón ante una posible caída desde la cuchara pantográfica (pala) de la grúa en el movimiento de traslación en el proceso de descarga de un buque.
- **Pretil de Muelle:** instalado en la totalidad del perímetro del Muelle Mecanizado, de manera de evitar que ante cualquier evento el carbón pueda caer al mar.
- **Encapsulado y bandejas inferiores de correas transportadoras:** evitar emisiones difusas producto del transporte del carbón desde el Muelle Mecanizado hasta la cancha de acopio de carbón.

Adicionalmente, la operación del Muelle Guacolda I, cuenta con otras instrucciones operacionales (Procedimiento de Descarga de combustible sólido desde muelle a Cancha de Carbón, CGU-PCC-P-01) que regula la descarga de combustible:

- **Traslación de cucharas pantográficas:** el movimiento de traslación de la cuchara pantográfica desde la bodega del buque y hacia la tolva debe realizarse pasando por sobre las mantaletas (procedimiento operacional).
- **Límite de carga en tolvas:** el operador de grúa no tiene permitido que el cono de carbón formado en la tolva supere el nivel superior de la misma.

De esta manera, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presentan las principales medidas de mitigación en el Muelle de Servicio.

Figura 4. Tipos de medidas de mitigación en el Muelle de Servicio



Fuente: Complejo Termoeléctrico Guacolda.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Fundamentación de la metodología utilizada

Para identificar los eventuales efectos que pudieron haber ocurrido producto de **no realizar registros de limpieza**, y la **encapsulación parcial de la correa transportadora** en TT1, se ha considerado realizar un análisis individualizado de la información asociada a cada escenario, con la finalidad de determinar si, como resultado de los dos hechos infraccionales imputados, se podría haber producido un posible efecto al objeto de protección.

Con la finalidad de reconocer la potencial afectación directa o indirecta al medio marino, también se realizó un análisis de información asociada a los Planes de Vigilancia Ambiental (PVA) de la Central Termoeléctrica Guacolda.

5.2 Actividades

Para determinar la existencia o no, de potenciales efectos ambientales producidos por el incumplimiento imputado como cargo 2 en la formulación de cargos, se realizaron las siguientes actividades:

- a) Revisión de instrumentos de carácter ambiental aplicables.
- b) Revisión de fuentes de información y análisis de datos asociados al cargo 2, letras a y b.
- c) Revisión de Planes de Vigilancia Ambiental.
- d) Verificación de ocurrencia de los potenciales efectos ambientales asociados.

El enfoque metodológico expuesto permitirá poner a prueba la hipótesis asociada al hecho infraccional, para así concluir si existen o no efectos ambientales sobre el objeto de protección.

6 RESULTADOS

6.1 Revisión de instrumentos de carácter ambiental aplicables

La Unidad fiscalizable Guacolda Energía S.A., se encuentra regulada por:

- **RCA N°4/1995**, "Central Termoeléctrica Guacolda y Vertedero"
- **RCA N°38/2000**, "Usos de Mezclas de Carbón y Petcoke en Central Termoeléctrica Guacolda"
- **RCA N°49/2004**, "Flexibilización de la Operación en la Central Termoeléctrica Guacolda"
- **RCA N°56/2006**, "Central Guacolda Unidad N° 3"
- **RCA N°175/2006**, "Flexibilización Unidad N°3"
- **RCA N°236/2007**, "Incremento de Generación y Control de Emisiones del Complejo Generador Central Térmica Guacolda S.A."
- **RCA N°249/2008**, "Ampliación de la Capacidad de Almacenamiento de Combustibles Sólidos en Central Térmica Guacolda"
- **RCA N°191/2010**, "Unidad 5 Central Térmica Guacolda S.A."

- **RCA N°44/2014**, "Adaptación de Unidades a la Nueva Norma de Emisión Para Centrales Termoeléctricas"
- **RCA N°80/2017**, "Eliminación del uso del petcoke en Central Guacolda y ajuste de la capacidad de generación eléctrica"

6.2 Revisión de fuentes de información y análisis de datos asociados a la formulación de cargos

6.2.1 Cargo 2a: Registro de Limpieza

Los hechos constitutivos de infracción asociados al cargo N°2 letra a, dan cuenta de **"No contar con el registro de la actividad de limpieza del sistema de descarga posterior al zarpe"**.

En relación a esta materia cabe mencionar en primer lugar que la Central Guacolda cuenta actualmente con el procedimiento de Descarga de Combustibles Sólidos desde Muelle a Cancha de Carbón (CGU-PCC-P-01) y el procedimiento para el Control de Emisiones de Polvo Durante el Transporte de Combustibles Sólidos desde Correas a Cancha de Carbón y Galpones (CGU-PCC-P-02), los cuales, entre otras materias consideran la realización de limpieza posterior al zarpe del buque.

Además, la Central Guacolda se rige con el Código Internacional para la protección de los buques y de las Instalaciones Portuarias (PBIP), y en dicho contexto, se lleva registro de todas las actividades del muelle.

