

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CENTRAL TÉRMICA ESMERALDAS I

ELABORACIÓN



2026



ÍNDICE

ÍNDICE.....	2
ÍNDICE DE TABLAS.....	3
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	4
CAPITULO VI: ÁREAS DE INFLUENCIAS Y ÁREAS SENSIBLES	5
6.1 ÁREAS DE INFLUENCIAS	6
6.1.1 ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA	6
6.1.1.1 ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL MEDIO FÍSICO (ABIÓTICO)	6
6.1.1.2 ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL MEDIO BIÓTICO	58
6.1.1.3 ÁREA DE INFLUENCIA SOCIAL DIRECTA	61
6.1.2 ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	63
6.1.2.1 ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA DEL MEDIO FÍSICO (ABIÓTICO) 63	
6.1.2.2 ÁREA DE INFLUENCIA BIÓTICA INDIRECTA.....	76
6.1.2.3 ÁREA DE INFLUENCIA SOCIAL INDIRECTA.....	80
6.2 SENSIBILIDAD AMBIENTAL	81
6.2.1 SENSIBILIDAD DEL MEDIO FÍSICO (ABIÓTICO)	81
6.2.1.1 LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS	81
6.2.1.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD FÍSICA.....	83
6.2.2 SENSIBILIDAD DEL MEDIO BIÓTICO	85
6.2.2.1 CRITERIOS METODOLÓGICOS	86
6.2.2.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD BIÓTICA	91
6.2.3 SENSIBILIDAD DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO	94
6.2.3.1 LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS	94
6.2.3.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD SOCIAL.....	98
6.2.3.3 ELEMENTOS SENSIBLES	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6.1: Datos para calcular la distancia de atenuación del ruido.....	9
Tabla 6.2: Datos para simulación de la atenuación del ruido	11
Tabla 6.3: Distancia de atenuación del ruido	11
Tabla 6.4: Resultados del modelamiento de la dispersión del ruido ambiente en el escenario 1.....	12
Tabla 6.5: Resultados del modelamiento de la dispersión del ruido ambiente en el escenario 2.....	13
Tabla 6.6: Constantes empíricas para los parámetros de dispersión	17
Tabla 6.7: Criterios para determinar la estabilidad atmosférica.....	17
Tabla 6.8: Constante del exponente del perfil del viento.....	18
Tabla 6.9: Índice de calidad del aire.....	19
Tabla 6.10: Datos de entrada para el desarrollo de la Ec. 6.7.....	20
Tabla 6.11: Datos de entrada para el desarrollo de la Ec. 6.6.....	20
Tabla 6.12: Flujo masico de los contaminantes atmosféricos.....	21
Tabla 6.13: Datos de entrada para la modelación gaussiana	21
Tabla 6.14: Superficie ocupada los contaminantes atmosféricos en el AID	24
Tabla 6.15: AID total del componente Aire.....	25
Tabla 6.16: Monitoreos estudiados para la modelación.....	30
Tabla 6.17: Características del método de modelado	33
Tabla 6.18: Resultados del monitoreo para pH.....	35
Tabla 6.19: Resultados del monitoreo para temperatura.....	38
Tabla 6.20: Resultados del monitoreo para metales pesados.....	42
Tabla 6.21: Resultados del monitoreo para fenoles.....	43
Tabla 6.22: Resultados del monitoreo para TPH	45
Tabla 6.23: AID total del medio físico.....	58
Tabla 6.24: AID para la flora	59
Tabla 6.25: AID para fauna terrestre	59
Tabla 6.26: AID para fauna acuática	60
Tabla 6.27: Resumen del AID para el medio biótico	60
Tabla 6.28: Predios que colindan con el área de implantación del proyecto	62
Tabla 6.29: Área de Influencia Social Directa.....	62
Tabla 6.30: Datos para calcular la distancia de atenuación del ruido en el AII	65
Tabla 6.31: Datos para simulación de la atenuación del ruido en el AII ...	66
Tabla 6.32: Distancia de atenuación del ruido para el AII	66
Tabla 6.33: Resultados del modelamiento de la dispersión del ruido ambiente en el AII	67
Tabla 6.34: Superficie del AII Aire por dispersión de contaminantes.....	69
Tabla 6.35: AII Aire (Total).....	70
Tabla 6.36: Datos de entrada para la aplicar la Ec. 6.24.....	74
Tabla 6.37: AII total del medio físico.....	75
Tabla 6.38: Efecto borde para la flora	76
Tabla 6.39: Criterios para la definición del AII fauna terrestre	78
Tabla 6.40: Resumen del AII del medio biótico	79

Tabla 6.41: Área de Influencia Social Indirecta	80
Tabla 6.42: Criterios de degradación ambiental	82
Tabla 6.43: Criterios de tolerancia ambiental.....	82
Tabla 6.44: Grados de la sensibilidad ambiental del medio físico.....	83
Tabla 6.45: Sensibilidad ambiental del aire	83
Tabla 6.46: Sensibilidad ambiental del suelo	84
Tabla 6.47: Sensibilidad ambiental del agua.....	85
Tabla 6.48: Sensibilidad ambiental del medio físico	85
Tabla 6.49: Grados de la sensibilidad biótica general	86
Tabla 6.50: Criterios para determinar la sensibilidad biótica.....	88
Tabla 6.51: Tipos de sensibilidad biótica	90
Tabla 6.52: Caracterización de los grados de sensibilidad biótica	90
Tabla 6.53: Tipo de sensibilidad del medio acuático.....	91
Tabla 6.54: Determinación de la sensibilidad biótica general	92
Tabla 6.55: Sensibilidad biótica de especies	93
Tabla 6.56: Sensibilidad biótica de la fauna acuática.....	93
Tabla 6.57: Rango de sensibilidad socioeconómica	95
Tabla 6.58: Variable de la sensibilidad socioeconómica.....	96
Tabla 6.59: Ponderación de las variables de la sensibilidad socioeconómica	97
Tabla 6.60: Determinación de la sensibilidad socioeconómica general.....	99
Tabla 6.61: Elementos sociales sensibles.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 6.1: Nivel de ruido y afectación a la salud	8
Ilustración 6.2: Comportamiento de la contaminación acústica en el escenario 1	13
Ilustración 6.3: Comportamiento de la contaminación acústica en el escenario 2	14
Ilustración 6.4: Esquema del modelamiento de los contaminantes atmosféricos	18
Ilustración 6.5: Comportamiento del contaminante SO ₂	22
Ilustración 6.6: Comportamiento del contaminante NO _x	23
Ilustración 6.7: Comportamiento del contaminante CO	24
Ilustración 6.8: Comportamiento del contaminante MP	24
Ilustración 6.9: Comportamiento del pH a lo largo del río	46
Ilustración 6.10: Comportamiento de la temperatura a lo largo del río ..	47
Ilustración 6.11: Comportamiento del DQO a lo largo del río	48
Ilustración 6.12: Matriz de riesgo por hierro	52
Ilustración 6.13: Matriz de riesgo por cromo	52
Ilustración 6.14: Matriz de riesgo por cobre	53
Ilustración 6.15: Matriz de riesgo por plomo	53
Ilustración 6.16: Matriz de riesgo por zinc	54
Ilustración 6.17: Comportamiento de fenoles a lo largo del río.....	55
Ilustración 6.18: Comportamiento de TPH a lo largo del río	56
Ilustración 6.19: Comportamiento del ruido en el AII	68

CAPÍTULO
6

ÁREAS DE INFLUENCIAS Y ÁREAS SENSIBLES

Un área de influencia es el ámbito espacial afectado por un proyecto, mientras que un área sensible es un área dentro de esa zona de influencia que es especialmente vulnerable a los impactos del proyecto debido a sus características ambientales o sociales.

6.1 ÁREAS DE INFLUENCIAS

El Área de Influencia de la CTE I relaciona de forma integral la dinámica de los componentes ambientales frente a los elementos de presión que podrían generar impactos ambientales y/o pasivos ambientales durante las diferentes fases.

6.1.1 ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA

El área de influencia directa fue determinada para el medio físico, medio biótico y medio socioeconómico.

6.1.1.1 ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL MEDIO FÍSICO (ABIÓTICO)

El área de AID del medio físico fue establecida en función de las posibles afectaciones de los componentes del medio físico, de la siguiente forma:

A. AID SUELO

El área de influencia directa para el recurso suelo comprende el espacio geográfico afectado de manera directa por las actividades operativas de la CTE I.

→ LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS

Las afectaciones al componente suelo se caracterizan por presentar un alcance espacial puntual, circunscrito al sitio donde se genera la fuente de impacto. En este contexto el AID Suelo considero las áreas intervenidas por la CTE I y para lo cual se ejecutaron las siguientes actividades:

- Revisión integral de las actividades contempladas en el proyecto.
- Identificación y caracterización de las facilidades e infraestructura de la CTE I, conforme a lo descrito en el Capítulo 1 del presente instrumento.
- Análisis del diagnóstico ambiental del componente suelo, desarrollado en el Capítulo 4.

→ DESARROLLO

En función de los criterios metodológicos se consideró como AID del componente suelo **10,99 Ha** que corresponde al espacio geográfico utilizado por el área de implantación de la CTE I. La delimitación y representación cartográfica del AID Suelo se presentan en el **Anexo 04. Cartografía\Carpetas Mapas\43 Mapa Áreas de Influencia Directa Física Suelo.**

B. AID RUIDO

El ruido definido como un sonido no deseado y que causa molestia, siendo un tipo de vibración que puede conducirse a través de sólidos, líquidos o gases. En una forma de energía generalmente en el aire, vibraciones invisibles que entran al oído y crean una sensación.

En América Latina la contaminación acústica ha tenido un crecimiento en aumento provocando focos de contaminación acústica muy ruidosa, estos ruidos resultan más impactantes al medio ambiente en comparación a otros contaminantes, influyendo en cambios, trastornos en la salud humana y en la biodiversidad siendo cada vez más importantes según Delgado et al., (2019).

→ LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS

Para determinar el radio de influencia por el ruido, se analizó un escenario teórico de la dispersión y atenuación con respecto a la distancia entre el receptor y la fuente emisora. Para calculo se tomó en consideración el escenario que prevea una mayor afectación a los receptores.

• CALCULO DE LA DISTANCIA DE ATENUACIÓN

Para determinar el radio de influencia por la dispersión del ruido emitido por la CTE I se aplicó la siguiente ecuación de la ley de atenuación para fuentes puntuales:

$$L_w = L_p + 20 \log(d) + 11 \quad \text{Ec. 6.1}$$

Donde:

- **L_w**: Niveles de presión sonora en la fuente (dB A).
- **L_p**: Niveles de presión sonora a la distancia de atenuación (dB A).
- **d**: Distancia de atenuación (m).

Para poder calcular la distancia de atenuación de ruido se realizó un despeje a partir de la Ec. 6.1, obteniendo la siguiente ecuación:

$$d = 10^{\left(\frac{L_w - L_p - 11}{20}\right)} \quad \text{Ec. 6.2}$$

Como complemento para poder esquematizar el comportamiento del ruido en función de la distancia, se realizó cálculos en una tabla de Excel aplicando la siguiente expresión matemática obtenida a partir de la Ec. 6.1:

$$L_p = L_w - 20 \log(d) - 11 \quad \text{Ec. 6.3}$$

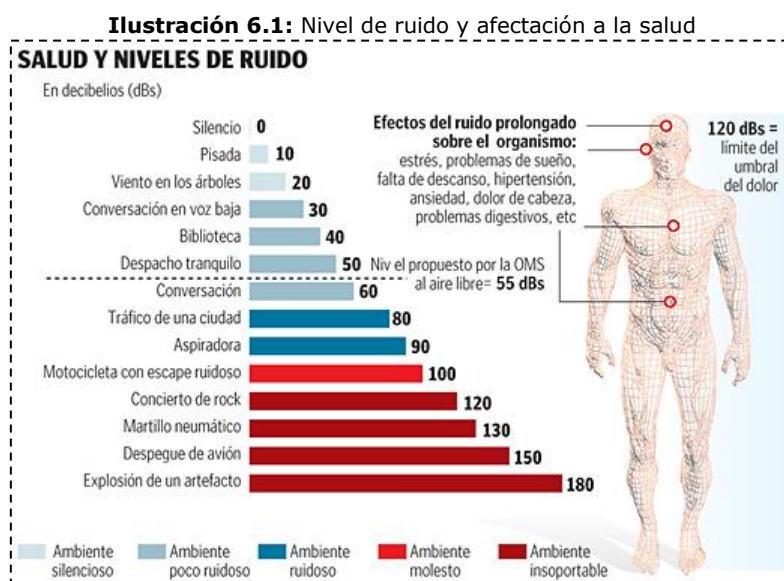
• CRITERIO PARA DELIMITAR EL AID RUIDO

La delimitación del área de AID Ruido fue realizada en 2 escenarios. El escenario 1 fue en función del nivel máxima de emisión de ruido para FFR y el escenario 2 fue en función de la afectación a la salud humana.

Escenario 1: En la Tabla 1 del Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A, se establecen los niveles máximos de emisión de ruido (NME) ambiental en función del uso del suelo. En este contexto, conforme a lo señalado en el Capítulo 4.1, correspondiente a la Línea Base Física, el área de implantación de la CTE I se encuentra ubicada dentro de una zonificación de uso **industrial**. Para esta categoría de uso de suelo, la normativa establece un nivel máximo de emisión de **70 dB durante el período diurno y 65 dB durante el período nocturno**.

Es importante mencionar que aproximadamente a unos 50 m hacia el este, se localiza asentamientos humanos como el barrio 50 Casas, lo cual están influenciados de manera directa por el ruido emitido en la CTE I. En este sentido el uso del suelo en esta zona es **residencial**, cuyos niveles máximos de emisión de ruido establecido en la normativa es de **55 dB durante el período diurno y 45 dB durante el período nocturno**, por tanto, estos valores constituyen los criterios para el escenario 1 ya que es el nivel de emisión con mayor restricción tipificado en la normativa.

Escenario 2: En este escenario se utilizó como criterio la relación entre el ambiente y los niveles de ruido emitidos según lo expuesto por Ceja en el 2015 tal como se muestra en la siguiente ilustración:



Fuente: Ceja (2015)

La ilustración muestra la clasificación del ambiente en 5 categorías de acuerdo con el nivel del ruido percibido por los receptores como son:

- Ambiente silencioso (0 a 20 dB).
- Ambiente poco ruidoso (30 a 50 dB).
- Ambiente ruidoso (60 a 90 dB).
- Ambiente molesto (100 a 120 dB)
- Ambiente insoportable (130 a 180 dB).

Bajo este contexto se utilizó como criterio para calcular la distancia de atenuación **30 dB** que según lo expuesto por Ceja (2015) el ambiente es categorizado como poco ruidoso, además este criterio se alinea con el principio preventivo ambiental, implícito en la legislación y garantiza la protección de la salud y confort acústico de los receptores.

• **DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA**

La delimitación del área AID Ruido, fue mediante el uso de herramientas de SIG (software ArcGIS 10,8) y como criterio para obtener el buffer a partir del perímetro del área de implantación de la CTE I se utilizó el resultado que representa el mayor impacto acústico sobre los receptores del área de estudio

→ **DESCRIPCIÓN**

• **CÁLCULOS DE LA DISTANCIA DE ATENUACIÓN**

Los datos de entrada para el cálculo de la distancia de atenuación mediante la Ec. 6.2 se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 6.1: Datos para calcular la distancia de atenuación del ruido

Variable	Dato	Justificación
L _w	71,90 dB	Corresponde al valor más alto reportado en los informes muestreo realizado para el periodo diurno entre el año 2023 y 2024 y se encuentra descrito en la Tabla 4.55 y Tabla 4.56 del Capítulo 4 del presente estudio. Los informes de muestreo del ruido se encuentran adjuntos en el Anexo 04. Cartografía\Carpetas Mapas\26 Mapa Muestreo Físico Ruido Ambiental .
	79,20 dB	Corresponde al valor más alto reportado en los informes muestreo realizado para el periodo nocturno entre el año 2023 y 2024 y se encuentra descrito en la Tabla 4.55 y Tabla 4.56 del Capítulo 4 del presente estudio. Los informes de muestreo del ruido se encuentran adjuntos en el Anexo 04. Cartografía\Carpetas Mapas\26 Mapa Muestreo Físico Ruido Ambiental .

Variable	Dato	Justificación
L_p	55 dB	NME de ruido para el periodo diurno según el uso del suelo residencial. Este criterio fue utilizado en el escenario 1.
	45 dB	NME de ruido para el periodo nocturno según el uso del suelo residencial. Este criterio fue utilizado en el escenario 1.
	30 dB	Corresponde al criterio utilizado en el escenario 2 con el fin de que la distancia de atenuación garantice un ambiente poco ruidoso y no afecte a la salud de los receptores en especial a la población del barrio 50 Casas.

Elaboración: CAEESCOM (2024)

El cálculo de la distancia de atenuación mediante la Ec. 6.2 para el escenario 1 en el periodo diurno a se observa a continuación.

$$d = 10^{\left(\frac{71,90 \text{ dB} - 55,00 \text{ dB} - 11}{20}\right)}$$

$$d = 1,97 \text{ m} = 2,00 \text{ m}$$

El cálculo de la distancia de atenuación mediante la Ec. 6.2 para el escenario 1 en el periodo nocturno a se observa a continuación.

$$d = 10^{\left(\frac{79,20 \text{ dB} - 45,00 \text{ dB} - 11}{20}\right)}$$

$$d = 14,13 \text{ m} = 15,00 \text{ m}$$

El cálculo de la distancia de atenuación mediante la Ec. 6.2 para el escenario 2 en el periodo diurno a se observa a continuación.

$$d = 10^{\left(\frac{71,90 \text{ dB} - 30,00 \text{ dB} - 11}{20}\right)}$$

$$d = 35,08 \text{ m} = 40,00 \text{ m}$$

El cálculo de la distancia de atenuación mediante la Ec. 6.2 para el escenario 2 en el periodo nocturno a se observa a continuación.

$$d = 10^{\left(\frac{79,20 \text{ dB} - 30,00 \text{ dB} - 11}{20}\right)}$$

$$d = 79,43 \text{ m} = 80,00 \text{ m}$$

Los datos de entrada que se utilizó para poder calcular el comportamiento del ruido emitido por la fuente con la ayuda de la Ec. 6.3 se describen en la siguiente tabla:

Tabla 6.2: Datos para simulación de la atenuación del ruido

Variable	Dato	Justificación
L _w	71,90 dB	De acuerdo los resultados de los monitoreos del ruido diurno realizados entre el año 2023 y 2024, los 71,90 dB es el valor más alto reportado, por lo cual fue considerado como el escenario de mayor afectación.
	79,20 dB	De acuerdo los resultados de los monitoreos del ruido nocturno realizados entre el año 2023 y 2024, los 79,20 dB es el valor más alto reportado, por lo cual fue considerado como el escenario de mayor afectación.
d	0 a 100 m	Los cálculos fueron realizados cada metro de distancia para el escenario 1 y cada 5 metros de distancia para el escenario 2. La distancia 0 corresponde al ruido emitido por la fuente y se consideró como valor base para los cálculos.