En particular, las actividades de limpieza se desarrollan posterior al zarpe de las naves que descargan combustible para la central. Es así como se genera el registro denominado la "nombrada" que da cuenta de dichas operaciones. Para la nave AMIS CHAMPION que se mantuvo en el muelle entre las fechas 04/10/2016 y 08/10/2016 (días previos a la fiscalización, según se comprueba en la Tabla 1), se generó el siguiente registro, asociado a las actividades de limpieza:

Figura 5. Comprobante de la “Nombrada” asociada a las operaciones de limpieza

Mantenedor operaciones								
Estado OP	PAGADA	Nave	AMIS CHAMPION	Fecha Inicio	04/10/2016 (ddmmaa)	Fecha Fin	11/10/2016 (ddmmaa)	
OPERACIONES (3 registros)								
NAVE	OP	EMPRESA	OP BSM	INICIO	FIN	PUERTO	ESTADO	
AMIS CHAMPION	SA-5054/16	B&M AGENCIA MARITIMA S.A.	OPNNA-1945/16 HCO	04/10/2016	09/10/2016	HCO - HUASCO	PAGADA	
AMIS CHAMPION	SA-5049/16	B&M AGENCIA MARITIMA S.A.	OPNNA-1945/16 HCO	04/10/2016	09/10/2016	HCO - HUASCO	PAGADA	
AMIS CHAMPION	SA-5048/16	B&M AGENCIA MARITIMA S.A.	OPNNA-1945/16 HCO	04/10/2016	11/10/2016	HCO - HUASCO	PAGADA	

TURNOS OPERACION SA-5048/16							
#	FECHA	TURNOS	INI	FIN	SITIO	FESTIVO	TPE's
1	04/10/2016	2 - SEGUNDO	15:30	23:00	PIER 1	NO	10
2	04/10/2016	3 - TERCERO	23:00	06:30	PIER 1	NO	9
3	05/10/2016	1 - PRIMERO	08:00	15:30	PIER 1	NO	10
4	05/10/2016	2 - SEGUNDO	15:30	23:00	PIER 1	NO	15
5	05/10/2016	3 - TERCERO	23:00	06:30	PIER 1	NO	10
6	06/10/2016	1 - PRIMERO	08:00	15:30	PIER 1	NO	15
7	06/10/2016	2 - SEGUNDO	15:30	23:00	PIER 1	NO	16
8	06/10/2016	3 - TERCERO	23:00	06:30	PIER 1	NO	15
9	07/10/2016	1 - PRIMERO	08:00	15:30	PIER 1	NO	10
10	07/10/2016	2 - SEGUNDO	15:30	23:00	PIER 1	NO	17
11	11/10/2016	1 - PRIMERO	08:00	15:30	PIER 1	NO	7

DETALLE EVENTUALES TURNO SA-5048/16 11/10/2016 1			
#	PUUESTO	RUT	NOMBRE
1	MOVILIZADOR 2	9468887-6	AGUIRRE AGUIRRE ERNESTO ENRIQUE
2		7887561-5	CARMONA SOTOMAYOR ARMANDO ALFONSO
3		13744002-4	GALLEGUILLOS CASTELLANO JORGE ROBINSON
4		11380200-6	GONZALEZ HIDALGO YONNY HERIBERTO
5		10492029-X	OSREGON GALAZ CARLOS NICANOR
6		8921749-4	SILVA ARUMANDA PEDRO HERIBAN
7	SUPERVISOR TIERRA	10005493-0	AGUIRRE AGUIRRE JUAN CARLOS

Fuente: Complejo Termoeléctrico Guacolda.

Tabla 1. Registro del Movimiento Naviero Muelle Servicio Guacolda 2016

Nave	Tipo Carbón	Arribo	Zarpe	Manifiesto (Ton)/ Nave	Tasa Real Descarga (Ton/día)	Días Descarga
1	Signal-Peak	12-01-2016	24-01-2016	74.647	14.715	5
2	Petcoke	31-01-2016	08-02-2016	49.868	6.898	7
3	Scota	03-02-2016	13-02-2016	72.755	14.592	5
4	Invierno	12-02-2016	18-02-2016	70.854	14.280	5
5	Invierno	19-02-2016	23-02-2016	59.630	15.612	4
6	Invierno	20-02-2016	01-03-2016	72.299	10.694	7
7	Scota	19-03-2016	24-03-2016	68.903	14.024	5
8	Invierno	29-03-2016	06-04-2016	70.906	9.325	8
9	Cerrejón	30-03-2016	10-04-2016	59.250	13.839	4
10	Scota	22-04-2016	28-04-2016	72.498	12.175	6
11	Invierno	22-04-2016	03-05-2016	70.966	13.152	5
12	Cerrejón	07-05-2016	12-05-2015	57.597	13.213	4
13	Invierno	20-05-2016	25-05-2016	72.973	16.166	5
14	Invierno	30-05-2016	04-06-2016	70.638	14.531	5
15	Ridley	15-06-2016	20-06-2016	73.886	15.287	5
16	Cerrejón	18-06-2016	03-07-2016	59.622	12.580	5
17	Petcoke	21-06-2016	01-07-2016	51.199	14.569	4
18	Invierno	15-07-2016	19-07-2016	71.005	15.468	5
19	Scota	18-07-2016	25-07-2016	72.987	13.748	5
20	Invierno	20-07-2016	31-07-2016	70.537	15.442	5
21	Cerrejón	17-08-2016	21-08-2016	59.321	13.516	4
22	Mina Invierno	16-08-2016	26-08-2016	70.751	15.919	4