Elaboración: CAEESCOM (2026)

Los respaldos de los cálculos de la distancia de atenuación y el comportamiento del ruido según la distancia se encuentran en el [Anexo 15. Determinación de áreas de influencias\01 AID Ruido.](#)

• ANÁLISIS

En base a los cálculos realizados con la Ec. 6.2, se determinó que la distancia requerida para la atenuación del ruido emitido por la CTE I a partir del perímetro del área de implantación en el escenario 1 durante el periodo diurno es de **1,97 m** y **14,13 m** para el periodo nocturno. En el escenario 2 durante el periodo diurno se requiere **35,08 m** y **79,43 m** durante el periodo nocturno.

Tabla 6.3: Distancia de atenuación del ruido

Periodo	Distancia de atenuación	
	Escenario 1	Escenario 2
Diurno	1,97 m (2,00 m)	35,08 m (40,00 m)
Nocturno	14,13 (15,00 m)	79,43 m (80,00 m)

Elaboración: CAEESCOM (2026)

En la siguiente tabla se presenta el comportamiento del ruido obtenido mediante la Ec. 6.3 para el **escenario 1**. Los datos demuestran que el nivel de presión sonora emitido por la CTE I disminuye a medida que los receptores se alejan de la fuente. Este comportamiento se debe a la atenuación geométrica, donde la energía acústica se distribuye en un área cada vez mayor a medida que la onda esférica se propaga, sumado a la absorción natural del aire y el efecto del terreno.

Tabla 6.4: Resultados del modelamiento de la dispersión del ruido ambiente en el escenario 1

Distancia	Periodo		Observación
	Diurno	Nocturno	
0 m	71,90 dB	79,00 dB	Emisión de ruido por FER
1 m	60,90 dB	68,00 dB	
2 m	54,88 dB	61,98 dB	Distancia que permite cumplir con el criterio (55 dB) establecido en el escenario 1 durante el periodo diurno.
3 m	51,36 dB	58,46 dB	
4 m	48,86 dB	55,96 dB	
5 m	46,92 dB	54,02 dB	
6 m	45,34 dB	52,44 dB	
7 m	44,00 dB	51,10 dB	
8 m	42,84 dB	49,94 dB	
9 m	41,82 dB	48,92 dB	
10 m	40,90 dB	48,00 dB	
11 m	40,07 dB	47,17 dB	
12 m	39,32 dB	46,42 dB	
13 m	38,62 dB	45,72 dB	
14 m	37,98 dB	45,08 dB	
15 m	37,38 dB	44,48 dB	Distancia que permite cumplir con el criterio (45 dB) establecido en el escenario 1 durante el periodo nocturno.
16 m	36,82 dB	43,92 dB	
17 m	36,29 dB	43,39 dB	
18 m	35,79 dB	42,89 dB	
19 m	35,32 dB	42,42 dB	
20 m	34,88 dB	41,98 dB	

Elaboración: CAEESCOM (2026)

La siguiente ilustración esquematiza los datos anteriores y demuestra la distancia requerida para el cumplimiento del criterio de 55 dB para el periodo diurno y 45 dB para el periodo nocturno. En el diurno, el ruido alcanza los **54,88 dB** a 2 metros de distancia, mientras que en el nocturno disminuye a **44,48 dB** a los 15 metros.

Ilustración 6.2: Comportamiento de la contaminación acústica en el escenario 1



Elaboración: CAEESCOM (2026)

En la siguiente tabla se presenta el comportamiento del ruido obtenido mediante la Ec. 6.3 para el **escenario 2**. Los datos demuestran que el nivel de presión sonora emitido por la CTE I disminuye a medida que los receptores se alejan de la fuente.

Tabla 6.5: Resultados del modelamiento de la dispersión del ruido ambiente en el escenario 2

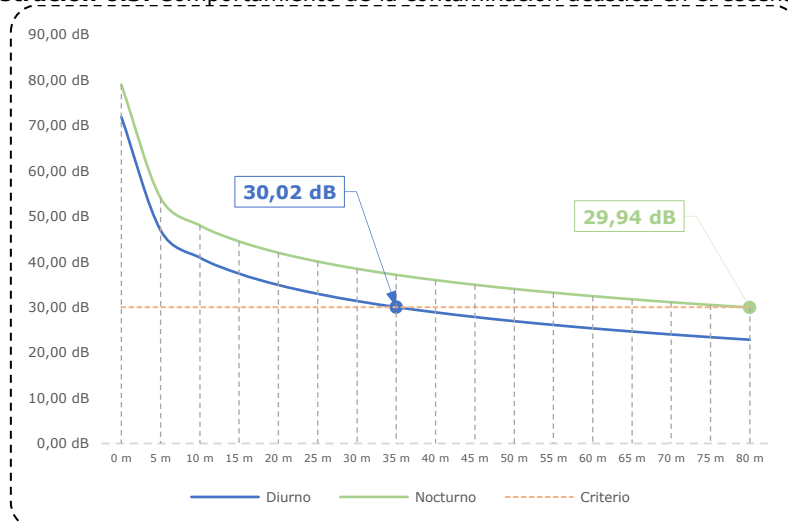
Distancia	Periodo		Observación
	Diurno	Nocturno	
0 m	71,90 dB	79,00 dB	Emisión de ruido por FER
5 m	46,92 dB	54,02 dB	
10 m	40,90 dB	48,00 dB	
15 m	37,38 dB	44,48 dB	
20 m	34,88 dB	41,98 dB	
25 m	32,94 dB	40,04 dB	
30 m	31,36 dB	38,46 dB	
35 m	30,02 dB	37,12 dB	
40 m	28,86 dB	35,96 dB	Distancia que permite cumplir con el criterio (30 dB) establecido para el escenario 2 para el periodo diurno.
45 m	27,84 dB	34,94 dB	
50 m	26,92 dB	34,02 dB	
55 m	26,09 dB	33,19 dB	
60 m	25,34 dB	32,44 dB	
65 m	24,64 dB	31,74 dB	
70 m	24,00 dB	31,10 dB	
75 m	23,40 dB	30,50 dB	
80 m	22,84 dB	29,94 dB	Distancia que permite cumplir con el criterio (30 dB) establecido para el escenario 2 durante el periodo nocturno.

Distancia	Periodo		Observación
	Diurno	Nocturno	
85 m	22,31 dB	29,41 dB	
90 m	21,82 dB	28,92 dB	
95 m	21,35 dB	28,45 dB	
100 m	20,90 dB	28,00 dB	

Elaboración: CAEESCOM (2026)

Los datos de la tabla anterior se esquematizan en la siguiente ilustración. Allí se evidencia que, durante el periodo diurno, el nivel de ruido a 40 metros de distancia es de **28,86 dB**, situándose por debajo del límite de 30 dB. Asimismo, en el periodo nocturno a 80 metros, el ruido disminuye a **29,94 dB**, cumpliendo también con el criterio establecido.

Ilustración 6.3: Comportamiento de la contaminación acústica en el escenario 2



Elaboración: CAEESCOM (2026)

• DEFINICIÓN DEL AID RUIDO

Para la delimitación cartográfica del AID de ruido, se seleccionó la distancia calculada para el escenario 2 durante el periodo nocturno (80,00 m), debido a que representa el mayor impacto acústico sobre los receptores del área de estudio. Bajo este criterio, el AID de ruido ocupa una superficie total de **15,93 Ha**. El mapa que representa el AID Ruido se encuentra en el **Anexo 04. Cartografía\Carpetas Mapas\44 Mapa Áreas de Influencia Directa Física Ruido**.

C. AID AIRE

El Área de Influencia Directa (AID) del componente aire corresponde al espacio atmosférico susceptible de ser afectado por las actividades desarrolladas en la Central Térmica Esmeraldas I (CTE I). En este contexto, su delimitación se estableció con base en el análisis de la dispersión de contaminantes atmosféricos generados por las fuentes fijas, particularmente la caldera, así como por las radiaciones no ionizantes (RNI), considerando las condiciones operativas de la central y las variables meteorológicas predominantes en la zona de estudio.

→ LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS

Para la delimitación del área de influencia directa (AID) del proyecto en el componente aire, se empleó un modelo de dispersión atmosférica de tipo gaussiano, orientado a estimar el comportamiento y alcance de los contaminantes generados por la fuente de emisión. Adicionalmente, en lo referente a las radiaciones no ionizantes (RNI), se efectuó un análisis técnico basado en la verificación del cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos para el campo magnético.

En este contexto, a continuación, se presentan los lineamientos metodológicos adoptados para la delimitación del AID Aire, considerando la dispersión de contaminantes atmosféricos:

• DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

EJECUCIÓN DEL MODELO

El AID Aire por contaminantes atmosféricos se fundamenta en la aplicación del modelo gaussiano dentro del entorno del software ArcGIS versión 10.8 con lo cual se determinó la pluma de dispersión de los contaminantes atmosféricos monitoreados a las emisiones de la fuente fija de combustión de la caldera de la CTE I.

El modelo gaussiano se define como una representación matemática que presenta un comportamiento parabólico cerca del origen, caracterizado por una pendiente inicial cero que aumenta hasta un punto de inflexión antes de ascender bruscamente hasta el umbral. Proporciona buenos resultados a escala local (1-10 km), y se ha convertido en el estándar de modelado regulatorio para liberaciones de chimeneas industriales y varias aplicaciones ambientales (Morawska, 2006). La expresión matemática del modelo es la siguiente:

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left(\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right) \quad \text{Ec. 6.4}$$

Donde:

- $C_{(x,y,z)}$ = Concentración del contaminante (ug/m³).
- Q = Tasa de emisión del contaminante (ug/seg).
- u = Velocidad del viento en la dirección x (m/s).
- z = Altura sobre el suelo (m).
- H = Altura efectiva de la chimenea o fuente (m).
- x = Distancia horizontal desde la fuente en la dirección del viento (m).
- y = Distancia horizontal perpendicular al viento (m).
- σ_y = Parámetro de dispersión atmosférica en la dirección horizontal "y" (m).
- σ_z = Parámetro de dispersión atmosférica en la dirección vertical "z" (m).

Con el fin realizar el modelamiento en el entorno de ArcGIS e integre el DEM como representación de la superficie de la zona de estudio, la Ec. 6.4 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** fue adaptada de la siguiente manera:

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left(\exp\left(\frac{-((DEM - z) - H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(\frac{-((DEM - z) + H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right) \quad \text{Ec. 6.5}$$

Para la estimación de los parámetros de dispersión en dirección horizontal (σ_y) y vertical (σ_z), se aplicó la Ec. 6.6 mediante la herramienta de geoprocésamiento "Calculadora Ráster", obteniéndose como resultado la generación de 2 archivos ráster representando a cada parámetro.

$$\sigma = \exp(I + J \ln(x) + K(\ln(x))^2) \quad \text{Ec. 6.6}$$

Donde:

- σ = Parámetro de dispersión atmosférica del contaminante en dirección vertical " σ_y " o en dirección horizontal " σ_z " (m).
- I = Constante empírica para una condición de estabilidad.
- J = Constante empírica para una condición de estabilidad.
- K = Constante empírica para una condición de estabilidad.

- **x**= Distancia horizontal desde la fuente en la dirección del viento (m).

Los valores de las constantes empíricas fueron asumidos en función de la estabilidad atmosférica tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6.6: Constantes empíricas para los parámetros de dispersión

Estabilidad	Iy	Jy	Ky	Iz	Jz	Kz
A	5,3570	0,8828	-0,0076	6,0350	2,1097	0,2770
B	5,0580	0,9024	-0,0096	4,6940	0,0136	0,0136
C	4,6510	0,9181	-0,0076	4,1100	-0,0020	-0,0020
D	4,2300	0,9222	-0,0087	3,4140	-0,0316	-0,0316
E	3,9920	0,9222	-0,0064	3,0570	-0,0450	-0,0450
F	3,5530	0,9181	-0,0070	2,6210	-0,0540	-0,0540

Elaboración: CAEESCOM (2024)

La estabilidad atmosférica se estableció considerando los criterios de la siguiente tabla:

Tabla 6.7: Criterios para determinar la estabilidad atmosférica

Velocidad del viento ⁽¹⁾	Radiación			Nubosidad	
	Fuerte	Moderada	Débil	Nublado	Despejado
<2m/s	A	A - B	B	F	F
2m/s - 3m/s	A - B	B	C	E	F
3m/s - 5m/s	B	B - C	C	D	E
5m/s - 6m/s	C	C - D	D	D	D
>6m/s	C	D	D	D	D

Elaboración: CAEESCOM (2024)

Considerando que la velocidad del viento presenta un incremento con la altura sobre el nivel del suelo, y que el valor reportado en el diagnóstico ambiental de la línea base (4,70 m/s) corresponde a mediciones estandarizadas a 10 m de altura, se procedió a estimar la velocidad del viento a la altura de la chimenea (60 m) mediante la aplicación de la siguiente expresión matemática:

$$u = U \left(\frac{H}{H_z} \right)^p \quad \text{Ec. 6.7}$$

Donde:

- **u**= Velocidad a la altura de la chimenea (m/seg).
- **U**= Velocidad de referencia (m/seg).

⁽¹⁾ La velocidad considerada fue la que encuentra tipificada en la línea base física (Capítulo IV)

- **H**= Altura de la chimenea (m).
- **H_z**= Altura de referencia de la velocidad (m).
- **p**= Constante del exponente del perfil del viento.

La constante del exponente del perfil del viento se asumió en función de la estabilidad atmosférica y del tipo de zona del área de implantación de la fuente emisora según lo expresado en la siguiente tabla:

Tabla 6.8: Constante del exponente del perfil del viento

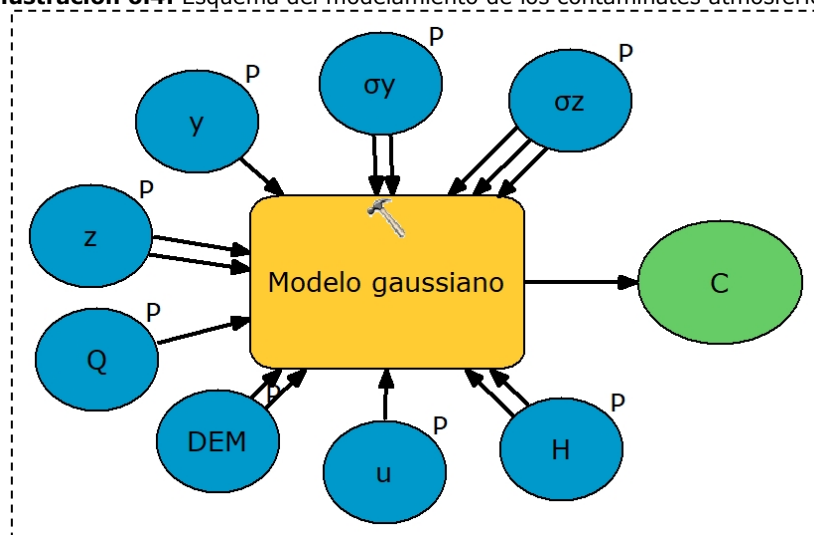
Estabilidad	Zona	
	Rural	Urbano
A	0,07	0,15
B	0,07	0,15
C	0,10	0,20
D	0,15	0,25
E	0,35	0,30
F	0,55	0,30

Elaboración: CAEESCOM (2024)

AUTOMATIZACIÓN DEL MODELO

Tal como se muestra en la siguiente ilustración para la automatización del modelo en el entorno de ArcGIS 10.8 se creó mediante el uso de la aplicación ModelBuilder un modelo de geoprocresamiento con las variables requeridas para el desarrollo de la Ec. 6.5.

Ilustración 6.4: Esquema del modelamiento de los contaminates atmosfericos



Elaboración: CAEESCOM (2024)

ESCENARIO DE MODELAMIENTO

Los escenarios considerados para el modelamiento de la dispersión de los contaminantes atmosféricos fueron los siguientes:

- **Escenario 1 (E1):** En este escenario se consideró el flujo masico promedio de los contaminantes atmosféricos obtenido de los monitoreos realizados el año 2023 y 2024 a las emisiones.
- **Escenario 2 (E2):** Para este escenario se consideró el flujo masico máximo de los contaminantes atmosféricos registrado en los de monitoreos a las emisiones realizados el año 2023 y 2024.

En ambos escenarios el modelamiento fue realizado para las 2 direcciones del viento predominante (suroeste y oeste) en la zona de estudio, esto debido a que de acuerdo con los registros climáticos el 75% de los registros del viento son hacia el suroeste y el 25% son hacia el oeste.

DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA

Para delimitar el área de influencia directa del aire por contaminación atmosférica se tomó en consideración las áreas cuyas concentraciones son perjudiciales para la salud de los receptores. En el presente caso se contempló como AID por dispersión de contaminantes atmosféricos las áreas cuya concentración este por encima de los 150 ug/m³, esto debido a que según el ICA establecido por el EPA las concentraciones por encima de este criterio se consideran dañina para la salud de las personas.

Tabla 6.9: Índice de calidad del aire

Rango	Nivel	Descripción	Simbología
0 ug/m ³ a 50 ug/m ³	Buena	La calidad del aire se considera satisfactoria y la contaminación del aire presenta poco o ningún riesgo.	
51 ug/m ³ a 100 ug/m ³	Moderada	La calidad del aire es aceptable; sin embargo, para algunos contaminantes puede haber una preocupación moderada para la salud de un número muy pequeño de personas.	
101 ug/m ³ a 150 ug/m ³	Poco saludable	Esto significa que es probable que las personas sensibles se vean afectadas a niveles más bajos que el público en general.	
151 ug/m ³ a 200 ug/m ³	Dañina	Todos pueden comenzar a experimentar efectos en la salud y los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos en la salud más graves.	
201 ug/m ³ a 300 ug/m ³	Muy dañina	Activan una alerta de salud, lo que significa que todos pueden experimentar efectos más graves en la salud.	
>300 ug/m ³	Peligrosa	Activan advertencias de salud sobre condiciones de emergencia. Es más probable que toda la población se vea afectada.	

Elaboración: CAEESCOM (2025)

Este ICA fue establecido por la EPA con el fin de contar con estándares de la calidad del aire ambiente y los criterios relaciona la concentración del contaminante y los efectos en la salud humana.

DATOS DE ENTRADAS PARA LA EJECUCIÓN DEL MODELO

Para el desarrollo de la Ec. 6.7, se emplearon los siguientes datos de entrada:

Tabla 6.10: Datos de entrada para el desarrollo de la Ec. 6.7

Variable	Dato	Justificación
H	60 m	Corresponde a la altura de la chimenea.
H _z	10 m	Es la altura a la cual fue medida la velocidad del viento descrita en la línea base climatológica.
U	4,70 m/seg	Tomado del diagnóstico ambiental de la línea base (Capítulo IV) y corresponde a la velocidad promedio del viento en la zona de estudio a 10 m de altura.
p	0,15	Tomado de la Tabla 6.8 y se asumió considerando una la estabilidad atmosférica tipo B.