Nave	Tipo Carbón	Arribo	Zarpe	Manifiesto (Ton)/ Nave	Tasa Real Descarga (Ton/día)	Días Descarga
23	Noble	27-08-2016	01-09-2016	71.190	15.556	5
24	Scota	09-09-2016	14-09-2016	70.000	14.911	5
25	Mina Invierno	16-09-2016	23-09-2016	70.870	13.689	5
26	Cerrejón	04-10-2016	08-10-2016	52.506	16.366	3
27	Scota	23-10-2016	29-10-2016	68.973	13.234	5
28	Mina Invierno	26-10-2016	05-11-2016	70.671	10.502	7
29	Cerrejón	15-11-2016	19-11-2016	59.970	13.514	4
30	Signal-Peak	03-12-2016	10-12-2016	68.686	14.201	5
31	Mina Invierno	16-12-2016	22-12-2016	70.501	13.627	5
32	Petcoke	18-12-2016	27-12-2016	50.154	10.186	5
Total				2.126.612	435.532	160
Promedio				66.457	13.610	5

Fuente: Extraído de Complejo Termoeléctrico Guacolda.

Tal como se aprecia en la tabla anterior, se lleva el registro anual de las operaciones de descarga de combustible sólido en el Muelle de Servicio de Guacolda.

Respecto del hecho infraccional y sus posibles efectos sobre el medio ambiente, ha de considerarse que la obligación contenida en el considerando 7.2.3 de la RCA 191/2010 que se estimó infringida, tiene su origen específicamente en la respuesta a la observación 7.18.c. presente en la Adenda N° 2 del proyecto "Unidad 5 Central Térmica Guacolda S.A.", en virtud de la cual se solicitó al titular implementar un sistema de captación de polvo, en las tolvas de recepción del carbón en el muelle, en atención a la acumulación de partículas de carbón reveladas en la estación de sedimentos ST-G5, correspondiente al Muelle Guacolda I.

Además, según consta en la misma observación, se solicitó implementar e informar un sistema de limpieza, a ejecutarse en forma inmediata al despacho de la nave, del material acumulado en las bandejas receptoras localizadas bajo las cintas transportadoras.

En ese orden de ideas, es útil precisar que la acumulación de partículas de carbón a la que hace referencia la antedicha observación (ICSARA N° 2) se reportó en el complemento a la Línea de Base Marina (agosto 2009) del proyecto en cuestión, específicamente en el Anexo EM-2 de la Adenda N° 1, en su acápite 4.3.4. donde se señaló que el mayor contenido de carbón mineral particulado se registró en una estación de monitoreo contigua al Muelle. Dicha estación (ST-G5), cuyas

coordenadas UTM WGS84 son 279.477E y 6.849.206N registró un valor de **39,63%** de carbón mineral particulado en el sedimento submareal.

Por su parte, en el considerando 8, Tabla SE-16 asociada al plan de seguimiento de sedimentos marinos contenida en la RCA N° 191/2010, se establecieron una serie de parámetros a ser monitoreados para resguardar el medio marino, entre otros el carbón particulado en la estación ST-G5, indicando que éstos deben compararse con la línea de base presentada en el marco de la evaluación del mencionado proyecto, siendo aquella por tanto el estándar de cumplimiento y objetivo del seguimiento ambiental.

Precisado lo anterior, revisados los resultados del PVA asociado al mes de diciembre de 2016 (informe posterior a la fiscalización), estación de monitoreo ST-G5 registra **39,3%** de partículas de carbón mineral, valor ligeramente inferior al reportado en la línea de base del proyecto Unidad 5 Central Térmica Guacolda S.A. cuya RCA dio origen a la obligación infringida.

A mayor abundamiento, el mencionado informe señala que: *“Respecto a la dispersión de los datos, tanto en el estudio de Línea base (agosto de 2009) y la actual campaña (diciembre de 2016), el mayor valor registrado fue de un 39% en la estación ST-G5 denotando un comportamiento similar.”*

Finalmente, es importante considerar que lo que se ha relevado como hecho infraccional es la falta del registro de limpieza del muelle posterior al zarpe de la nave, es decir, la inexistencia de un medio que permita comprobar la ejecución efectiva de una medida de mitigación. Por lo anterior, se debe puntualizar que en esta parte del cargo N°2, no se ha cuestionado propiamente tal la falta de implementación de una medida de mitigación física, en otros términos de una medida que tenga por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos del proyecto o actividad, sino que más bien, a la carencia de un antecedente que tiene por objeto dar cuenta de la implementación de la medida en cuestión, lo que *per sé*, no posee el mérito de generar efectos negativos sobre el medio ambiente.

En el mérito de los antecedentes expuestos, es posible descartar que la falta del registro de limpieza al zarpe de la nave haya tenido efectos sobre el medio marino, toda vez que además de constituir una infracción administrativa y de cumplirse el valor de la línea de base, según dispone la RCA N°191/2010, se ha verificado la

correcta instalación y operación de otras estructuras destinadas a contener la posible caída de carbón al mar, como lo son las bandejas bajo las correas transportadoras, pretil del muelle y las mantaletas en el costado del muelle o naves. Tal como se aprecia en las siguientes fotografías:

Figura 6. Fotografías de estructuras fijas como medida de mitigación a la descarga del material combustible



A. Mantaleta Tolva N°2.

B. Pretil Muelle.

Fuente: Extraído de Complejo Termoeléctrico Guacolda.

6.2.2 Cargo 2b: Encapsulamiento parcial de correa TT1

Los hechos constitutivos de infracción asociados al cargo N°2 letra b, dan cuenta de **“No encapsular en su totalidad las correas transportadoras de combustible en el sector de la torre de transferencia (TT1) en el Muelle de Servicio”**.

En relación con el hecho infraccional, se debe tener presente que el encapsulamiento de las correas transportadoras se establece en el considerando 3.8.4 de la RCA N° 249/2008 y más específicamente en el considerando 7.2.1.a de la RCA N° 191/2010, en particular, en la respuesta 14 de la Adenda N° 2 del EIA del Proyecto “Unidad 5 Central Térmica Guacolda S.A.”, donde se señaló que se utilizarían correas de tipo tubular herméticas que impiden la emisión de material particulado al ambiente.

Tal como se advierte de las obligaciones en cuestión, y como lo confirma el considerando 46 de la Res. Ex. N° 1/ROL D-146-2019 de la SMA, la medida de encapsulamiento de la correa transportadora permite evitar la dispersión del carbón al ambiente durante la operación de descarga de combustible, en específico, su objetivo es la protección del medio marino (comunidades submareales) mitigando la caída de material al mar.

En ese orden de ideas, teniendo presente el objeto de protección y los posibles efectos, se analizó en primer lugar (Tabla 1), el registro anual para el periodo 2016, de las operaciones de descarga de combustible sólido en el Muelle de Servicio de Guacolda, a partir de lo cual, se observa que en dicho periodo 2016, se efectuaron las operaciones de descarga en un total de 160 días, dando un volumen total de 2.126.612 Ton de material sólido combustible descargado.

De la cantidad total de carbón recibido por la Central Termoeléctrica Guacolda, se identifican 8 tipos de carbón (Tabla 2):

Tabla 2. Tipos de Carbón recibidos período 2016

Tipo de Carbón	N° naves (2016)
Cerrejón	6
Invierno	9
Mina Invierno	4
Noble	1
Petcoke	3
Ridley	1
Scota	6
Signal-Peak	2
Total	32

Fuente: Extraído de Complejo Termoeléctrico Guacolda.

Para mayor detalle, se revisaron las propiedades del Carbón (**Tabla 3**), el tipo "Signal Peak" descargado previo al período de monitoreo de sedimentos marinos (3 a 10 de diciembre 2016), asociado al Programa de Vigilancia Ambiental Anual del proceso sancionatorio 2016.

Tabla 3. Composición y granulometría carbón mineral tipo

Parámetros	Unidades	Valor
General		
Humedad total	%	19,8
Contenido de cenizas	%	5,6
Materia volátil	%	31,0
Carbono fijo	%	43,9
Azufre total	%	0,4
Cloro	%	0,01
Flúor	%	0
Tamaño partícula		
Granel tamaño grava (Escala Wentworth ¹)	> 50mm	0,8
	50 – 25 mm	5,7
	25 – 12,5 mm	12,0
	12,5 – 6,3 mm	20,5
	< 6,3 mm	61,0

Fuente: Certificado de Origen "Signal Peak" (descarga dic. 2016).

De acuerdo a los resultados de la Tabla 4, las partículas de carbón corresponden principalmente a tamaños entre 25 y 6,3 mm (Gravas) las que descargaron en el Complejo termoeléctrico Guacolda, y cuentan con un gran porcentaje de humectabilidad, lo que favorece su baja probabilidad de emisión fugitiva que afecte indirectamente al medio ambiente marino.

Además, cabe mencionar que la correa transportadora (sector de la Torre Transferencia TT1) del Muelle del Servicio de Guacolda I, tal como indica el procedimiento CGU-PCC-P-01: "el sistema de correas transportadoras cuenta con cúpulas de encapsulamiento para minimizar las emisiones o caídas directas de combustibles sólidos", por lo que durante las operaciones de descarga de combustible proveniente de una nave se encuentran completamente encapsuladas. Sin embargo, mientras se ejecutan las labores de mantenimiento y limpieza posterior a la descarga, es decir cuando la correa transportadora no se encuentra en operación, se retiran dichas cupulas abatibles, dado que la actividad como tal no implica emisiones fugitivas.

No obstante lo anterior, al no contar evidencias y/o registros de limpieza que den cuenta de dicha actividad posterior al zarpe de la nave durante la Fiscalización en el 2016, se consideró cuantificar las emisiones del Material Particulado

¹Escala Wentworth, de acuerdo a la metodología usada en los PVA.