Elaboración: CAEESCOM (2024)

Los datos de entrada empleados en el desarrollo de la Ec. 6.6 fueron los siguientes:

Tabla 6.11: Datos de entrada para el desarrollo de la Ec. 6.6

Variable	Dato	Justificación
x	Ráster	Generado aplicando la herramienta Distancia euclidiana a partir del vector que representa la chimenea.
I _y	5,0580	Tomado de la Tabla 6.6 y se asumió considerando una la estabilidad atmosférica tipo B.
J _y	0,9024	Tomado de la Tabla 6.6 y se asumió considerando una la estabilidad atmosférica tipo B.
K _y	-0,0096	Tomado de la Tabla 6.6 y se asumió considerando una la estabilidad atmosférica tipo B.
I _z	4,6940	Tomado de la Tabla 6.6 y se asumió considerando una la estabilidad atmosférica tipo B.
J _z	0,0136	Tomado de la Tabla 6.6 y se asumió considerando una la estabilidad atmosférica tipo B.
K _z	0,0136	Tomado de la Tabla 6.6 y se asumió considerando una la estabilidad atmosférica tipo B.

Elaboración: CAEESCOM (2026)

Los datos del flujo masico que se utilizó en el desarrollo de la Ec. 6.5 se muestran a continuación:

Tabla 6.12: Flujo masico de los contaminantes atmosféricos

Fecha	Muestra	Contaminantes atmosféricos			
		SO ₂	CO	NO	MP
dic-23	122358-1	283209466,04 ug/seg	322072,93 ug/seg	46485860,04 ug/seg	3542802,27 ug/seg
dic-23	122358-2	266196035,37 ug/seg	97650,78 ug/seg	48239486,97 ug/seg	3222475,85 ug/seg
dic-23	122358-3	247115739,90 ug/seg	194732,66 ug/seg	47612134,28 ug/seg	3213088,82 ug/seg
jun-24	53054-1	288462452,78 ug/seg	4968246,11 ug/seg	5982173,89 ug/seg	3345961,67 ug/seg
jun-24	53054-2	259427516,40 ug/seg	4157492,25 ug/seg	68644816,48 ug/seg	3048827,65 ug/seg
jun-24	53054-3	264621783,60 ug/seg	4194293,40 ug/seg	67489993,80 ug/seg	3145720,05 ug/seg
Promedio (E1)		268172165,68 ug/seg	2322414,69 ug/seg	47409077,58 ug/seg	3253146,05 ug/seg
Máximo (E2)		288462452,78 ug/seg	4968246,11 ug/seg	68644816,48 ug/seg	3542802,27 ug/seg

Elaboración: CAEESCOM (2026)

Los demás datos de entrada requerido para la aplicación de la Ec. 6.5 en el entorno de ArcGIS se describen en la siguiente tabla:

Tabla 6.13: Datos de entrada para la modelación gaussiana

Variable	Dato	Justificación
DEM	Archivo Ráster	Representa la superficie terrestre. Este archivo fue obtenido del Proyecto ALOS PALSAR RTC de la Instalación Satelital de Alaska (ASF) y tiene una resolución de 12,5 m.
H	60 m	Reportado en los muestreos de las emisiones.
u	6,15 m/seg	Obtenida del cálculo realizado con la iError! No se encuentra el origen de la referencia. y corresponde a la velocidad del viento a la altura de la chimenea (60 m).
z	36 m	Extradido del DEM utilizado en el modelamiento y corresponde al píxel de ubicación de la chimenea.
σ_y	Archivo Ráster	Generado en ArcGIS con la herramienta de geoprocésamiento "Calculadora Ráster" aplicando la Ec. 6.6.
σ_z	Archivo Ráster	Generado en ArcGIS con la herramienta de geoprocésamiento "Calculadora Ráster" aplicando la Ec. 6.6.
y	Archivo Ráster	Generado en ArcGIS con la herramienta de geoprocésamiento "Distancia Euclidiana" desde la dirección del viento.

Elaboración: CAEESCOM (2024)

• RADIACIONES NO IONIZANTES

Para determinar el AID RNI se tomó como base los resultados de los monitoreos realizados al nivel de Intensidad de Campo Eléctrico, la Intensidad de Campo Magnético y la Densidad de Flujo Magnético emitido por la CTE I.

Bajo este lineamiento se realizó un análisis del cumplimiento con los niveles de referencia para la exposición a campos eléctricos y magnéticos de 60 HZ para el público en general tipificado en la tabla 1 del anexo 10 referente la NORMA DE RADIACIONES NO IONIZANTES DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS.

→ DESCRIPCIÓN

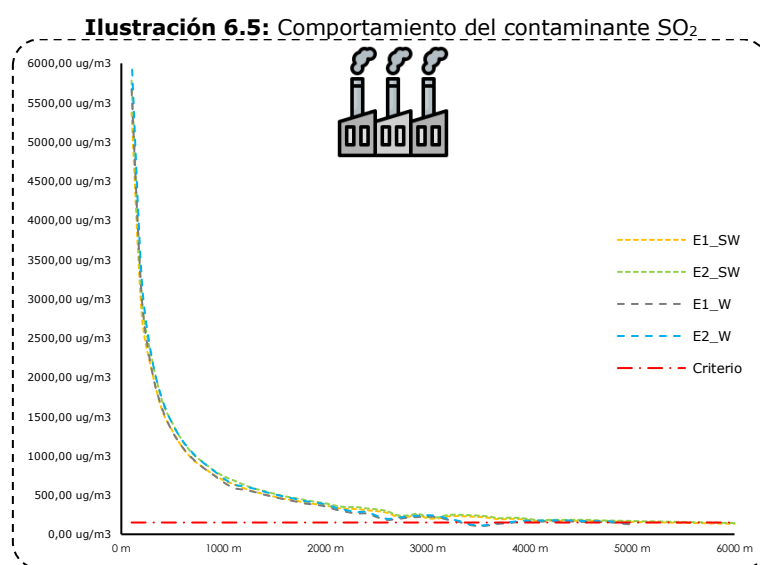
Los resultados se agrupan en función de la dispersión de los contaminantes atmosféricos y de la exposición a RNI:

• AID AIRE (DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS)

Los resultados del modelamiento para el escenario 1 muestran que el contaminante SO₂ recorre con una concentración superior a los 150 ug/m³ hacia el suroeste aproximadamente 5,3 Km y para el escenario 2 la distancia recorrida es de aproximadamente 5,7 Km.

Para el caso hacia el oeste los resultados muestran que el contaminante SO₂ recorre con una concentración superior a los 150 ug/m³ aproximadamente 4,8 Km y para el escenario 2 la distancia recorrida es de aproximadamente 4,9 Km.

La siguiente ilustración muestra que la concentración del SO₂ conforme se aleja de la fuente empieza a descender de forma progresiva, lo cual es característico de la dispersión gaussiana, en la que los contaminantes tienden a diluirse con el aumento de la distancia y el efecto del viento.

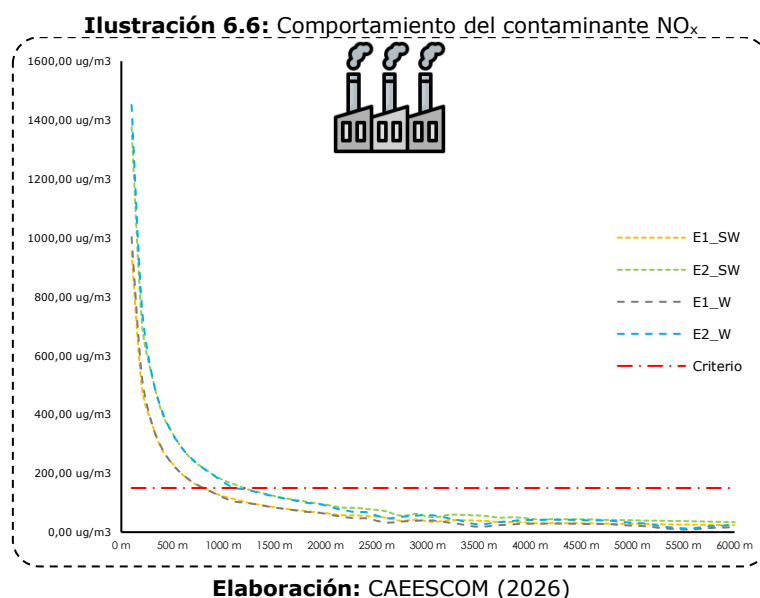


Elaboración: CAEESCOM (2026)

Teniendo en cuenta los resultados del escenario 1, el NO_x recorre hacia el suroeste aproximadamente 800 m con una concentración superior al criterio utilizado en la determinación del AID Aire por contaminación atmosférica, por su parte para el escenario 2 la distancia de recorrido es de aproximadamente 1,2 Km.

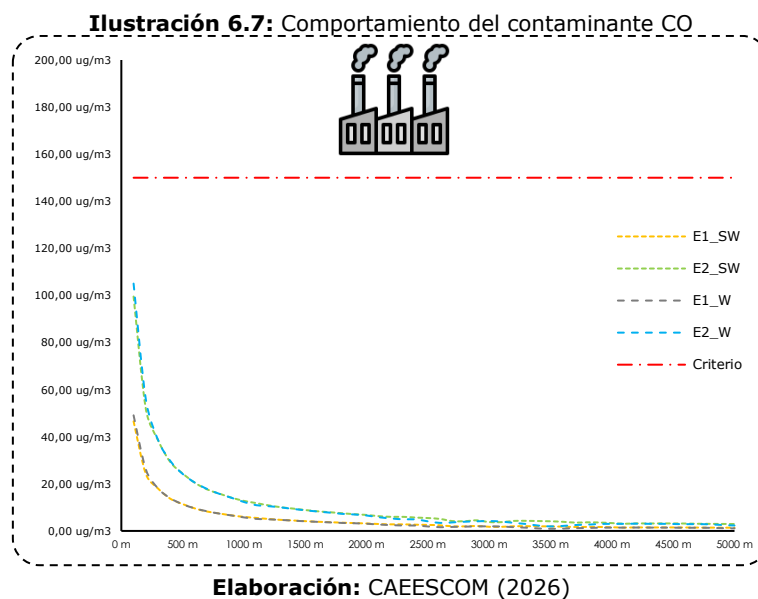
Con dirección al oeste los resultados del escenario 1 indican que el NO_x requiere una distancia de aproximadamente 900 m para cumplir con los 150 ug/m³, por su parte los cálculos del escenario 2 indican que se necesitan 1,2 Km para que la concentración de este contaminante este por debajo de los 150 ug/m³.

Los datos expuestos en la siguiente ilustración denotan que en el escenario 2 con dirección hacia el oeste se registró la mayor concentración del contaminante NO_x. Al igual que en el caso del contaminante SO₂ la concentración tiende a disminuir con la distancia.



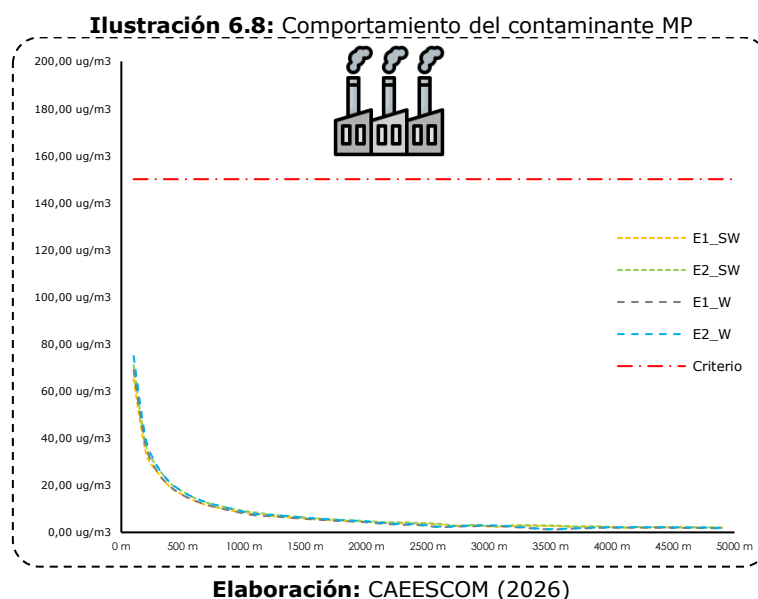
Los resultados del modelamiento en todos los escenarios indican que para el contaminante CO la concentración no supera el criterio utilizado para determinar AID Aire por contaminación atmosférica.

La ilustración muestra que la concentración más alta se da el escenario 2 hacia el suroeste y oeste, esto debido a que el flujo masico para estos 2 casos son los más altos que se utilizó en el modelamiento.



Al igual que en el contaminante CO, la concentración del MP en todos los escenarios modelados reflejan que se encuentra por debajo de los 150 ug/m³.

Los resultados indica que la concentración mayor del MP se reporta en las cercanías de la fuente emisora y conforme se va alejado la concentración tiende a disminuir a causa de la influencia de ciertas variables climatológicas.



En la siguiente tabla se muestra la superficie ocupada de los contaminantes atmosféricos con concentraciones superior a los 150 µg/m³

Tabla 6.14: Superficie ocupada los contaminantes atmosféricos en el AID

Contaminante	Dirección	Escenario del modelamiento	
		Escenario 1	Escenario 2
SO ₂	SW	312,12 Ha	367,08 Ha
	W	219,97 Ha	255,48 Ha

Contaminante	Dirección	Escenario del modelamiento	
		Escenario 1	Escenario 2
NOx	SW	9,26 Ha	20,31 Ha
	W	9,43 Ha	18,80 Ha
CO	SW	0,01 Ha	0,03 Ha
	W	0,03 Ha	0,05 Ha
MP	SW	0,05 Ha	0,03 Ha
	W	0,08 Ha	0,05 Ha

Elaboración: CAEESCOM (2026)

Como se puede observar en la tabla anterior, el contaminante atmosférico SO₂ es el que genera mayores condiciones desfavorables, por lo cual fue el que se consideró para establecer el AID Aire por dispersión de contaminantes atmosféricos. Bajo estos resultados, el AID Aire por dispersión de contaminantes atmosféricos ocupa una superficie de **621,81 Ha.**

- **AID AIRE (RNI)**

Teniendo en cuenta de que las RNI de la CTE I se encuentran por debajo de los LMP para exposición a campos eléctricos y magnéticos de 60 HZ, el equipo consultor ha determinado como AID RNI el área de implantación de la CTE I y por lo tanto esta área ocupa una superficie de **10,99 Ha.**

- **AID AIRE (TOTAL)**

Con el objetivo de asegurar que los resultados expuestos del modelamiento de la dispersión de los contaminantes contemplen el máximo impacto potencial sobre la calidad del aire, se consideró para determinar el AID Aire ^{iError! Marcador no definido.} la superficie de la dispersión del contaminante SO₂ del escenario 2 con dirección al suroeste y oeste.

Bajo este argumento el AID AIRE por dispersión de contaminantes atmosférico ocupa **621,81 Ha** y por concepto de exposición a RNI el AID ocupa **10,99 Ha.** En la siguiente tabla se resumen las superficies ocupadas por el AID Aire:

Tabla 6.15: AID total del componente Aire

No.	Subcomponente	Buffer ⁽²⁾	Área ocupada
1	Dispersión de contaminantes	No aplica	621,81 ha
2	RNI	No aplica	10,99 ha
AID Aire total			631,53 ha

Elaboración: CAEESCOM (2026)

⁽²⁾ A partir del perímetro del área de implantación.

Del cuadro anterior el AID AIRE ocupa una superficie total de **631,53 ha**. El mapa que ilustra el AID Aire se encuentra en el **Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\45 Mapa Areas de Influencia Directa Aire Total**.

D. AID AGUA

El área de influencia directa del agua es la zona inmediata y física donde las actividades de un proyecto tienen la mayor intensidad e impacto en los cuerpos de agua y sus alrededores, ya sea de manera permanente o temporal. En el presente análisis el AID Agua incluye la influencia de la CTE I sobre el río Teaone.

En el tramo definido como Área de Influencia Directa (AID), correspondiente al sector del río Teaone que discurre en paralelo al perímetro sur de la CTE I, se identifican usos del recurso hídrico de carácter limitado, condicionados principalmente por la calidad del agua y la presión antrópica existente en las riberas. A continuación, se expone los usos del agua:

El uso **CONSUNTIVO** corresponde a aquel en el cual el agua es extraída del sistema hídrico y no retorna en su totalidad al mismo cuerpo receptor, o retorna con características fisicoquímicas modificadas. En el Área de Influencia Directa (AID) del río Teaone se identifican los siguientes usos consuntivos:

- **Uso industrial (CTE I y CTE II):** El recurso hídrico es captado para actividades operativas y de mantenimiento en la Central Térmica Esmeraldas I (CTE-I) y la Central Térmica Esmeraldas II (CTE-II), incluyendo procesos como enfriamiento, generación de vapor, lavado de equipos y sistemas auxiliares. Este uso implica:
 - Extracción directa del caudal del río.
 - Retorno parcial mediante descargas tratadas.
 - Modificación de parámetros fisicoquímicos (temperatura, sólidos disueltos, trazas de metales, entre otros).
- **Uso doméstico indirecto (descargas antrópicas):** Si bien no se evidencia una captación formal para consumo humano dentro del AID, existen descargas clandestinas de aguas residuales domésticas provenientes de asentamientos ubicados en las riberas del río, lo cual constituye un uso consuntivo indirecto, al incorporar contaminantes que alteran la calidad del recurso hídrico.

El uso consuntivo predominante en el AID es de carácter industrial, con una presión antrópica adicional derivada de descargas domésticas no controladas, las cuales inciden más significativamente en la calidad del agua que las descargas reguladas del proyecto.

El uso **NO CONSUNTIVO** corresponde a aquel en el que el agua no es extraída del sistema o su volumen no se reduce significativamente, manteniéndose dentro del mismo cuerpo hídrico.

En el AID del río Teaone se identifican los siguientes usos no consuntivos:

- **Uso recreativo (contacto primario y secundario):**
 - Baño ocasional en sectores puntuales del río.
 - Actividades de pesca deportiva de baja intensidad.
- **Uso paisajístico y ecológico:**
 - Función del río como elemento estructural del paisaje local.
 - Soporte para hábitats acuáticos y ribereños.

Condicionantes del uso:

Estos usos se encuentran limitados debido a:

- La percepción de contaminación del río.
- La presencia de descargas clandestinas.
- La cercanía a infraestructuras industriales.

Los usos no consuntivos presentan baja intensidad y frecuencia, evidenciando una reducción en la interacción población–recurso hídrico, atribuible principalmente a factores de calidad ambiental percibida.