Sedimentable en el peor escenario para evidenciar posibles efectos en el Medio Marino durante el periodo anual del 2016. Los resultados se acompañan en la Tabla 4.

Tabla 4. Estimación Material Particulado Sedimentable

Correas	FE (kg/h a día)	Longitud (m)	ancho (plg)	Superficie expuesta (ha)	Días de funcionamiento	Emisiones Ton/año
Correa TT1	3,68	5	48	0,00061	160	0,00036

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados evidencian que las estimaciones de emisiones de Material Particulado Sedimentable asociadas al hecho infraccional en estudio corresponden a **0,00036 Ton/año**, lo que corresponde a **0,36 kg/ año**. Es decir, las emisiones producidas por las correas transportadoras sector TT1 para este hecho infraccional no son significativas.

Sin perjuicio de lo anterior, es importante indicar que en el caso de Chile dichas emisiones, no se encuentran reguladas por una norma de emisión, no obstante, para descartar posibles efectos de esta emisión fugitiva pueda generar en el medio ambiente marino, se consideró revisar en específico el carbón particulado y compuestos en carbón, detallado en el siguiente acápite.

6.3 Revisión de calidad de sedimentos marinos del monitoreo del Plan de Vigilancia Ambiental

6.3.1 Sedimentos marinos

Tal como se señaló precedentemente, se consideró revisar dos tipos de análisis, el primero para evaluar la presencia/ausencia de partículas de carbón mineral, mientras que el segundo corresponde a un análisis cristalográfico comparativo, extraído del informe de Monitoreo Anual 2016 asociado a la RCA N° 191/2010 que calificó ambientalmente al proyecto "Unidad 5 Central Térmica Guacolda".

De acuerdo a lo anterior, las actividades de terreno se realizaron el día 13 de diciembre de 2016, donde se tomaron muestras de sedimentos de la estación CG5-

2 (Tabla 5), y una muestra “patrón” del carbón utilizado en las faenas productivas de la Termoeléctrica (Tabla 3).

Tabla 5. Ubicación de la Estación de muestreo de los sedimentos submareales (a 311 m al noreste del Muelle Guacolda)

Estación	Coordenadas Datum WGS84, zona 19	
	UTM ESTE	UTM NORTE
CG5-2	279.777	6.849.384

Fuente: Monitoreo Anual PVA Medio Marino diciembre 2016 (coordenadas efectivas).

Respecto al porcentaje de carbón mineral en el sedimento, el monitoreo anual entregó un valor total de **0,31%** (Tabla 6).

Tabla 6. Carbón Mineral

Estación	Carbón mineral (%)
CG5-2	0,31300

Fuente: Monitoreo Anual PVA Medio Marino diciembre 2016.

Adicionalmente, se consideraron los resultados de la cristalografía del carbón entregados para la estación CG5-2 (Tabla 7.), a partir de lo cual, se observó que si bien existen algunos minerales que están presentes en el carbón de la muestra submareal y en la muestra patrón (carbón mineral utilizado por la Central Termoeléctrica Guacolda), tanto su grupo espacial como los parámetros en red, no son los mismos, observándose diferencias en los picos de difracción e intensidad entre la muestra patrón y la obtenida en la estación CG5-2. Por lo tanto, el análisis del Monitoreo Anual 2016 descartó la similitud de este carbón mineral, con el que fue utilizado por la Central Termoeléctrica Guacolda en el período de muestreo de diciembre 2016 y por consecuencia, posibles efectos ambientales a partir del hecho infraccional.

Tabla 7. Comparación de resultados de los análisis cristalográficos

MUESTRA	MINERALES	SISTEMA CRISTALINO	GRUPO ESPACIAL	PARAMETROS EN RED
CG5-2	Caolinita	Triclinic	P1 (1)	a=5,14 (Å) b=8,93 (Å) y c=7,37 (Å)
	Cuarzo	Hexagonal	P3121 (152)	a=b=4,916 (Å) y c=5,409 (Å)
	Moscovita	N.D.	N.D.	N.D.
PATRON	Caolinita 1A	Triclinic	C1 (0)	a=5,1555 (Å) b=8,9438 (Å) y c=7,4051 (Å)
	Cuarzo, syn	Hexagonal	P3221 (154)	a=b=4,9134 (Å) y c=5,4053 (Å)
	Moscovita	Monoclinic	C2/c (15)	a=5,2 (Å) b=9,021 (Å) y c=20,07 (Å)

N.D.: No Detectado

Fuente: Monitoreo PVA Anual Medio Marino diciembre 2016.

Sin perjuicio de lo anterior, y para descartar todo posible efecto asociado a la operación de la Central y al hecho infraccional, se analizó la granulometría reportada en los sedimentos marinos del Monitoreo Semestral de diciembre del 2016 del Programa de Vigilancia Ambiental que lleva a cabo la Central Termoeléctrica de Guacolda de las Unidades 1, 2, 3, 4 y 5, para el cumplimiento de lo señalado en la Resolución Exenta N° 044 del 21 de febrero de 2014 de la Comisión de Evaluación de la Región de Atacama, y los compromisos asumidos en las RCAs previas.

Los sedimentos marinos en la campaña de diciembre de 2016 presentaron una granulometría principalmente de arenas (Tabla 7), a diferencia de la muestra patrón de carbón de la Termoeléctrica Guacolda que se compone de gravas, toda vez que, de acuerdo al Carbón utilizado por la Central, éste se compone de partículas de carbón de tamaños entre 25 y 6,3 mm, que corresponden a Gravas.

Tabla 7. Composición granulométrica de la estación CGG-2(Muestra, M y Réplica, R) de los sedimentos submareales (en %)

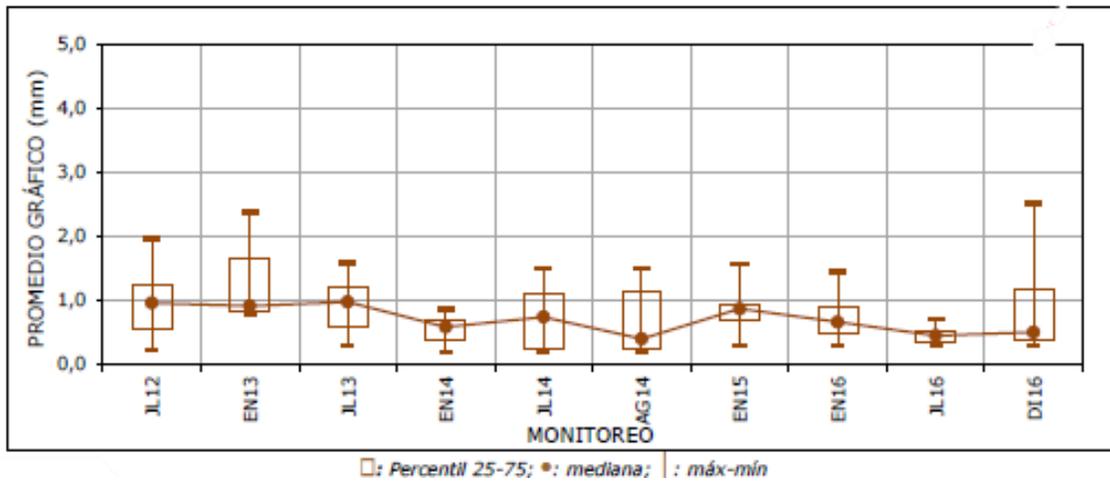
Estación	CMF	AMG	AG	AM	AF	AMF	LA
CG5-2 - M	0	0	49,038	25,415	19,597	4,493	1,457
CG5-2 - R	0	0	48,725	24,806	20,316	4,604	1,549

Fuente: Monitoreo Semestral Medio Marino diciembre, Oikos, 2016. CMF, cascajo muy fino; AMG, arena muy gruesa; AG, arena gruesa; AM, arena mediana; AF, arena fina; AMF, arena muy fina; LA, limo-arcilla.

Respecto a la tendencia temporal de la granulometría en el sedimento marino (Figura 7), se pudo constatar que, durante el periodo comprendido entre julio de 2012 y diciembre de 2016, los registros de promedio (mediana) mostraron una importante presencia de arenas gruesas y muy gruesas en el área de monitoreo

(Percentil 25: 0,50 mm y Percentil 75: 1,17 mm). En este contexto los resultados obtenidos en la campaña de diciembre de 2016 presentaron una composición granulométrica similar a lo observado en 2013, 2015 y 2016.

Figura 7. Fluctuaciones temporales de los sedimentos marinos



Fuente: Monitoreo Semestral Medio Marino diciembre 2016. Oikos, 2016.

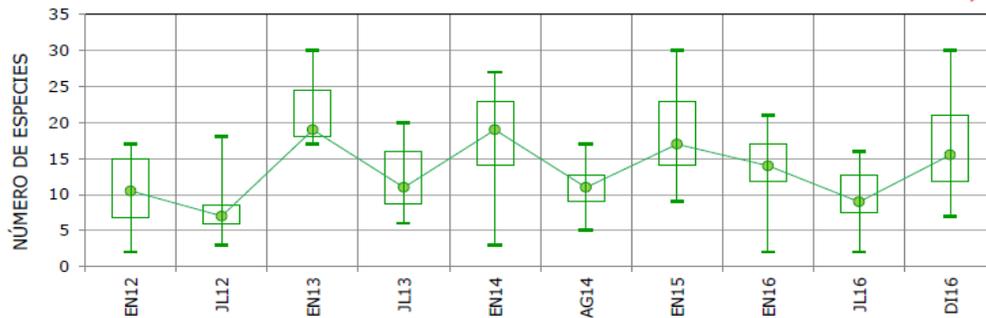
6.3.2 Macrofauna Submareal de Fondos Blandos

Número de Especies

En el plano temporal, desde enero de 2012 a diciembre de 2016, la tendencia central (mediana) de este índice tiende a ubicarse entre 5 y 20 especies, registrando un ligero aumento durante los meses de enero de 2013, enero de 2014 y enero de 2015 (Figura 8). Para diciembre de 2016, se observó un compartimiento similar, reportando un aumento en el valor de mediana (16 taxa) respecto a enero de 2016 (+10%).