Receptores sensibles aguas abajo del proyecto

En el contexto del AID definido (tramo paralelo al perímetro sur de la CTE-I) y considerando la dinámica hidráulica del río Teaone, se identifican como receptores sensibles aquellos elementos que podrían verse potencialmente afectados por alteraciones en la calidad o cantidad del recurso hídrico.

→ Receptores humanos

- **Población ribereña dispersa:** Habitantes asentados en las márgenes del río que eventualmente utilizan el recurso para actividades recreativas o de subsistencia (pesca ocasional).

- **Usuarios indirectos del recurso:** Sectores poblacionales aguas abajo que podrían interactuar con el río fuera del AID inmediato, aunque con menor probabilidad de afectación directa debido a la rápida dilución del efluente.

→ **Receptores ecológicos**

- **Biota acuática:**
 - Peces y macroinvertebrados.
 - Fitoplancton y zooplancton.
- **Ecosistemas ribereños:**
 - Vegetación de ribera.
 - Fauna asociada a humedales y zonas inundables.

La biota acuática constituye el receptor más sensible dentro del sistema, debido a su exposición continua al medio hídrico. No obstante, los resultados de monitoreo y modelación indican que las condiciones del río mantienen su capacidad de asimilación sin alteraciones significativas atribuibles al proyecto.

→ **Infraestructura estratégica aguas abajo**

- **Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE):** Ubicado aproximadamente a 200 m aguas abajo del punto de descarga, constituye un elemento sensible desde el punto de vista de gestión de riesgos, aunque no como receptor directo de calidad de agua.
- **Infraestructura industrial asociada (Refinería de Esmeraldas):**
Representa un componente del sistema antrópico con interacción indirecta en el contexto del río.

La evaluación conjunta de los usos del recurso hídrico y los receptores sensibles permite establecer que:

- El uso consuntivo industrial es el principal aprovechamiento del recurso dentro del AID, con retornos controlados y normados.
- Los usos no consuntivos son limitados y de baja intensidad debido a la percepción de deterioro ambiental.
- Los receptores sensibles humanos presentan baja exposición directa, mientras que los receptores ecológicos constituyen el

componente más relevante desde el punto de vista ambiental.

- La alta capacidad de dilución del río Teaone, junto con la evidencia empírica de monitoreo, indica que:
 - No se generan impactos significativos aguas abajo atribuibles a la descarga de la CTE-I.
 - Las presiones antrópicas externas (descargas domésticas) representan una fuente de mayor incidencia sobre la calidad del agua.

El Área de Influencia Directa (AID) para el recurso hídrico se define como el tramo del río Teaone que se desarrolla en paralelo al perímetro sur de la Central Térmica Esmeraldas I (CTE-I), incluyendo el punto de mezcla o descarga (0 m), donde ocurre la interacción directa entre el efluente y el cuerpo receptor.

→ **LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS**

La delimitación del AID del recurso hídrico se fundamenta en los resultados obtenidos del estudio de modelación hidrodinámica y de transporte de contaminantes asociado a las descargas de la Central Térmica Esmeraldas I en el río Teaone.

El modelamiento permitió evaluar el comportamiento hidráulico del cuerpo receptor, así como los procesos de dilución, dispersión y mezcla de los efluentes en función de variables como caudal, velocidad de flujo, geometría del cauce y características fisicoquímicas del agua.

En este contexto, el modelamiento permite identificar el tramo del río donde se evidencia una influencia directa y medible de la descarga, es decir, donde las concentraciones de los parámetros evaluados presentan variaciones atribuibles a la operación de la central térmica.

• **DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES**

Para realizar la simulación del comportamiento de los parámetros establecidos en la tabla 2 del Acuerdo Ministerial No. 155, se analizaron detalladamente 11 informes técnicos únicos realizados por ALS Ecuador para la CTE I, considerando puntos sin tratamiento y puntos de descarga con tratamiento Previo. Los análisis estudiados son los siguientes:

Tabla 6.16: Monitoreos estudiados para la modelación

Ítems	Zona del muestreo	Fecha	Referencia
Sin Tratamiento Previo			
1	Purga Piscina de Neutralización	22/11/2023	Protocolo 775385/2023-1.0
2	Purga Piscina de Neutralización	21/05/2024	Protocolo 318201/2024-1.0
3	Purga de Torre de Enfriamiento	21/05/2024	Protocolo 318194/2024-1.0
4	Purga del Clarificador	21/05/2024	Protocolo 318189/2024-1.0
5	Purga de Caldera	21/05/2024	Protocolo 318178/2024-1.0
6	Purga Agua Lavado Tanque	21/05/2024	Protocolo 318172/2024-1.0
Con Tratamiento Previo			
7	Descarga al Río Teaone	22/05/2023	Protocolo 344628/2023-1.0
8	Descarga al Río Teaone	22/08/2023	Protocolo 552430/2023-1.0
9	Descarga al Río Teaone	27/02/2024	123000/2024-1.0
10	Descarga al Río Teaone	21/05/2024	Protocolo 318228/2024-1.0
11	Descarga al Río Teaone	27/08/2024	Protocolo 540418/2024-1.0

Elaboración: CAEESCOM (2026)

Cada uno de estos informes incluye parámetros físico-químicos y microbiológicos completos, georreferenciación de los puntos y cumplimiento frente a la Tabla 2 de la NORMA PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEL RECURSO AGUA EN CENTRALES TERMoelectricas.

• **CALIBRACIÓN HIDRÁULICA**

El modelo implementado para el Río Teaone consiste en una simulación determinística unidimensional (1D) en estado estacionario, que integra datos topográficos satelitales, parámetros hidráulicos de campo y cinéticas de decaimiento químico.

CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL Y TOPOGRAFÍA

La base física del modelo se sustenta en la integración de la API de Google Earth Engine (GEE).

- **Obtención de Elevaciones:** Se utilizó el modelo digital de elevación NASADEM (NASA/NASADEM_HGT/001) para extraer el perfil longitudinal del terreno en una longitud de 5,000 metros con una resolución espacial (dx) de 100 metros.
- **Corrección del Perfil Hidráulico:** Dado que el DEM satelital puede presentar ruido en zonas de baja pendiente, se aplicó una corrección basada en la Ecuación de Manning invertida. Se calculó una pendiente teórica calibrada (Sref) que garantiza que el flujo mantenga la velocidad promedio medida en campo (0,78 m/s):

$$S_{\text{ref}} = \left(\frac{V * n}{R_h^{2/3}} \right)^2 \quad \text{Ec. 6.8}$$

Donde R_h se aproxima a la profundidad media (H) en canales anchos.

CONCEPTUALIZACIÓN HIDRÁULICA

El modelo asume un régimen de flujo gradualmente variado con geometría variable y balance de masas hídrico.

- **Geometría del Cauce:** Se modeló un ensanchamiento lineal del espejo de agua (B) en los primeros 500 metros, pasando de 18 m en el punto de vertido a 36 m, manteniéndose constante a partir de ese punto.
- **Cálculo de Profundidad (H):** Para mantener la velocidad objetivo de diseño (0,78 m/s), la profundidad se calcula dinámicamente en cada nodo mediante la Ecuación de Continuidad:

$$H_i = \frac{Q_i}{B_i \cdot V_{\text{target}}} \quad \text{Ec. 6.9}$$

- **Balance Hídrico y Confluencia:** El caudal inicial ($Q_{\text{rio}} + Q_v = 5,6628 \text{ m}^3/\text{s}$) se mantiene hasta la progresiva 4300 m, donde se integra una confluencia masiva con el Río Esmeraldas, inyectando un caudal de 680,0 m^3/s , lo que genera un evento de dilución extrema.

MODELACIÓN DE TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

El transporte de solutos se rige por el mecanismo de advección con decaimiento de primer orden.

MODELACIÓN DE LA CONFLUENCIA

En el punto de unión con el Río Esmeraldas (4,300 m), el modelo realiza un re-cálculo de masa, donde la nueva concentración es el resultado de la mezcla entre la carga remanente del Río Teaone y la carga de fondo del Río Esmeraldas, provocando un salto de concentración hacia los niveles de calidad del cuerpo receptor mayoritario.

Este modelo es robusto para la evaluación de impactos crónicos y la delimitación de Áreas de Influencia Directa, ya que considera la variabilidad geométrica y los eventos de dilución natural más críticos del sistema hídrico en estudio.

MODELACIÓN DE TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

El transporte de solutos se rige por el mecanismo de advección con decaimiento de primer orden. Para explicar de forma adecuada el método de cálculo, se incluye un apartado específico del método de la modelación en cada parámetro.

COMPARATIVA DEL MODELO USADO CON OTROS MODELOS LIBRES O COMERCIALES

El modelo desarrollado en Python es, en esencia, un motor de cálculo simplificado que opera bajo los mismos principios físicos que otros software o módulos de calidad de aguas. Aunque herramientas como HEC-RAS o QUAL2K tienen interfaces gráficas y módulos de bases de datos complejos, la física del transporte es compartida.

El Núcleo Matemático: La Ecuación de Advección-Dispersión

Tanto este modelo (código) como QUAL2K y HEC-RAS resuelven una versión de la ecuación de transporte. En este caso, al ser un modelo 1D estacionario, se utiliza la solución analítica de la advección con decaimiento.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -v \frac{\partial C}{\partial x} - KC \quad \text{Ec. 6.10}$$

QUAL2K utiliza este mismo balance de masa en "elementos de alcance" (reaches) asumiendo mezcla completa en cada tramo.

HEC-RAS (Calidad), resuelve la misma ecuación, pero tiene la capacidad de incluir el término de dispersión longitudinal, que aquí se ha simplificado al asumir que el arrastre por la velocidad es el proceso dominante.

REPRESENTACIÓN DE LA GEOMETRÍA (HIDRÁULICA)

HEC-RAS define secciones transversales detalladas, este modelo se asemeja al usar geometría variable (ancho de 18 a 36 m), calculando el radio hidráulico y la profundidad para mantener la continuidad.

Al igual que QUAL2K, divide el río en segmentos discretos ($dx = 100$ m) donde las propiedades hidráulicas se mantienen constantes o varían linealmente entre nodos.

Cinéticas de Reacción (El factor Ks)

Este modelo utiliza coeficientes de primer orden (Ks), que es exactamente como QUAL2K maneja la degradación de la DBO y la muerte de coliformes. La diferencia es que QUAL2K tiene sub-rutinas para calcular esos Ks basados en la temperatura y la luz solar, mientras que aquí se ingresa el valor ya calibrado para el escenario crítico del Río Teaone.

Tabla 6.17: Características del método de modelado

Característica	Tu Modelo (Python + GEE)	QUAL2K	HEC-RAS (WQ)
Dimensión	1D Longitudinal	1D Longitudinal	1D y 2D
Estado	Estacionario (Steady-state)	Estacionario / Diurno	Permanente y No Permanente
Topografía	Dinámica (vía GEE API)	Manual / Archivos Excel	Secciones transversales (Survey)
Complejidad	Parámetros específicos	Ciclos de nutrientes (N, P, O ₂)	Sedimentos y Temperatura
Uso Ideal	Memorias técnicas rápidas	Estudios de carga total (TMDL)	Inundaciones y vertidos dinámicos

Elaboración: CAEESCOM (2026)

Lo que hace que este código (modelo) destaque frente a QUAL2K es la integración con Google Earth Engine. Mientras que en HEC-RAS o QUAL2K tendrías que picar los datos de elevación manualmente de un topógrafo, este modelo lee el terreno en tiempo real. Es, por así decirlo, una versión "Lite & Smart" de un modelo profesional, optimizada para la toma de decisiones inmediata y la justificación de áreas de influencia.

Para la calibración del modelo en Google Colab, se utilizaron principalmente las siguientes librerías:

- **ee (Google Earth Engine Python API):** Esta fue fundamental para la obtención y corrección de la topografía. Se utilizó para acceder a datos de elevación (DEM de NASA/NASADEM_HGT) y para extraer la elevación en puntos específicos del río, lo cual es la base del perfil hidráulico.
- **pandas:** Es la librería principal para el manejo y análisis de los datos tabulares. Todos los cálculos de mezcla y decaimiento, así como la estructuración de los resultados en tablas (df_raw, df_río, df_final, df_resumen, etc.), se realizaron utilizando DataFrames de pandas. También se empleó para manipular y filtrar los datos para las visualizaciones.
- **numpy:** Se utilizó para operaciones numéricas avanzadas, especialmente en las fórmulas de decaimiento exponencial (np.exp) y en el cálculo de pH (logaritmos). Proporciona la base matemática para las simulaciones de calidad del agua.

- **matplotlib.pyplot:** Esta librería fue esencial para la visualización de todos los perfiles longitudinales (sulfatos, DBO, hierro, OD, aceites y grasas, pH, temperatura, SST, DQO y metales pesados), así como los análisis de riesgo y sensibilidad (heatmaps con seaborn, que a su vez se basa en matplotlib).

En resumen, **ee** proporcionó los datos geográficos base, **panda** y **numpy** gestionaron los cálculos y la estructura de los datos del modelo y **matplotlib** (junto con **seaborn** en algunos casos) fue clave para interpretación visual de los resultados. En el [Anexo 15. Determinación de áreas de influencias\02 Código fuente del modelo desarrollado para el componente agua](#) se puede visualizar el código utilizado para desarrollar el modelo.

Con estos detalles, a continuación, se muestran los valores hidráulicos calibrados y calculados para el desarrollo de la del análisis de mezcla y dilución con decaimiento longitudinal multiparamétrica.

--- TABLA HIDRÁULICA CALIBRADA (ANCHO VARIABLE Y Q ACUMULADO) ---							
	distancia	elevacion	Ancho_m	H_m	V_m_s	Tiempo_min	Q_m3_s
0	0	12.3146	18.0	0.0000	0.78	0.0000	5.6628
1	100	12.0438	21.6	0.3361	0.78	2.1368	5.6628
2	200	11.7730	25.2	0.2881	0.78	4.2735	5.6628
3	300	11.5022	28.8	0.2521	0.78	6.4103	5.6628
4	400	11.2315	32.4	0.2241	0.78	8.5470	5.6628
5	500	10.9607	36.0	0.2017	0.78	10.6838	5.6628

- **MÉTODO DE CÁLCULO DE LA MEZCLA Y DILUCIÓN CON DECAIMIENTO LONGITUDINAL MULTIPARAMÉTRICA.**

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH)

La simulación del pH en un cuerpo de agua receptor no puede realizarse mediante un promedio aritmético simple, ya que el pH es una medida logarítmica de la actividad de los iones de hidrógeno (H⁺). Para ello, realizamos el cálculo en dos fases cinéticas:

BALANCE DE CARGA EN LA MEZCLA INICIAL C0

En el punto de descarga, el modelo realiza un balance de masas conservativo basado en la molaridad.

Conversión.- Transformamos los valores de pH del río y del efluente a concentraciones de hidrogeniones.

Mezcla.- Se aplica la ecuación de continuidad considerando los caudales:

$$[H^+]_{mezcla} = \frac{(Q_{rio} \cdot [H^+]_{fondo} + Q_v \cdot [H^+]_{efluente})}{Q_{rio} + Q_v} \quad \text{Ec. 6.11}$$

Reconversión.- El pH de la mezcla inicial se obtiene aplicando el logaritmo negativo:

$$pH_0 = -\log_{10}([H^+]_{mezcla}) \quad \text{Ec. 6.12}$$

Cinética de Recuperación Longitudinal

Una vez ocurrida la mezcla, el pH del río Teaone tiende a regresar a su estado de equilibrio natural (su pH de fondo). Este fenómeno se modela mediante una ecuación de primer orden que simula tres procesos físicos:

Capacidad Buffer.- La alcalinidad natural del río neutraliza la acidez o alcalinidad del vertido.

Reaireación.- El intercambio de CO₂ con la atmósfera ajusta el equilibrio del ácido carbónico, estabilizando el pH.

Efecto de Dilución Continua.- A medida que el flujo avanza y se estabiliza hidráulicamente.

En conclusión, el modelo calcula el impacto inicial de forma química exacta y luego proyecta una curva de recuperación asintótica hacia el valor original del río, permitiendo verificar en qué punto el agua vuelve a cumplir con los rangos de la norma.

Condiciones desfavorables

A continuación, se detallan los valores de Potencial Hidrógeno (pH) registrados en los distintos puntos de monitoreo de la Central Térmica Esmeraldas I, comparándolos con el límite máximo permisible (LMP) de 6.0 a 9.0 establecido en la normativa ecuatoriana.

Tabla 6.18: Resultados del monitoreo para pH

Punto de Muestreo	Fecha de Monitoreo	Valor de pH (U pH)	Cumplimiento
Purga Piscina de Neutralización	Noviembre 2023	9,61	NO CUMPLE
Purga Piscina de Neutralización	Mayo 2024	8,57	CUMPLE
Purga de Torre de Enfriamiento	Mayo 2024	8,20	CUMPLE
Purga de Caldera	Mayo 2024	8,21	CUMPLE
Purga del Clarificador	Mayo 2024	7,60	CUMPLE
Purga Agua Lavado Tanque	Mayo 2024	7,39	CUMPLE

Elaboración: CAEESCOM (2026)

El valor más desfavorable identificado es 9,61. Considerando que este valor máximo registrado llegase a saltar las fases de tratamiento, considerándose como un caso fortuito, el comportamiento del parámetro al entrar en contacto con el cuerpo receptor sería el siguiente:

- **pH del Río (Fondo):** 7,42 unidades. Este es el pH natural del río aguas arriba, antes de cualquier descarga.
- **pH del Efluente (Descarga):** 9,61 unidades. Este es el pH del agua que se vierte al río, el cual es significativamente más alto (alcalino) que el del río.

CLORO ACTIVO

Para el parámetro de Cloro Activo, todos los análisis realizados entre 2023 y 2024 en la Central Térmica Esmeraldas I indican que los niveles se mantienen por debajo de los límites de cuantificación del laboratorio y cumplen estrictamente con la normativa ambiental.

El Límite Máximo Permisible (LMP) según la normativa para este parámetro es de 0,5 mg/l

ACEITES Y GRASAS

Para el parámetro de Aceites y Grasas, todos los informes analizados (tanto de aguas de proceso sin tratar como de la descarga tratada al río Teaone) reportan resultados idénticos que se encuentran por debajo del límite de detección del laboratorio.

El valor "más desfavorable" registrado es <20,0 mg/l, el cual es constante en todos los monitoreos realizados entre 2023 y 2024.

MATERIA FLOTANTE

Para el parámetro de Materia Flotante, no existe un valor numérico desfavorable, ya que todos los análisis realizados por ALS Ecuador reportan consistentemente un resultado de Ausencia.

Este resultado es uniforme tanto en los puntos de agua cruda (purgas de proceso) como en el vertido con tratamiento previo hacia el río Teaone, cumpliendo en todos los casos con la normativa ambiental.

TEMPERATURA

Para modelar la Temperatura, se considera que es un parámetro físico-conservativo que se rige por la Primera Ley de la Termodinámica (Balance de Energía). A diferencia de los químicos, la temperatura no decae por una tasa KS sino que se equilibra con la temperatura ambiente mediante procesos de intercambio de calor en la superficie.