Es importante señalar, que los resultados obtenidos en la presente campaña fueron similares a los reportados en enero de 2014 (mediana: 19 taxa), enero de 2015 (mediana: 17 taxa) y enero de 2016 (mediana: 14 taxa), manteniéndose dentro de sus respectivos rangos históricos.

Figura 8. Número de especies de macrofauna submareal de fondos blandos



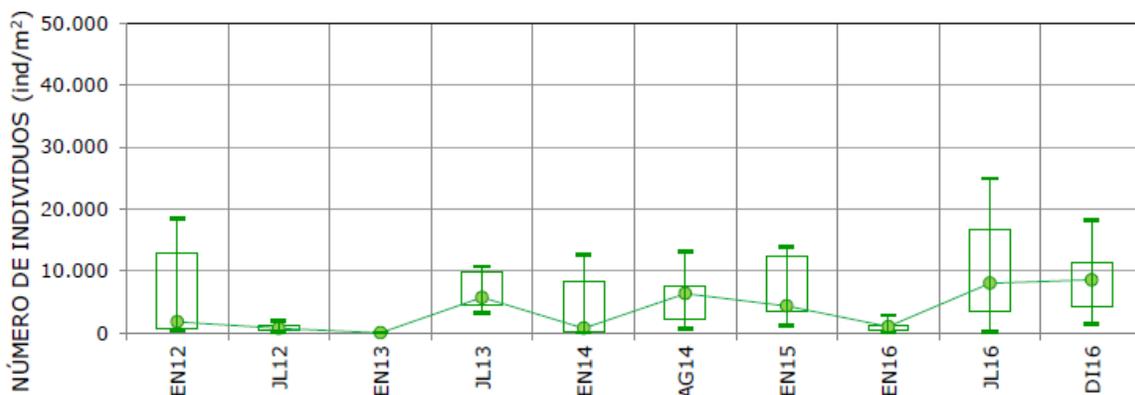
Fuente: Monitoreo Semestral Medio Marino diciembre 2016. Oikos, 2016.

Número de Individuos

En la campaña de diciembre de 2016 se registró un ligero aumento en el valor de mediana respecto a julio de 2016, pasando de 8.021 ind/m² a 8.552 ind/m² con una variación cercana al 6%. En comparación a lo observado en la misma época del año, los actuales resultados revelaron una tendencia central (mediana) similar a la reportada en diciembre de 2011 (7.666 ind/m²).

En consecuencia, el número de individuos registrado en el área de monitoreo (8.552 ind/m²) se mantuvo dentro de sus respectivas fluctuaciones temporales y no difieren de lo observado en diciembre de 2011. Lo anterior puede ser visto en la Figura 9.

Figura 9. Número de individuos de macrofauna submareal de fondos blandos



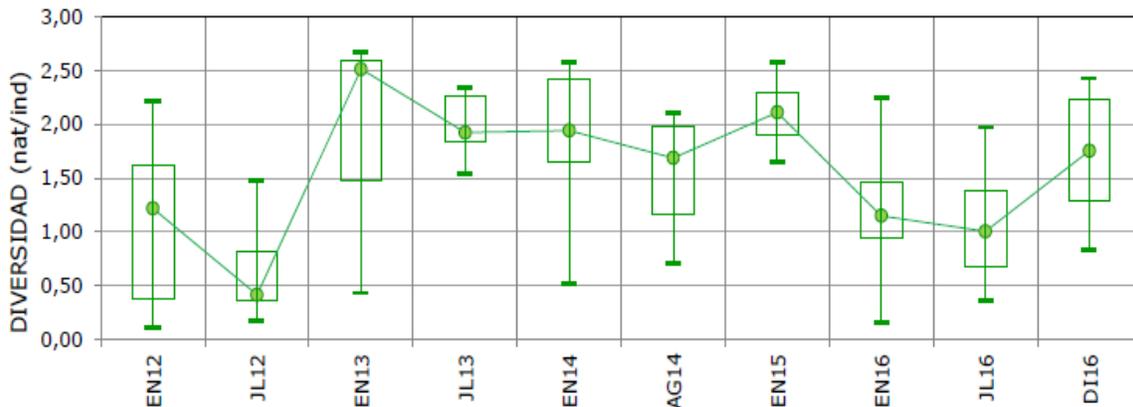
Fuente: Monitoreo Semestral Medio Marino diciembre 2016. Oikos, 2016.

Diversidad Específica

Históricamente, la tendencia central (mediana) de la diversidad específica ha presentado niveles moderados (entre 1,2 nat/ind y 2,0 nat/ind) en el área de monitoreo. En la campaña de diciembre de 2016 se observó un ligero aumento en el valor de mediana pasando de 1,01 nat/ind a 1,75 nat/ind, con una diferencia equivalente a un +42%.

En cuanto a lo reportado para la misma época del año, los presentes resultados fueron similares a los observados en enero de 2014 (1,94 nat/ind) y enero de 2015 (2,11 nat/ind), denotando niveles moderados de diversidad dentro del área de monitoreo (Figura 10).

Figura 10. Diversidad específica de macrofauna submareal de fondos blandos



Fuente: Monitoreo Semestral Medio Marino diciembre 2016. Oikos, 2016.

7 DETERMINACION DE EFECTOS AMBIENTALES

En relación a los hechos constitutivos de infracción asociados al cargo N°2 letra a, que dan cuenta de “No contar con el registro de la actividad de limpieza del sistema de descarga posterior al zarpe”, se fundó con que la falta de registro de limpieza del muelle posterior al zarpe de la nave, que tiene como objeto dar cuenta de la implementación de las medidas de mitigación establecidas, no posee el mérito por sí mismo de generar efectos negativos sobre el medio ambiente.

Los hechos constitutivos de infracción asociados al cargo N°2 letra b, que dan cuenta de “No encapsular en su totalidad las correas transportadoras de

combustible en el sector de la torre de transferencia (TT1) en el Muelle de Servicio" aun cuando los procedimientos de mantenimiento y limpieza que cuenta la Central Termoeléctrica Guacolda consideran la descarga de combustible sólido con las correas completamente encapsuladas. Sin perjuicio de lo anterior, y dado que durante la fiscalización se constató un tramo sin la cobertura, se cuantificaron las emisiones de Material Particulado Sedimentable, que en su peor escenario podría generar contaminación al medio marino, lo que evidenciaron que los resultados fueron poco significativos.

Cabe señalar que, dado que no existe normativa de referencia para los límites de partículas de carbón en el medio marino, se contrastó esta información con el análisis cristalográfico del carbón mineral, para detectar si existe presencia en el sedimento marino del carbón utilizado por el Complejo Termoeléctrico Guacolda, en tal caso, se pudo constatar que no existía correlación alguna.

A mayor abundamiento, los análisis de los monitoreos en el fondo marino asociado a los Programas de Vigilancia Ambiental 2016, revelaron que los sedimentos submareales contenían un predominio de arenas en el área de monitoreo, con resultados que se mantuvieron dentro de sus respectivas fluctuaciones temporales. A diferencia del carbón mineral proporcionado por Guacolda Energía S.A., que predomina tamaños de partícula superior (gravas).

Así mismo, los principales parámetros ecológicos relacionados con las comunidades bentónicas de fondos blandos (principales receptores de efectos generados por variaciones en condiciones ambientales) se comportaron dentro de los rangos históricos, no mostrando variaciones que puedan ser atribuibles a causas antrópicas.

En conformidad a lo expuesto precedentemente, el análisis efectuado permite señalar que, respecto del hecho infraccional asociado a los Considerando N° 3.8.4. de la RCA N° 249/2008 y Considerandos N° 7.2.1.a y N° 7.2.3. de la RCA N° 191/2010, de las RCA N° 191/2010 y la RCA N° 249/2008, **no existe afectación del objeto de protección, en este caso, el Ecosistema Marino.**

8 CONCLUSIONES

En conformidad a lo expuesto en los acápites anteriores, el análisis efectuado permite concluir que, si bien no se contó con el registro de limpieza, éste no generó efectos por sí solo sobre el medio marino, toda vez que: (i) analizados los informes de seguimiento no se aprecian alteraciones respecto de los estándares de cumplimiento, y (ii) se ha verificado la correcta instalación y operación de otras estructuras destinadas a contener la posible caída de carbón al mar. Así mismo, para la correa transportadora en el sector TT1, a pesar de que existen procedimientos operacionales de descarga de combustible que ordenan mantener completamente encapsulada las correas transportadoras durante las actividades susceptibles de generar emisiones, vale decir, la operación de descarga, la cuantificación de Material Particulado Sedimentable evidenció que, ante la posible implementación parcial de esta medida de mitigación, ello no generaría efectos adversos sobre la calidad del sedimento y comunidades submareales, toda vez que los resultados de los monitoreos del Programa de Vigilancia Ambiental no mostraron variaciones significativas en los períodos analizados, por lo cual, el objeto de protección no fue vulnerado.

Lo anterior permite rechazar la hipótesis de generación de efectos, como resultados de los hechos infraccionales analizados.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cárcamo P., Cortés M., Ortega L., Squeo F., Gaymer C. (2011). Crónica de un conflicto anunciado: Tres centrales termoeléctricas a carbón en un hotspot de biodiversidad de importancia mundial. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84, 171-180.
- Directemar, Armada de Chile (2010). Informe Final Programa Conpacse. 179 pp.
- OIKOS CHILE S.A. (2016) Programa Plan de Vigilancia Ambiental del Medio Marino, Guacolda Energía – Unidades 1, 2, 3, 4, 5. Campaña 2, diciembre 2016. 318 pp.
- OIKOS CHILE S.A. (2016) Programa Plan de Vigilancia Ambiental del Medio Marino, Guacolda Energía – Unidad 5. Campaña 1, diciembre 2016. 26 pp.
- Ministerio del Medio Ambiente (2014) Guía de buenas prácticas en el almacenamiento, transporte y manipulación de graneles sólidos en instalaciones industriales, 68 pp.
- Valdés, J, Castillo A. (2014). Evaluación de la calidad ambiental de los sedimentos marinos en el sistema de bahías de Caldera (27°S), Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research* 42(3): 497-513.