Al ser un parámetro físico-conservativo en el corto plazo, su comportamiento se divide en dos etapas:

Balance Entálpico en la Mezcla Inicial (TO)

En el punto exacto de la descarga, se asume una mezcla instantánea y completa. Debido a que el calor específico del agua es constante en este rango, el cálculo se simplifica a un promedio ponderado por el caudal:

$$T_0 = \frac{(Q_{rio} \cdot T_{fondo} + Q_v \cdot T_{efluente})}{Q_{rio} + Q_v} \quad \text{Ec. 6.13}$$

Donde:

- **Q_{rio} y T_{fondo} :** Caudal y temperatura inicial del Río Teaone.
- **Q_v y $T_{efluente}$:** Caudal y temperatura del vertido.

Como el caudal del río es significativamente mayor que el del efluente (relación aprox. 150:1), el incremento térmico resultante en la mezcla es mínimo, diluyendo el impacto calórico casi de inmediato.

Disipación por Intercambio Superficial

A medida que la masa de agua se desplaza aguas abajo, la temperatura no permanece estática, sino que busca el equilibrio térmico con la Temperatura Ambiente. Este proceso sigue la Ley de Enfriamiento de Newton, modelada mediante una función exponencial:

$$T(x) = T_{amb} - (T_{amb} - T_0) \cdot e^{-k_t} \quad \text{Ec. 6.14}$$

Si la mezcla está más caliente que el aire, el río cede calor a la atmósfera, a manera de intercambio de calor. La Constante de Disipación (k_t) que representa la eficiencia de la transferencia de calor, influenciada por la velocidad del viento y el área superficial del río para efectos de la modelación en este parámetro es de 0.08.

CONDICIONES DESFAVORABLES

Para el parámetro de Temperatura, se presentan los valores más desfavorables (máximos) registrados tanto en las purgas de proceso (sin tratamiento) como en el punto de vertido final al Río Teaone (con tratamiento).

En términos de calidad de agua, el valor más desfavorable es el más alto, ya que representa un mayor riesgo de contaminación térmica para el cuerpo receptor.

Tabla 6.19: Resultados del monitoreo para temperatura

Categoría	Punto de Muestreo	Valor Máximo (°C)	Fuente del Análisis	Fecha
Agua Cruda (Purgas)	Purga Agua Lavado Tanque (A4)	82,9 °C	Protocolo 318172/2024-1.0	Mayo 2024
Agua Cruda (Purgas)	Purga de Caldera (A5)	82,1 °C	Protocolo 318178/2024-1.0	Mayo 2024
Vertido Tratado	Descarga al Río Teaone (A2-5)	33,5 °C	Protocolo 123000/2024-1.0	Febrero 2024
Vertido Tratado	Descarga al Río Teaone (Promedio)	32,8 °C	Protocolo 123000/2024-1.0	Febrero 2024
Vertido Tratado	Descarga al Río Teaone (A2-1)	32,6 °C	Protocolo 318228/2024-1.0	Mayo 2024

Elaboración: CAEESCOM (2026)

Las temperaturas más extremas se encuentran en las purgas de lavado y calderas, superando los **82 °C**. Estos valores se reportan como fuera del rango de acreditación del laboratorio (0 a 80 °C) debido a su magnitud.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

El modelado de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en un cuerpo de agua dulce, a diferencia de la DBO, este parámetro cuantifica la carga total de materia (orgánica e inorgánica) que puede ser oxidada químicamente.

Técnicamente, el cálculo implementado se basa en una aproximación de transporte advectivo con reacción de primer orden.

El primer paso es determinar la concentración en la zona de mezcla inicial C_0 . Para ello se utiliza el principio de conservación de la masa bajo la hipótesis de mezcla completa instantánea:

$$C_0 = \frac{Q_{rio} \cdot C_{fondo} + Q_e \cdot C_{efluente}}{Q_{rio} + Q_e} \quad \text{Ec. 6.15}$$

Donde:

- Q_{rio} y Q_e : Son los caudales del río receptor y del vertido.
- C_{fondo} y $C_{efluente}$: Concentraciones previa y de la descarga.

Debido a que el caudal del río es mucho mayor que el del efluente, este cálculo demuestra que el vertido se diluye rápidamente, bajando la concentración de a un valor muy cercano al del fondo natural.

Una vez mezclado, la DQO viaja aguas abajo. Para modelar su disminución, se utiliza una ecuación diferencial de primer orden:

$$\frac{dC}{dt} = -K_s \cdot C \quad \text{Ec. 6.16}$$

Al resolverla para la distancia en un modelo unidimensional (1D), obtenemos:

$$C(x) = C_0 \cdot e^{-K_s \left(\frac{x}{v}\right)} \quad \text{Ec. 6.17}$$

Donde:

- **K_s (Tasa de decaimiento):** Para la DQO, esta constante suele ser baja (0,01 a 0,05 día⁻¹). Esto se debe a que la DQO incluye fracciones químicas refractarias (difíciles de degradar) que no desaparecen tan rápido como la materia orgánica biodegradable.
- **V (Velocidad):** Es la velocidad de campo obtenida (Aprox. 0,78 m/s).

El Método Determinístico Unidimensional (el que usamos) es Ideal para ríos con flujo establecido donde la mezcla transversal es rápida debido a la baja profundidad (0,20 – 0,40 m).

a) Condiciones desfavorables

Los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) registrados en los informes de la Central Térmica Esmeraldas I se encuentran significativamente por debajo del límite máximo permitido (LMP) de **350 mg/l** establecido por la normativa ambiental ecuatoriana. A continuación, se detallan los resultados para los distintos puntos de monitoreo:

1. Vertido con Tratamiento (Descarga al Río Teaone)

Este punto muestra una variabilidad baja, manteniéndose siempre en niveles de cumplimiento:

- **Agosto 2024:** < 4,75 mg/l.
- **Mayo 2024:** 10,97 mg/l.
- **Febrero 2024:** 5,33 mg/l.

- **Agosto 2023:** 11,47 mg/l.
- **Mayo 2023:** < 4,75 mg/l.

2. Puntos de Purga de Proceso (Agua Cruda / Sin Tratamiento)

En las purgas internas, la mayoría de los resultados están por debajo del límite de detección del laboratorio:

- Purga de Torre de Enfriamiento (Mayo 2024): 8,95 mg/l.
- Purga Piscina de Neutralización (Mayo 2024): < 4,75 mg/l.
- Purga Piscina de Neutralización (Noviembre 2023): < 4,75 mg/l.
- Purga del Clarificador (Mayo 2024): < 4,75 mg/l.
- Purga de Caldera (Mayo 2024): < 4,75 mg/l.
- Purga Agua Lavado Tanque (Mayo 2024): < 4,75 mg/l.

El registro más alto es de 32,2 mg/l en la descarga al río Teaone durante mayo de 2024, por lo tanto, será el valor usado como la situación más desfavorable.

METALES PESADOS

Para determinar el impacto inmediato de la descarga en el cuerpo receptor, se utiliza un modelo determinístico de transporte advectivo basado en el Principio de Conservación de la Masa. En el punto de vertido ($x = 0$), se asume una mezcla completa e instantánea del efluente con el flujo del río, lo cual es técnicamente válido para el Río Teaone debido a su baja profundidad relativa y régimen de flujo turbulento.

La ecuación general de balance de masas empleada es:

$$C_0 = \frac{(Q_r \cdot C_r) + (Q_v \cdot C_v)}{Q_r + Q_v} \quad \text{Ec. 6.18}$$

Donde:

- **C_0 :** Concentración resultante del metal en la mezcla inicial (mg/L).
- **Q_r :** Caudal del río receptor aguas arriba del punto de descarga (m^3/s).
- **C_r :** Concentración de fondo (background) del metal en el río (mg/L).
- **Q_v :** Caudal de la descarga o efluente (m^3/s).
- **C_v :** Concentración del metal en el vertido (LMP o valor máximo detectado).

Consideraciones Técnicas del Modelo

Estado Estacionario: El cálculo asume que tanto los caudales como las concentraciones de entrada permanecen constantes durante el tiempo de tránsito analizado, lo que permite una evaluación conservadora del impacto.

Parámetros Conservativos: En el caso de los metales pesados (Fe, Cr+6, Cu, Pb, Zn), se asume inicialmente un comportamiento conservativo en la zona de mezcla. Esto significa que la reducción de la concentración se debe primordialmente a la dilución física y no a transformaciones químicas inmediatas, lo cual representa el peor escenario para la calidad del agua.

Factor de Dilución (F_d): Este modelo permite calcular el factor de dilución volumétrica, definido como:

$$F_d = \frac{Q_r + Q_v}{Q_v} \quad \text{Ec. 6.19}$$

Para el Río Teaone, este factor es de aproximadamente 219.3, lo que indica que el caudal del río es capaz de diluir cada unidad de volumen del efluente en más de 200 partes de agua natural.

Este método es el estándar aceptado por la normativa ambiental nacional para la determinación de la zona de mezcla. Al ser un modelo de balance de masas, garantiza que toda la carga contaminante que ingresa al sistema es contabilizada, permitiendo verificar si la concentración resultante supera los Criterios de Calidad Ambiental para la descarga en aguas dulces.

a) Condiciones desfavorables

Para estos elementos, el valor desfavorable es la concentración más alta registrada:

- **Hierro (Fe):** El valor más alto es 3,03 mg/l en la descarga al río Teaone (Mayo 2024). En monitoreos de años anteriores, como noviembre 2023, la Piscina de Neutralización registró apenas 0,11 mg/l.
- **Cromo Hexavalente:** Se mantiene uniformemente por debajo del límite de **detección (<0,050 mg/l)** en todos los puntos y periodos analizados.
- **Cobre (Cu):** El punto con mayor concentración es la Purga de la Torre de Enfriamiento **con 0,021 mg/l**.
- **Plomo (Pb):** La concentración máxima detectada es de 0,009 mg/l en la Purga de Agua de Lavado de Tanque, un valor muy distante del límite de 0,2 mg/l.

- **Zinc (Zn):** El valor máximo se encuentra en la Purga de la Torre de Enfriamiento con 0,015 mg/l.

Tabla 6.20: Resultados del monitoreo para metales pesados

Parámetro	Unidad	Piscina Neutralización	Torre Enfriamiento	Clarificador	Caldera	Lavado Tanque	Descarga Río Teaone	LMP
Hierro (Fe)	mg/l	0,27	0,57	0,24	<0,10	<0,10	3,03	10,0
Cromo Hex. (Cr+6)	mg/l	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,5
Cobre (Cu)	mg/l	0,003	0,021	0,002	0,003	<0,001	0,002	1,0
Plomo (Pb)	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,009	<0,001	0,2
Zinc (Zn)	mg/l	<0,010	0,015	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	5,0

Elaboración: CAESCOM (2026)

COMPUESTOS FENÓLICOS (FENOLES)

La modelación de Fenoles en un sistema lótico como el río Teaone se fundamenta en la combinación de un balance de masas conservativo para la zona de mezcla y una cinética de degradación de primer orden para el transporte longitudinal.

Balance de Masa en la Mezcla Inicial (C0)

En el punto exacto de la descarga ($x = 0$), el cálculo asume una mezcla completa instantánea. Debido a la alta solubilidad de los fenoles, se utiliza la ecuación de continuidad para determinar la concentración resultante tras el contacto con el cuerpo receptor

$$C_0 = \frac{Q_r \cdot C_r + Q_v \cdot C_v}{Q_r + Q_v} \quad \text{Ec. 6.20}$$

Donde:

- Q_r , Q_v : Caudales del río y del vertido, respectivamente.
- C_r , C_v : Concentraciones de fondo y del efluente.

Este paso es crítico porque, debido al gran volumen de dilución del río, la concentración de fenoles suele caer por debajo de los umbrales de toxicidad aguda inmediatamente en el punto de contacto.

Una vez superada la zona de mezcla, la concentración de fenoles disminuye a medida que el flujo avanza. Este proceso se modela mediante una ecuación diferencial de primer orden (Ley de Chick-Watson aplicada a compuestos químicos):

$$\frac{dC}{dt} = -k_s \cdot C \quad \text{Ec. 6.21}$$

Al integrar respecto al tiempo de viaje ($t = x/V$), obtenemos la concentración a cualquier distancia (x):

$$C(x) = C_0 \cdot e^{-k_s \left(\frac{x}{V}\right)} \quad \text{Ec. 6.22}$$

- **V:** Velocidad media del río (0,78 m/s).
- **K_s:** Coeficiente de decaimiento global (día-1).

A diferencia de los metales, los fenoles no solo se diluyen o sedimentan, sino que desaparecen de la columna de agua a través de tres vías principales representadas en la constante K_s.

Condiciones desfavorables

Todos los resultados analizados cumplen satisfactoriamente con la normativa, manteniéndose en concentraciones muy bajas o por debajo del límite de detección del laboratorio

A continuación, se presentan los valores de Fenoles registrados en los informes de monitoreo de la Central Térmica Esmeraldas I. Para este parámetro, el Límite Máximo Permisible (LMP) según el TULSMA (Tabla 9) es de 0,2 mg/l.

Tabla 6.21: Resultados del monitoreo para fenoles

Punto de Muestreo	Fecha de Monitoreo	Valor de Fenoles (mg/l)	Cumplimiento (LMP 0,2)
Descarga al Río Teaone	Agosto 2023	0,007	CUMPLE
Descarga al Río Teaone	Agosto 2024	0,005	CUMPLE
Descarga al Río Teaone	Febrero 2024	0,004	CUMPLE
Descarga al Río Teaone	Mayo 2024	0,003	CUMPLE
Descarga al Río Teaone	Mayo 2023	<0,001	CUMPLE

Elaboración: CAEESCOM (2026)

El valor más desfavorable (más alto) registrado es de 0,0070 mg/l en la descarga al río Teaone durante el monitoreo de agosto de 2023. Incluso este valor máximo representa apenas el 3.5% del límite permitido, lo que indica una presencia mínima de estos compuestos orgánicos en el efluente. En los puntos de "agua cruda" o purgas directas de proceso (Piscina de Neutralización y Torre de Enfriamiento), los fenoles no son detectables por el método analítico (<0,001 mg/l).

HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO (TPH)

La metodología de cálculo empleada para la modelación de la calidad del agua en el Río Teaone se fundamenta en un modelo determinístico unidimensional (1D) de transporte de contaminantes. Este enfoque permite simular la capacidad de asimilación del cuerpo receptor bajo condiciones de mezcla completa.

Balance de Masa en la Mezcla Inicial (C₀)

En el punto exacto de la descarga ($x = 0$), el cálculo asume una mezcla completa instantánea. Debido a la alta solubilidad de los fenoles, se utiliza la ecuación de continuidad para determinar la concentración resultante tras el contacto con el cuerpo receptor

$$C_0 = \frac{Q_r \cdot C_r + Q_v \cdot C_v}{Q_r + Q_v} \quad \text{Ec. 6.23}$$

Donde:

- **Q_r , Q_v:** Caudales del río y del vertido, respectivamente.
- **C_r , C_v:** Concentraciones de fondo y del efluente.

Una vez ocurrida la mezcla, el contaminante se desplaza aguas abajo por advección (arrastrado por la corriente). Durante este trayecto, su concentración disminuye según una cinética de primer orden, que representa procesos de biodegradación, sedimentación o volatilización.

$$\frac{dC}{dt} = -k_s \cdot C \quad \text{Ec. 6.24}$$

Al integrar respecto al tiempo de viaje ($t = x/V$), obtenemos la concentración a cualquier distancia (x):

$$C(x) = C_0 \cdot e^{-k_s \cdot \left(\frac{x}{V}\right)} \quad \text{Ec. 6.25}$$

- **V:** Velocidad media del río (0,78 m/s).
- **K_s:** Coeficiente de decaimiento global (día⁻¹).

Los coeficientes de decaimiento (KS) seleccionados para el modelo representan la velocidad a la que el contaminante desaparece de la columna de agua. Estos valores han sido ajustados según la bibliografía técnica para ríos de baja profundidad y alta velocidad como el Teaone, para este caso se usa un valor de 0.1 día-1.

Condiciones desfavorables

A continuación, se detallan los valores de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) registrados en los monitoreos de la Central Térmica Esmeraldas I. El Límite Máximo Permisible (LMP) para este parámetro, es de 20,0 mg/l.

Todos los puntos analizados cumplen satisfactoriamente con la normativa vigente.

Puntos de Purga de Proceso (Agua Cruda)

En las purgas directas de los equipos se registran los valores más altos, aunque todos dentro del límite legal:

Tabla 6.22: Resultados del monitoreo para TPH

Punto de Muestreo	Fecha	Valor TPH (mg/l)	Protocolo
Purga de Torre de Enfriamiento (A7)	Mayo 2024	6,30	318194/2024-1.0
Purga Piscina de Neutralización (A8)	Mayo 2024	5,41	318201/2024-1.0
Purga de Caldera (A5)	Mayo 2024	2,49	318178/2024-1.0
Purga del Clarificador (A6)	Mayo 2024	<2,0	318189/2024-1.0
Purga Agua Lavado Tanque (A4)	Mayo 2024	<2,0	318172/2024-1.0
Purga Piscina de Neutralización (A5)	Nov 2023	<0,15	775385/2023-1.0

Elaboración: CAEESCOM (2026)

Punto de Vertido (Descarga al Río Teaone)

Este punto, que cuenta con tratamiento previo, muestra niveles consistentemente bajos:

- Mayo 2024: <2,0 mg/l.
- Agosto 2024: <0,15 mg/l.
- Febrero 2024: <0,15 mg/l.
- Agosto 2023: <0,15 mg/l.
- Mayo 2023: <0,15 mg/l.

Se observa que en el monitoreo de mayo de 2024 hubo una detección positiva en varios puntos internos (calderas, piscina de neutralización, torres), mientras que en los monitoreos anteriores y posteriores de la descarga final los niveles suelen estar por debajo del límite de cuantificación del laboratorio. El registro más alto es de 6,30 mg/l, detectado en la Purga de la Torre de Enfriamiento en mayo de 2024. Todos los valores están muy por debajo del límite de 20,0 mg/l.

→ DESCRIPCIÓN

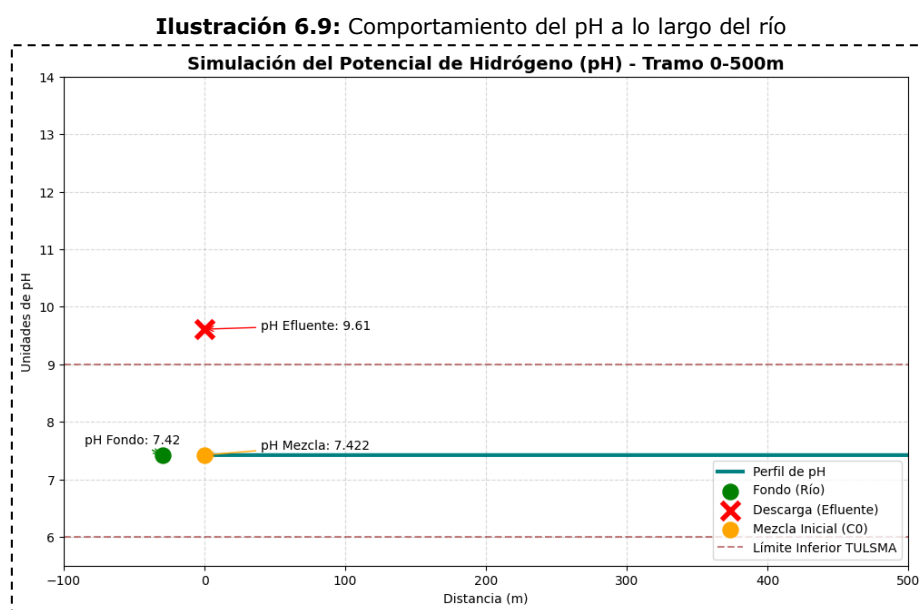
• ANÁLISIS DE RESULTADOS

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH)

Al momento de la descarga, el efluente (pH 9,61) se mezcla con el agua del río (pH 7,42). Dado que el efluente es más alcalino y su volumen es mucho menor en comparación con el río, la mezcla inicial de pH es 7,42197 (redondeado a 7,422 en la tabla).

Aunque el pH del efluente es alto, el gran volumen del río ayuda a amortiguar el cambio, manteniendo el pH de la mezcla inicial cerca del pH del río, pero ligeramente afectado por la alcalinidad del efluente.

El gráfico muestra que, a partir del punto de mezcla, el pH tiende a recuperarse muy ligeramente hacia el pH original del río (7,42). Esto se debe a los procesos naturales de amortiguación del río (presencia de carbonatos, reaireación, etc.). El modelo utiliza una constante de recuperación ($kr_{ph} = 0,05$) que simula esta tendencia a la estabilización. En el tramo de 0 a 500 metros, el pH se mantiene muy estable, fluctuando mínimamente alrededor de 7,386 – 7,388.



Elaboración: CAESCOM (2026)

Las líneas punteadas rojas en el gráfico (6,0 y 9,0) representan los límites de pH permitidos por la normativa. En este tramo de 0 a 500 metros, el pH se mantiene dentro de los límites establecidos (entre 6,0 y 9,0), lo que indica que, a pesar de la descarga de un efluente con pH elevado, el río logra mantener su pH dentro de rangos aceptables en el tramo analizado.

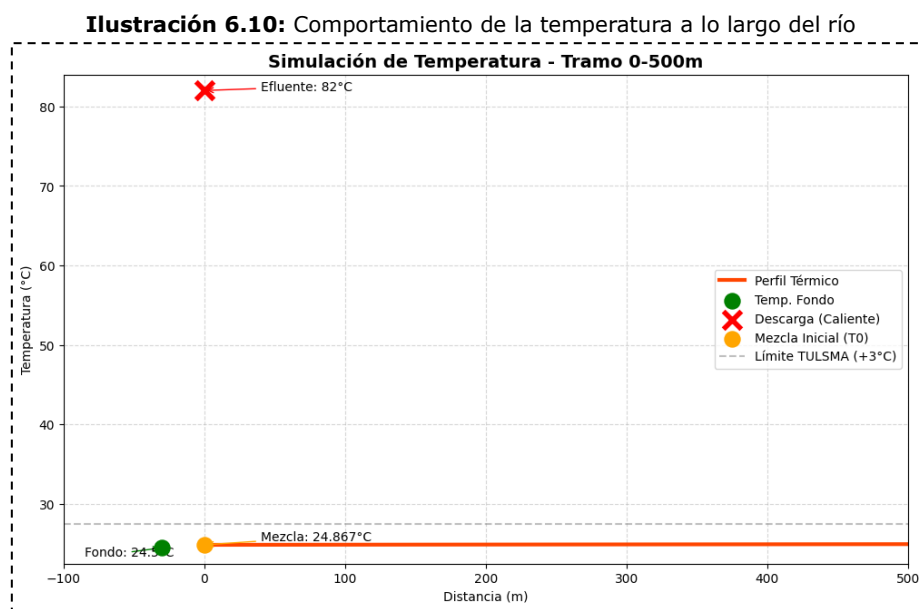
TEMPERATURA

Parámetros Térmicos:

- **Temperatura del Río (Fondo):** 24,50 °C. Sigue siendo la temperatura base del río aguas arriba.
- **Temperatura de la Descarga (Efluente):** 82,0 °C. Considerado como el valor más desfavorable de los registrados en los análisis.
- **Temperatura del Aire Ambiente:** 26,0 °C. La temperatura ambiente promedio, la misma que será el punto de equilibrio térmico.

Mezcla Térmica Inicial (Punto Cero - 0m):

Con el efluente a 82,0 °C, la temperatura de la mezcla inicial es de 24,86 °C. Aunque la temperatura del efluente es muy alta, el gran volumen del río ($Q_{rio} = 5,637 \text{ m}^3/\text{s}$ versus $Q_v = 0,025817 \text{ m}^3/\text{s}$) sigue siendo el factor dominante, por lo que el aumento inicial de la temperatura del río es relativamente pequeño, pero más notable que con el efluente a 31,2°C.



Elaboración: CAEESCOM (2026)

El gráfico muestra que, después de la mezcla inicial (24,86 °C), la temperatura del río continúa aumentando a lo largo de los primeros 500 metros. Esto se debe a que la temperatura de la mezcla inicial (24,86 °C) está por debajo de la temperatura ambiente (26,0 °C). El río absorbe calor de la atmósfera o del efluente caliente que ha elevado su temperatura base, para intentar alcanzar ese equilibrio térmico con el aire circundante.

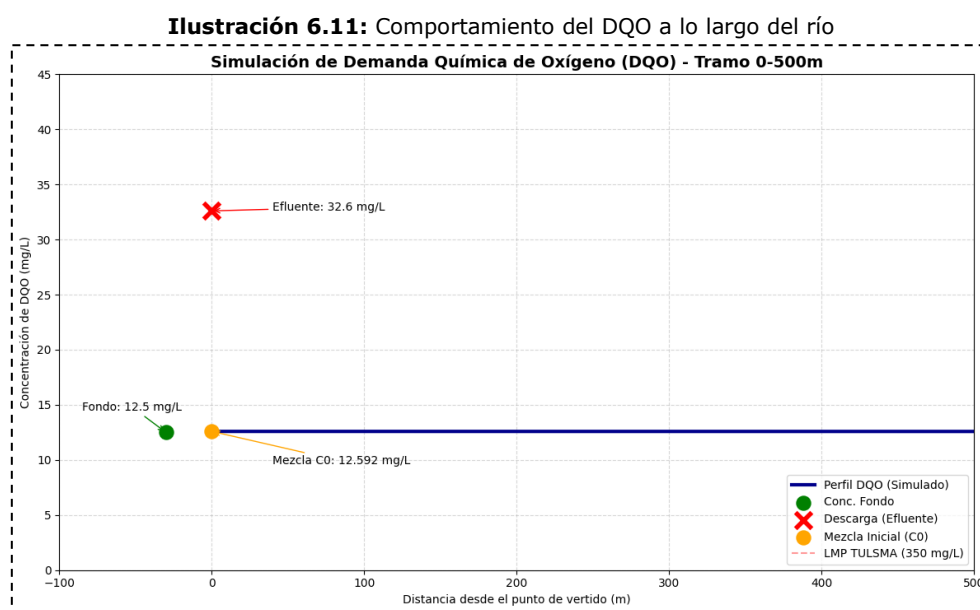
En conclusión, a pesar de que el efluente se descarga a una temperatura muy alta (82°C), en este tramo de 0 a 500 metros, la temperatura del río se mantiene muy por debajo del límite máximo establecido por la normativa (< 35°C). La capacidad de dilución del río y el equilibrio con la temperatura ambiente mitigan el impacto térmico de manera efectiva en este tramo.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

El análisis técnico de los resultados para la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el Río Teaone revela una alta capacidad de asimilación del cuerpo receptor frente a la descarga evaluada, considerando los siguientes puntos:

El aspecto más relevante es la eficiencia de la dilución. A pesar de que el efluente ingresa con una carga de 32,6 mg/l, la mezcla inicial resultante es de apenas 12,59 mg/l. Esto se debe a la gran diferencia entre el caudal del río y el del vertido. La relación de mezcla es de aproximadamente 219 a 1, lo que significa que por cada litro de efluente hay 219 litros de agua del río para diluirlo.

Impacto: El incremento neto en el río tras la descarga es de solo 0.09 mg/l, un valor técnicamente despreciable que no altera la calidad físico-química del agua de manera significativa.



Elaboración: CAESCOM (2026)

Los resultados muestran una reducción de 12,59 mg/l a 12,58 mg/l. La variación es de apenas 0,01 mg/l en medio kilómetro. Esto confirma que en tramos cortos y con velocidades de 0,78 m/s, la DQO se comporta como un parámetro conservativo. El contaminante tarda solo 10,68 minutos en recorrer los 500 metros. Debido a este tiempo tan corto, los procesos de oxidación química y sedimentación no tienen oportunidad de reducir la carga de forma drástica, dejando la responsabilidad de la mejora de la calidad casi exclusivamente a la dilución.

En conclusión, la descarga de DQO en las condiciones actuales no representa un riesgo ambiental para el Río Teaone. La geometría variable del río (que se ensancha hasta los 36 m) y su caudal dominante garantizan que la Zona de Mezcla sea extremadamente corta y que el impacto sobre el ecosistema sea imperceptible desde el punto de vista de la carga orgánica total. Si comparamos los resultados finales con los criterios de calidad para la preservación de vida acuática 350 mg/l, el río se mantiene en una categoría de calidad "Excelente" o "No Contaminada" respecto a este parámetro.

METALES PESADOS

Este apartado simula la concentración de diferentes metales pesados (Hierro, Cromo VI, Cobre, Plomo y Zinc) en el río, considerando un escenario donde las concentraciones en el efluente corresponden a valores de descargas máximas o condiciones desfavorables, combinadas con las concentraciones iniciales o de fondo del río.

Los Parámetros de Entrada para cada metal, se definieron:

- **Fondo:** Concentración natural del metal en el río aguas arriba.
- **Efluente_Máx:** Concentración del metal en la descarga en una situación desfavorable.
- **Ks:** Tasa de decaimiento o remoción del metal en el agua.

En la distancia 0m (el punto de vertido), se observa la concentración resultante de la mezcla instantánea del caudal del río con las altas concentraciones del efluente. Por ejemplo:

- **Hierro:** De un fondo de 0,150 mg/L y un efluente de 3,030 mg/L, la mezcla inicial es de 0,163130 mg/L.
- **Cromo VI:** De un fondo de 0,005 mg/L y un efluente de 0,050 mg/L, la mezcla inicial es de 0,005205 mg/L.
- **Cobre:** De un fondo de 0.010 mg/L y un efluente de 0,021 mg/L, la mezcla inicial es de 0,010050 mg/L.

- **Plomo:** De un fondo de 0,001 mg/L y un efluente de 0,009 mg/L, la mezcla inicial es de 0,001036 mg/L.
- **Zinc:** De un fondo de 0,050 mg/L y un efluente de 0,015 mg/L, la mezcla inicial es de 0,049840 mg/L.

A medida que el agua fluye río abajo (de 0m a 500m), las concentraciones de todos los metales disminuyen gradualmente. Esta reducción se debe a los procesos de decaimiento y remoción (sedimentación, adsorción, etc.) representados por el coeficiente Ks de cada metal. Se observa que las concentraciones a 500m son ligeramente inferiores a las concentraciones iniciales de mezcla:

- Para el Hierro, la concentración baja de 0,163130 mg/L a 0,163033 mg/L en 500m.
- Para el Cromo VI, baja de 0,005205 mg/L a 0,005204 mg/L.
- Para el Cobre, baja de 0,010050 mg/L a 0,010046 mg/L.
- Para el Plomo, baja de 0,001036 mg/L a 0,001036 mg/L.
- Para el Zinc, baja de 0,049840 mg/L a 0,049822 mg/L.

La tabla muestra cómo incluso con valores desfavorables de descarga, la dilución inicial con el caudal del río reduce significativamente las concentraciones. Posteriormente, los procesos naturales de remoción continúan reduciéndolas, aunque a un ritmo más lento para metales debido a sus bajas tasas de Ks.

=====

TABLA DE CALIDAD DE AGUA: METALES PESADOS - ESCENARIO DESFAVORABLE (mg/L)

=====

	Distancia (m)	Hierro (Fe)	Cromo VI	Cobre (Cu)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)
0	0	0.163130	0.005205	0.010050	0.001036	0.049840
1	100	0.163111	0.005205	0.010049	0.001036	0.049837
2	200	0.163091	0.005205	0.010048	0.001036	0.049833
3	300	0.163072	0.005204	0.010047	0.001036	0.049829
4	400	0.163053	0.005204	0.010047	0.001036	0.049826
5	500	0.163033	0.005204	0.010046	0.001036	0.049822

Análisis de sensibilidad

Este análisis de sensibilidad mediante Matrices de Riesgo Hidráulico (Heatmaps) constituye la evaluación más avanzada para este trabajo, ya que permite predecir el comportamiento del río bajo condiciones de estrés climático extremo (estiaje) y fallas operativas críticas (incremento de flujo de purgas).

Para estos mapas, hemos fijado la concentración del vertido (Cv) exactamente en la situación desfavorable de cada metal, lo que representa un escenario de valores máximos de operación histórica.

Dominancia del Caudal del Río Qrio sobre el de Descarga Qv

Observando el eje vertical (Disminución de Q_{rio}), se muestra que los colores se intensifican (hacia el rojo) mucho más rápido que en el eje horizontal. Debido a que el Río Teaone tiene un caudal dominante, una pérdida del 80% de su caudal (escenario de sequía severa) reduce drásticamente la capacidad de dilución, elevando la concentración de la mezcla C0 de forma más agresiva que si triplicaras el volumen de agua de la planta.

El Caso del Hierro (Fe)

Con un vertido fijado en 3,03 mg/l, incluso en condiciones críticas, la concentración en el río no supera el 1,0 mg/l. Esto indica que el Río Teaone tiene una reserva de oxígeno y capacidad de asimilación muy alta para el hierro, manteniendo el agua dentro de rangos estéticamente aceptables y ecológicamente seguros.

Evaluación del Plomo (Pb) - Parámetro Crítico

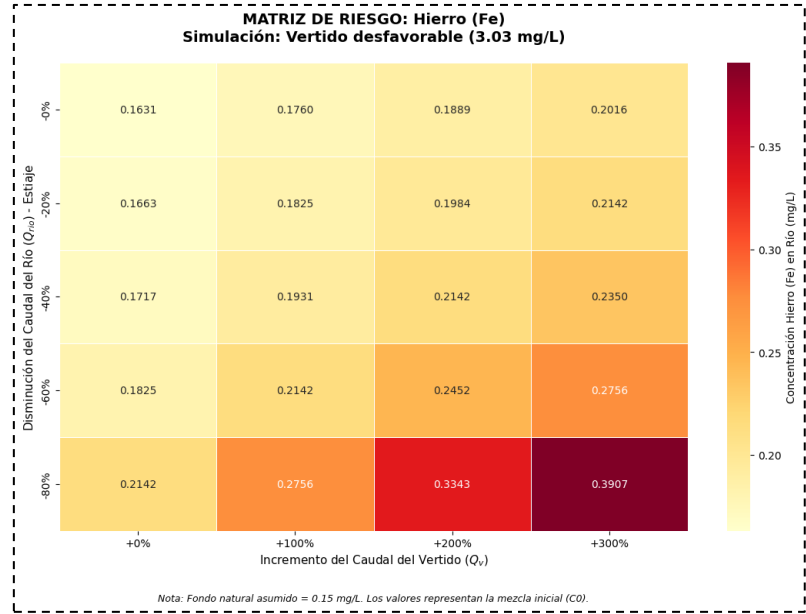
El Plomo es el metal que muestra mayor sensibilidad ambiental, únicamente observadas con condiciones fuera del LMP. En condiciones normales, la mezcla resulta en 0,001 mg/l. Sin embargo, en el peor escenario posible (Río al -80% y descarga al +300%), la concentración sube a 0,002 mg/l.

Otros metales Pesados

Para metales como el Cromo, Cobre y el Zinc, casi toda la matriz se mantiene en tonos claros, lo que significa que el río es extremadamente resiliente a estos elementos. El impacto es prácticamente imperceptible a menos que ocurra un desastre climático y operativo simultáneo.

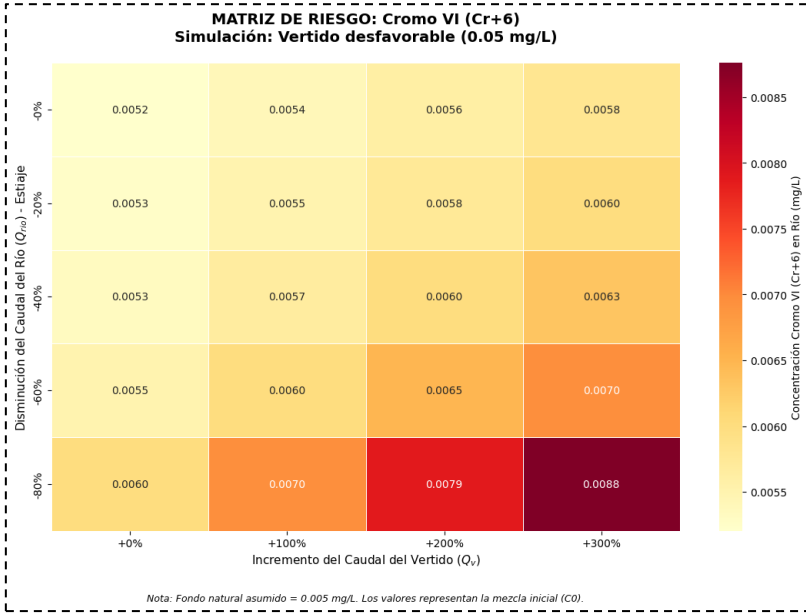
Los resultados de estas matrices validan la viabilidad del vertido. Se puede concluir que el proyecto cuenta con un Seguro Hidráulico natural: la magnitud del caudal del Río Teaone es tan superior a la descarga que, incluso operando al límite de los valores establecidos en el Acuerdo Ministerial 155 y bajo una sequía que reduzca el río al 20% de su capacidad, las concentraciones resultantes en la zona de mezcla siguen cumpliendo mayoritariamente con los estándares de calidad ambiental más riguroso.

Ilustración 6.12: Matriz de riesgo por hierro



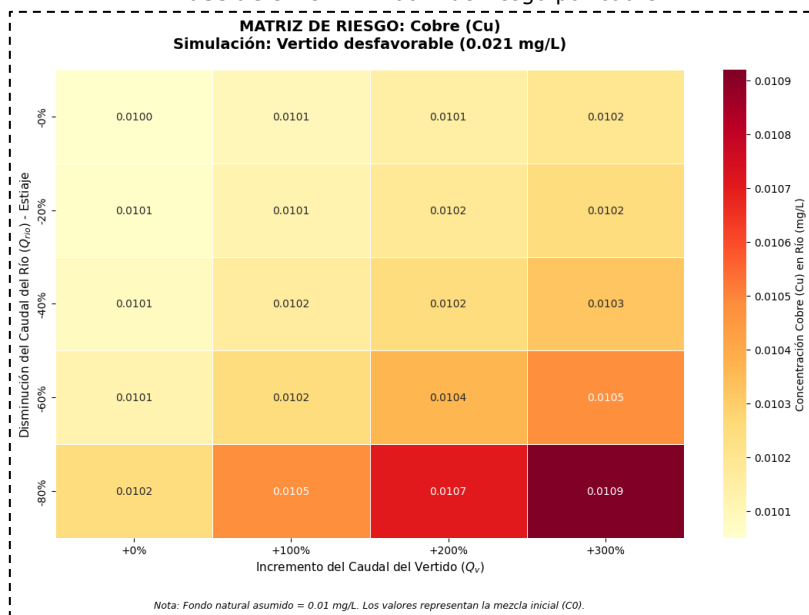
Elaboración: CAEESCOM (2026)

Ilustración 6.13: Matriz de riesgo por cromo



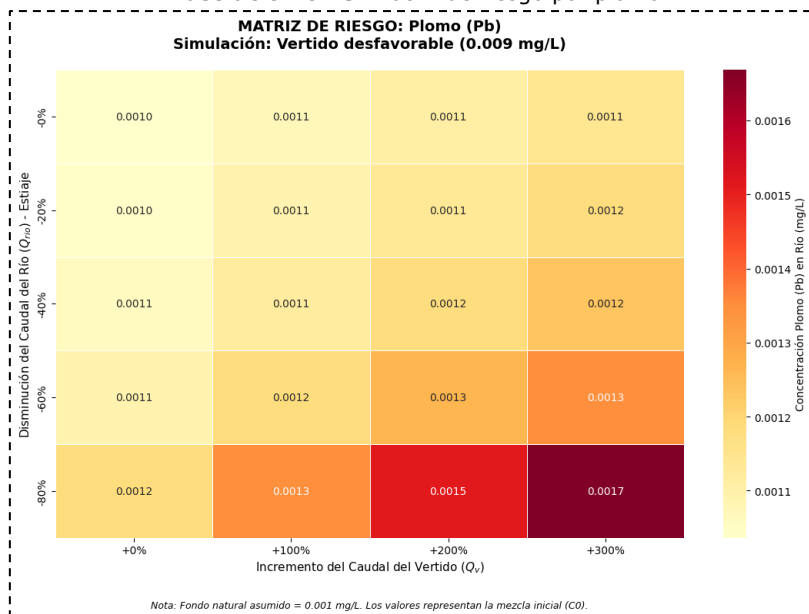
Elaboración: CAEESCOM (2026)

Ilustración 6.14: Matriz de riesgo por cobre



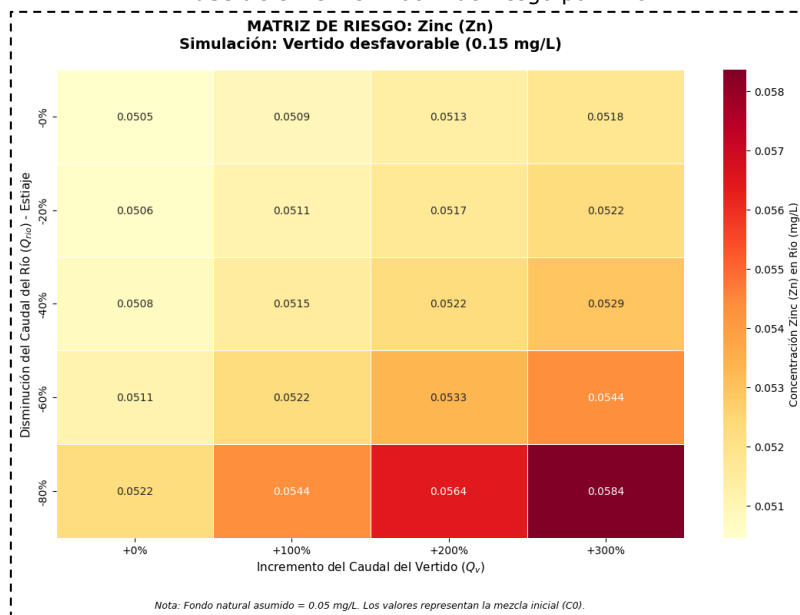
Elaboración: CAESCOM (2026)

Ilustración 6.15: Matriz de riesgo por plomo



Elaboración: CAESCOM (2026)

Ilustración 6.16: Matriz de riesgo por zinc



Elaboración: CAEESCOM (2026)

COMPUESTOS FENÓLICOS (FENOLES)

El río presentaba una concentración de fondo de 0,0005 mg/L, un valor muy bajo que indica una excelente calidad inicial en cuanto a fenoles.

La descarga aportaba fenoles con una concentración de 0,007 mg/L. Aunque este valor es superior al del río, es relativamente bajo en un contexto general.

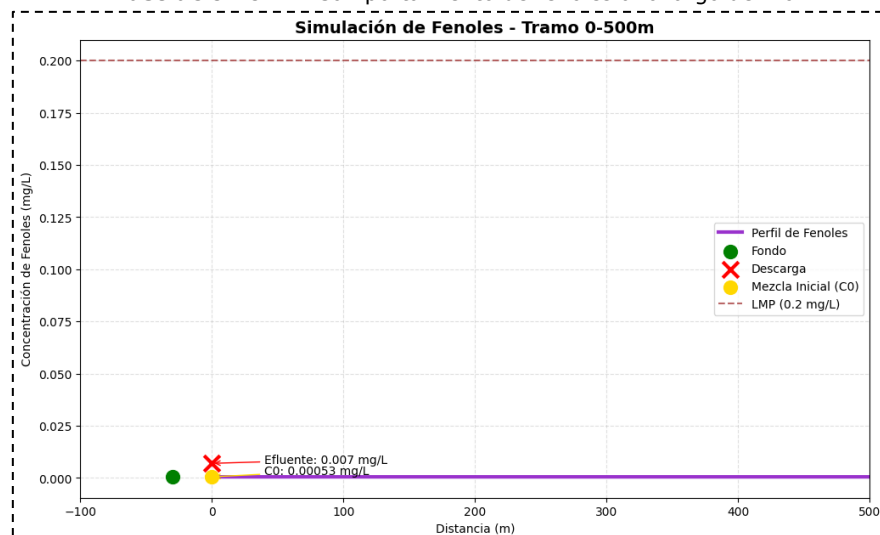
Se utilizó una tasa de 0,25 1/día, que sugiere una biodegradación o volatilización moderada de los fenoles en el medio acuático.

El caudal del río es considerablemente mayor que el del vertido, lo que es un factor clave para la dilución. La velocidad de flujo ($V_{\text{campo}} = 0,78 \text{ m/s}$) determina el tiempo de viaje en el tramo.

Mezcla Inicial (C₀):

La concentración de fenoles inmediatamente después de la mezcla (C₀) es de 0,000530 mg/l. Esta concentración se calcula mediante un balance de masas y es muy cercana a la concentración de fondo del río. Esto se debe a la alta capacidad de dilución del río, que mitiga el impacto de la descarga casi por completo en el punto inicial.

Ilustración 6.17: Comportamiento de fenoles a lo largo del río



Elaboración: CAEESCOM (2026)

Perfil Longitudinal (0-500m):

Los resultados en la tabla `df_fenoles` muestran que las concentraciones de fenoles apenas varían a lo largo de los primeros 500 metros:

- **0 m:** 0,000530 mg/L
- **500 m:** 0,000529 mg/L

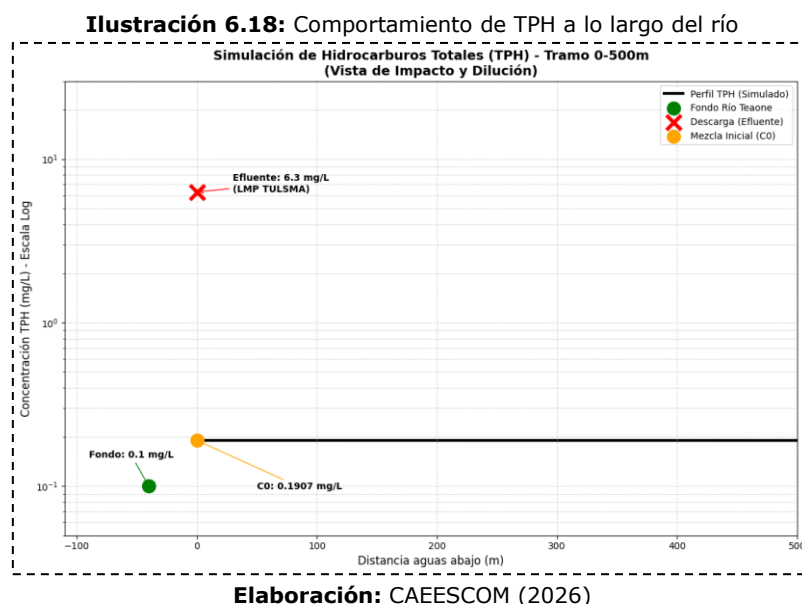
Esta mínima reducción se explica porque, aunque hay una tasa de decaimiento, el tiempo de viaje necesario para recorrer 500 metros a una velocidad de 0,78 m/s es muy corto (aproximadamente 10,68 minutos o 0,0074 días). En este lapso, el efecto del decaimiento exponencial es marginal.

El Límite Máximo Permisible (LMP) de fenoles para la preservación de la vida acuática, según la normativa, es de 0,2 mg/L. Las concentraciones simuladas, que oscilan entre 0,000530 mg/L y 0,000529 mg/L en todo el tramo, son varias órdenes de magnitud inferiores a este límite.

En conclusión, la modelación indica que, bajo las condiciones simuladas, la descarga de fenoles no representa un impacto significativo en la calidad del agua del río Teaone en los primeros 500 metros. La principal razón de este bajo impacto es la alta dilución proporcionada por el caudal del río. El decaimiento natural de los fenoles contribuye a una mínima reducción adicional, pero su efecto es casi imperceptible en un tramo tan corto.

HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO (TPH)

Las concentraciones simuladas en el río (alrededor de 0,19 mg/L en todo el tramo de 0-500m) se encuentran por debajo de este LMP. Esto significa que, bajo las condiciones simuladas, la descarga de TPH no provoca una superación inmediata de los estándares de calidad del agua en el río Teaone en este tramo crítico.



El perfil de TPH simulado en el gráfico, que va desde los 0m hasta los 500m aguas abajo, muestra que la concentración inicial de 0,1907 mg/L decae muy ligeramente a 0,1906 mg/L al final del tramo. Esto se debe a la significativa dilución que ocurre en el punto de mezcla y a que la tasa de decaimiento es relativamente baja en un tiempo de viaje tan corto. Es importante destacar que las concentraciones en el río se mantienen muy por debajo del Límite Máximo Permissible (LMP) de 20 mg/L establecido por la normativa, lo que sugiere un bajo impacto de la descarga en este parámetro.

• DETERMINACIÓN DE ÁREA DE INFLUENCIA

Los resultados de la modelación hidrodinámica y de balance de masas evidencian que el efecto del vertido es localizado, sin presentar propagación significativa aguas abajo, ya que las concentraciones tienden rápidamente a condiciones cercanas al fondo natural.

En función de lo anterior se adopta como AID el tramo del río que discurre paralelo al perímetro sur de la CTE I (incluye el punto de descarga), por constituir el sector donde existe interacción directa, inmediata y físicamente vinculada entre las actividades del proyecto y el recurso hídrico, además esto se con la integración de criterios hidráulicos, ambientales, espaciales y de presión antrópica, conforme se detalla a continuación:

a) Criterio hidráulico y de mezcla: El punto de descarga constituye el sitio donde se genera el mayor gradiente de concentración debido a la incorporación inmediata del efluente al río. No obstante, debido al alto factor de dilución (1:219) y a las condiciones hidráulicas del río Teaone (velocidad media de 0,78 m/s), la dispersión inicial ocurre de manera acelerada, limitando la persistencia del impacto.

b) Criterio de calidad ambiental (evidencia empírica): Los informes de monitoreo del cuerpo hídrico influenciado demuestran que no existen variaciones significativas en las concentraciones de los parámetros analizados, incluso en el entorno inmediato de la descarga, manteniéndose dentro de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente. Este comportamiento confirma la alta capacidad de asimilación del río.

c) Criterio de interacción de fuentes antrópicas: Se considera que el sistema hídrico presenta la influencia de otras infraestructuras relevantes, tales como la implantación de la Central Térmica Esmeraldas II (CTE-II) aguas arriba y el cruce del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) aproximadamente a 200 m aguas abajo de la descarga, vinculado a la Refinería de Esmeraldas.

La coexistencia de estas infraestructuras implica un entorno con múltiples presiones antrópicas, donde la contribución específica de la CTE I no genera alteraciones diferenciables en la calidad del agua.

En conclusión, la integración de los criterios descritos permite establecer que:

- El impacto directo del proyecto es puntual, localizado y de rápida atenuación.
- No se evidencian cambios significativos en la calidad del agua atribuibles a la descarga.
- La delimitación del AID no responde únicamente al punto de descarga, sino al tramo funcionalmente vinculado al proyecto, en el cual existe interacción espacial directa con la infraestructura.
- El AID definido refleja de manera más precisa el ámbito real de influencia inmediata del proyecto, considerando tanto los procesos físicos de mezcla como el contexto territorial y antrópico del río Teaone.

Con base a este análisis, el AID Agua ocupa una superficie de 2,51 ha (ver **Anexo 04. Cartografía\Carpetas Mapas\46 Mapa Areas de Influencia Directa Física Agua**).

E. AID TOTAL DEL MEDIO FÍSICO

Tal como se muestra en la siguiente tabla la superficie ocupada por el AID total del medio físico es de **644,54 ha**:

Tabla 6.23: AID total del medio físico

No.	Componente	Buffer ⁽³⁾	Superficie
1	Suelo	NA	10,99 ha
2	Ruido	80 m	15,93 ha
3	Aire	NA	631,53 ha
4	Agua	NA	2,51 ha
AID Total del Medio Físico			644, 54 ha

Elaboración: CAEESCOM (2024)

El mapa que representa el AID del medio físico se puede visualizar en el **Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\47 Mapa Areas de Influencia Directa Física Total**.

6.1.1.2 ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL MEDIO BIÓTICO

A. DESCRIPCIÓN DEL AII DE LOS COMPONENTES DEL MEDIO BIÓTICO

El proyecto CTE I, ya se encuentra en fase de operación, es decir, que toda la infraestructura necesaria para su operación ya está construida y que no se desbrozará más superficie de vegetación nativa.

Para definición del área de influencia directa (AID) para el componente biótico se considera el área intervenida por el proyecto, es decir el área en donde se desarrollan las actividades y en donde se encuentran las facilidades e infraestructura de la CTE I.

→ AID DE FLORA

Para el subcomponente Flora, se considera que, la afectación por las actividades del proyecto podría afectar de manera directa a la vegetación boscosa que es parte del predio de CELEC EP. Esto considerando que ciertas actividades como el manejo de desechos, la acumulación de escombros y los mantenimientos (mediante la utilización de químicos) en la zona de bosque podrían afectar el desarrollo de las especies arbóreas y crecimiento de nuevos individuos especialmente en los estratos herbáceo y arbustivo.

⁽³⁾ A partir del perímetro del área de implantación.

De esta manera se establece que, el área de influencia directa para el subcomponente Flora cubre una superficie total de 10,99 ha. (ver [Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\49 Mapa Areas de Influencia Directa Biótica Flora](#)).

Tabla 6.24: AID para la flora

Componente	Zona	Superficie	Criterio
Flora	Área de implantación del proyecto + zona boscosa (predios CELEC EP)	10,99 ha	Actividades operativas del proyecto

Elaboración: CAEESCOM (2025)

→ AID DE FAUNA TERRESTRE

El AID para la fauna terrestre considera toda la superficie del área operativa del proyecto, incluyendo las zonas que poseen infraestructura relacionada con las actividades del proyecto como la piscina de lixiviados que se encuentra en la zona boscosa, además del área de servidumbre de la línea de transmisión e implantación de torres de transmisión existentes que podrían afectar de manera directa a la fauna terrestre presente en la zona boscosa del proyecto.

Tabla 6.25: AID para fauna terrestre

Componente	Zona	Superficie	Criterio
Ornitofauna	Área de implantación del proyecto - Infraestructura	6,04 ha (54,96%)	Actividades operativas del proyecto
Mastofauna			
Herpetofauna			
Entomofauna			

Elaboración: CAEESCOM (2025)

El área de influencia directa para los componentes de fauna terrestre cubre una superficie de 6,04 ha, que en relación al área total del proyecto representa un 54,96%. (ver [Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\50 Mapa Areas de Influencia Directa Biótica Fauna Terrestre](#)).

→ AID ACUÁTICA

La dinámica natural de los cuerpos de agua y grado de intervención evidenciado en la zona de estudio disminuye la franja de vegetación ribereña de las microcuencas alterando así el funcionamiento del ecosistema acuático (Encalada et al., 2019). La escasa vegetación en zona de ribera ocasiona la ausencia de hábitats para fauna acuática (Ictiofauna y Macroinvertebrados) por ende la presencia de especies para determinar la calidad del agua.

Para determinar el AID acuática se consideraron varios criterios. El primero se basa en establecido en el Acuerdo Ministerial No. MAATE-2022-122 el cual dice que "se establecerá como área de influencia directa a todos los cuerpos hídricos que tengan incidencia con el área operativa del proyecto".

Otro criterio considerado para la fauna acuática se basa en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) del agua. Esto se fundamenta en que la DBO es un indicador directo del nivel de contaminación por materia orgánica biodegradable en un cuerpo de agua. Este parámetro, al medir el consumo de oxígeno disuelto (O_2) por parte de los microorganismos para descomponer dicha materia, está intrínsecamente ligado a la salud del ecosistema acuático y, por lo tanto, a la distribución y supervivencia de la fauna que lo habita.

La fauna acuática, especialmente los peces, necesita oxígeno disuelto para respirar. Un vertido con alta DBO consume rápidamente el O_2 del agua, creando condiciones de hipoxia (bajo oxígeno) o incluso anoxia (ausencia de oxígeno). Esta reducción drástica del O_2 puede causar estrés, desplazamiento o la muerte de especies acuáticas, limitando su presencia a zonas con mejores condiciones de calidad de agua.

Adicionalmente, según lo establecido en el Acuerdo Ministerial AM MAATE-2022-091, se considerarán 10 m a partir de la orilla del cuerpo de agua que atraviesa el área del proyecto.

Es por esto que, para el establecimiento del AID de fauna acuática se considera lo establecido en el AID de aguas del componente físico, mismo que integra un modelamiento de degradación del parámetro DBO y determina que a 800 metros se reduce la concentración en un 5,20%. (ver [Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\51 Mapa Areas de Influencia Directa Fauna Acuática](#)).

Tabla 6.26: AID para fauna acuática

Componente	Zona	Superficie	Criterio
Ictiofauna	Área del cuerpo de agua que corresponde con la instalación del proyecto + 10 m de la orilla	3,15 ha	Modelamiento DBO
Macroinvertebrados Acuáticos			

Elaboración: CAEESCOM (2025)

B. RESUMEN DEL AID PARA EL MEDIO BIÓTICO

A continuación, se presentan los valores definidos para las áreas de influencia directa e indirecta del componente biótico:

Tabla 6.27: Resumen del AID para el medio biótico

No.	Componente	AID
1	Flora	10,99 ha
2	Fauna Terrestre	6,04 ha
3	Fauna Acuática	3,15 ha

Elaboración: CAEESCOM (2024)

6.1.1.3 ÁREA DE INFLUENCIA SOCIAL DIRECTA

Según el Decreto Ejecutivo 754, publicado en el Registro Oficial No. 323 de 2 de junio de 2023 el Área de Influencia Social Directa (AISD) se define como:

"Es el campo social resultado de las interacciones directas entre el contexto social, físico y biótico de la zona donde se desarrollará el proyecto, obra o actividad, y los elementos, infraestructura, actividades o afectaciones derivadas de su ejecución, las cuales serán desarrolladas y precisadas dentro de los instrumentos técnicos ambientales, validados por la Autoridad Ambiental competente. La relación social directa proyecto-entorno social se da en por lo menos dos niveles de integración social: unidades individuales (fincas, viviendas, predios y sus correspondientes propietarios, poseedores, o habitantes, o territorios de pueblos y nacionalidades indígenas legalmente reconocidos y tierras comunitarias de posesión ancestral); y, organizaciones sociales de hecho o de derecho tales como: caserío, precooperativa, cooperativa, recinto, barrio, comuna y comunidad. La identificación de las unidades individuales del Área de Influencia Social Directa se realiza en función de orientar las acciones de indemnización, mientras que la identificación de las organizaciones sociales de primer y segundo orden, que conforman el Área de Influencia Social Directa, se realiza en función de establecer acciones de compensación.

Cuando no se cuente con catastros de predios urbanos y rurales oficializados por la entidad competente, la determinación del área de influencia social directa se hará al menos a nivel de organizaciones sociales de primer y segundo orden, y colectivos titulares de derechos. En los instrumentos técnicos ambientales el operador del proyecto, obra o actividad incluirá la documentación que verifique las gestiones de solicitud de la información catastral y la respuesta otorgada por la entidad del ramo."

Analizada la definición dada por la normativa ambiental vigente se puede indicar que el AISD tiene dos niveles: las unidades individuales (propietarios de terrenos colindantes a la instalación del "Proyecto Central Térmica Esmeraldas I" y las organizaciones sociales de primer o segundo orden (comunidades, recintos, barrios o comunidades a las que pertenece el área de implantación del proyecto).

En relación con las unidades individuales (predios), la información fue solicitada al GAD cantonal de Esmeraldas. En la siguiente tabla se presenta los propietarios de las tierras colindantes al proyecto, las cuales están incluidas en el AISD. **Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\52 Mapa Áreas de Influencia Directa Social Nivel 1.**

Tabla 6.28: Predios que colindan con el área de implantación del proyecto

Código catastral	Propietario	X	Y
08015084002021000000P00	CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR CELEC EMPRESA PÚBLICA	646042,674	10102336,32
08015084002023000000P00	SIN INFORMACIÓN	646229,129	10102418,42
08015084002057000000P00	SIN INFORMACIÓN	646219,146	10102517,79
08015084002025000000P00	PETROINDUSTRIAL (REFINERÍA ESMERALDAS)	646507,262	10102506,8
08015084001001000000P00	EMPRESA PÚBLICA DE HIDROCARBUROS DEL ECUADOR EP PETROECUADOR	645777,775	10103179,04
08015084002022000000P00	SIN INFORMACIÓN	646201,902	10102130,46
08015084002024000000P00	SIN INFORMACIÓN	646251,335	10102530,69

Fuente: GADMCE (2025)

Elaboración: CAEESCOM (2025)

Las organizaciones sociales de primer orden consideradas en el presente Estudio de Impacto Ambiental como parte del AISD fueron seleccionadas por encontrarse dentro del área de interacción directa entre uno o varios elementos del proyecto y componentes del contexto social y ambiental. Específicamente, en lo referente al AID aire, este comprende el espacio atmosférico que podría verse afectado por las emisiones gaseosas provenientes de la fuente fija (caldera), en particular por la pluma de dispersión de SO₂. De igual manera, se considera el AID agua en el río Teaone. En este sentido, a partir de los recorridos efectuados en la zona, en la siguiente tabla se presenta el AISD del proyecto.

Tabla 6.29: Área de Influencia Social Directa

N°	Provincia	Cantón	Parroquia	Asentamientos	Coordenadas geográficas (WGS84) 17 S	
					Este (M)	Norte (M)
1	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	Cananga	643577	10099922
2	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	Río Teaone (50 Casas)	645610	10101856
3	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	La Primavera	642834	10099270
4	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	La Tomatera	645425	10101438
5	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	Lucha de los Pobres	644853	10101418
6	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	La Tolita 1	646636	10101937
7	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	La Victoria	647668	10102260
8	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	Urb. Tecnipetrol	643584	10099449
9	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	San Miguel	643303	10099773
10	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	Sihabit	646177	10101856

N°	Provincia	Cantón	Parroquia	Asentamientos	Coordenadas geográficas (WGS84) 17 S	
					Este (M)	Norte (M)
11	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	Inmaculada Concepción	645415	10101252
12	Esmeraldas	Esmeraldas	5 de agosto	La Propicia 4	647425	10102358
13	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	Sector San José	644826	10100913
14	Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	Sector San Gerónimo	647062	10102155

Fuente: Información de campo (2025)

Elaboración: CAEESCOM (2025)

En la tabla se observa que el AISD está conformado por 12 asentamientos con sus respectivas dirigencias comunitarias que los representan. Además, se identifican dos sectores, San José y San Gerónimo, que corresponden a zonas con presencia dispersa y escasa de viviendas e industrias, pero que no cuentan con representantes.

También, cabe mencionar que se solicitó información de la delimitación territorial al GAD cantonal de Esmeraldas, no obstante, esta no se encuentra actualizada. Por tal motivo, en la fase de campo se identificaron los asentamientos y sectores ubicados dentro del área de interacción directa entre uno o varios elementos del proyecto y componentes del contexto social y ambiental, específicamente en relación con el AID aire por la pluma de dispersión de SO₂, y el AID agua en el río Teaone.

Ver [Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\53 Mapa Áreas de Influencia Directa Social Nivel 2.](#)

6.1.2 ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA

Tal como en el AID, el AII fue determinada para el medio físico, medio biótico y medio socioeconómico.

6.1.2.1 ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA DEL MEDIO FÍSICO (ABIÓTICO)

Está definida en concordancia con lo descrito en la sección del área de influencia directa para el componente físico. El AII del medio físico fue determinada para los siguientes componentes abióticos:

A. AII SUELO

El área de influencia indirecta del suelo se puede considerar como una zona de amortiguamiento de los impactos de la CTE I.

→ LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS

Para determinar el AII Suelo se utilizó herramientas de geoprocésamiento en el entorno de ArcGis 10.8 con lo cual se generó un buffer de seguridad a partir del AID Suelo de 50 m.

El buffer de 50 m fue considerado como margen de seguridad teniendo en cuenta de que los impactos ambientales hacia suelo se generan de forma directa y puntual.

→ DESCRIPCIÓN

En base a lo mencionado en los lineamientos metodológicos el AII Suelo ocupa una superficie **9,83 Ha**. La delimitación y representación cartográfica del AII Suelo se presentan en el [Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\83 Mapa Areas de Influencia Indirecta Física Suelo](#).

B. AII RUIDO

El área de influencia indirecta por ruido es la zona geográfica adyacente al AID Ruido donde los niveles de presión sonora se manifiestan con menor magnitud.

→ LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS

Para determinar el radio de influencia indirecta por el ruido al igual que en la determinación del AID Ruido se analizó un escenario teórico de la dispersión y atenuación de este con respecto a la distancia entre el receptor y la fuente emisora.

• CÁLCULO DE LA DISTANCIA DE ATENUACIÓN

Para determinar la distancia requerida de atenuación del ruido emitido por la CTE I se aplicó la expresión matemática que se identifica como Ec. 6.2 y de igual forma que en la determinación del AID Ruido se realizó cálculos en una tabla de Excel para determinar en función de la distancia el comportamiento del ruido hasta el nivel fijado como meta aplicando la Ec. 6.3.

• CRITERIO PARA DELIMITAR EL AID RUIDO

El criterio utilizado para calcular el AID Ruido y de esta manera garantizar el bienestar de la población fue de 20 dB, criterio asumido de la Ilustración 6.1. Este criterio de 20 dB se justifica por lo siguiente:

- Se alinea con el principio preventivo ambiental, implícito en la legislación.

- En teoría se garantiza un ambiente silencioso para los receptores de la zona de estudio.

Para ilustrar en el mapa correspondiente y determinar la superficie real del AII Ruido (zona de amortiguamiento) a la distancia de atenuación calculada para AII se restó 80 m que corresponde a la distancia de atenuación calculada para el AID Ruido.

→ DESCRIPCIÓN

• CÁLCULOS DE LA DISTANCIA DE ATENUACIÓN DEL RUIDO

Los datos de entrada que se utilizaron para determinar la distancia de atenuación para el AII Ruido mediante la Ec. 6.2 se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 6.30: Datos para calcular la distancia de atenuación del ruido en el AII

Variable	Dato	Justificación
L _w	71,90 dB	Corresponde al valor más alto reportado en los informes muestreo realizado para el periodo diurno entre el año 2023 y 2024 y se encuentra descrito en la Tabla 4.55 y Tabla 4.56 del Capítulo 4 del presente estudio. Los informes de muestreo del ruido se encuentran adjuntos en el Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\26 Mapa Muestreo Físico Ruido Ambiental .
	79,20 dB	Corresponde al valor más alto reportado en los informes muestreo realizado para el periodo nocturno entre el año 2023 y 2024 y se encuentra descrito en la Tabla 4.55 y Tabla 4.56 del Capítulo 4 del presente estudio. Los informes de muestreo del ruido se encuentran adjuntos en el Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\26 Mapa Muestreo Físico Ruido Ambiental .
L _p	20 dB	Corresponde al criterio utilizado con el fin de que la distancia de atenuación garantice un ambiente silencioso y no afecte a la salud de los receptores en especial a la población del barrio 50 Casas.

Elaboración: CAEESCOM (2024)

El cálculo de la distancia de atenuación mediante la Ec. 6.2 para el periodo diurno a se observa a continuación.

$$d = 10^{\left(\frac{71,90 \text{ dB} - 20,00 \text{ dB} - 11}{20}\right)}$$

$$d = 110,92 \text{ m} = \mathbf{110,00 \text{ m}}$$

El cálculo de la distancia de atenuación mediante la Ec. 6.2 para el escenario 1 en el periodo nocturno a se observa a continuación.

$$d = 10^{\left(\frac{79,20 \text{ dB} - 20,00 \text{ dB} - 11}{20}\right)}$$

$$d = 251,19 \text{ m} = \mathbf{251,00 \text{ m}}$$

Los datos de entrada que se utilizó para poder calcular el comportamiento del ruido emitido por la fuente con la ayuda de la Ec. 6.3 se describen en la siguiente tabla:

Tabla 6.31: Datos para simulación de la atenuación del ruido en el AII

Variable	Dato	Justificación
L _w	71,90 dB	Corresponde al valor más alto reportado en los informes muestreo realizado para el periodo diurno entre el año 2023 y 2024 y se encuentra descrito en la Tabla 4.55 y Tabla 4.56 del Capítulo 4 del presente estudio. Los informes de muestreo del ruido se encuentran adjuntos en el Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\26 Mapa Muestreo Físico Ruido Ambiental .
	79,20 dB	Corresponde al valor más alto reportado en los informes muestreo realizado para el periodo nocturno entre el año 2023 y 2024 y se encuentra descrito en la Tabla 4.55 y Tabla 4.56 del Capítulo 4 del presente estudio. Los informes de muestreo del ruido se encuentran adjuntos en el Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\26 Mapa Muestreo Físico Ruido Ambiental .
d	0 a 266 m	Los cálculos fueron realizados cada 14 metros de distancia. La distancia 0 corresponde la ubicación de la FER y se consideró como valor base para los cálculos.

Elaboración: CAEESCOM (2026)

Los respaldos de los cálculos de la distancia de atenuación y el comportamiento del ruido según la distancia se encuentran en el **Anexo 15. Determinación de áreas de influencias\03 AII Ruido**.

• ANÁLISIS

En base a los cálculos realizados con la Ec. 6.2, se determinó que la distancia requerida para la atenuación del ruido emitido por la CTE I a partir del perímetro del área de implantación periodo diurno es de **110,92 m** y **251,19 m** para el periodo nocturno.

Tabla 6.32: Distancia de atenuación del ruido para el AII

Periodo	Distancia
Diurno	110,92 m (111,00 m)
Nocturno	251,19 m (251,00 m)

Elaboración: CAEESCOM (2024)

En la siguiente tabla se presenta el comportamiento del ruido obtenido mediante la Ec. 6.3 en donde los datos demuestran que el nivel de presión sonora emitido por la CTE I disminuye a medida que los receptores se alejan de la fuente.

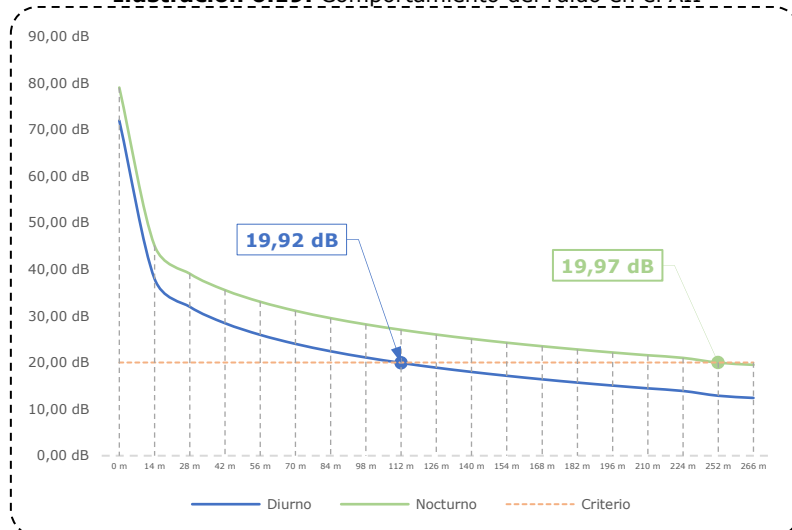
Tabla 6.33: Resultados del modelamiento de la dispersión del ruido ambiente en el AII

Distancia	Diurno	Nocturno	Observación
0 m	71,90 dB	79,00 dB	En la fuente emisora de ruido
14 m	37,98 dB	45,08 dB	
28 m	31,96 dB	39,06 dB	
42 m	28,44 dB	35,54 dB	
56 m	25,94 dB	33,04 dB	
70 m	24,00 dB	31,10 dB	
84 m	22,41 dB	29,51 dB	
98 m	21,08 dB	28,18 dB	
112 m	19,92 dB	27,02 dB	Distancia que permite cumplir con el criterio (20 dB) asignado para el AII Ruido según los monitoreos del periodo diurno.
126 m	18,89 dB	25,99 dB	
140 m	17,98 dB	25,08 dB	
154 m	17,15 dB	24,25 dB	
168 m	16,39 dB	23,49 dB	
182 m	15,70 dB	22,80 dB	
196 m	15,05 dB	22,15 dB	
210 m	14,46 dB	21,56 dB	
224 m	13,90 dB	21,00 dB	
238 m	13,37 dB	20,47 dB	
252 m	12,87 dB	19,97 dB	Distancia que permite cumplir con el criterio (20 dB) asignado para el AII Ruido según los monitoreos del periodo nocturno.
266 m	12,40 dB	19,50 dB	

Elaboración: CAEESCOM (2026)

La siguiente ilustración esquematiza los datos anteriores y demuestra la distancia requerida para el cumplimiento del criterio de 20 dB. En el periodo diurno, el ruido alcanza los **19,92 dB** a 112 metros de distancia, mientras que en el periodo nocturno disminuye a **19,97 dB** a los 252 metros.

Ilustración 6.19: Comportamiento del ruido en el AII



Elaboración: CAEESCOM (2026)

• DEFINICIÓN DEL AII RUIDO

Para graficar el AII Ruido se consideró la distancia calculada para el periodo nocturno (251,00 m) menos la distancia de atenuación considerada para el AID Ruido (80,00 m) con lo cual se determinó como AII Ruido una zona de amortiguamiento de 171 m a partir del perímetro del AID Ruido. El buffer obtenido mediante herramientas SIG ocupa una superficie de **42,89 Ha**. La representación cartográfica del AII Ruido se encuentra en el **Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\84 Mapa Areas de Influencia Indirecta Física Ruido**.

C. AII AIRE

El AII Aire es el territorio que experimenta efectos no significativos o menores en la calidad del aire, pero que se extiende más allá del AID Aire. Esta área se define por los impactos que trascienden el espacio físico de la obra o actividad y se manifiestan de manera diferida o en un sitio diferente, afectando a la atmósfera con un menor grado de afectación que el área directa.

→ LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS

A continuación, se describe los lineamientos metodológicos aplicados para la delimitación del AII Aire:

• DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

La determinación del AII Aire fue realizada a partir del archivo ráster generados en el modelamiento de la dispersión de los contaminantes atmosféricos para AID Aire.

Para este caso como criterio para delimitar el AII Aire por contaminantes atmosféricos se utilizó las áreas cuya concentración de los contaminantes en estudio este entre $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Este criterio fue tomado en consideración teniendo en cuenta el ICA establecido en la Tabla 6.9 en donde indica que la calidad del aire es "POCO SALUDABLE", en especial para las personas sensibles.

El proceso fue realizado con la ayuda de herramientas de geoprocésamiento en el entorno de ArcGis 10.8.

• **RADIACIONES NO IONIZANTES**

Con el fin de aplicar el principio prevención celebrado en el art. 9 del código orgánico del ambiente y teniendo en cuenta que el nivel de Intensidad de Campo Eléctrico, la Intensidad de Campo Magnético y la Densidad de Flujo Magnético emitido por la CTE I se encuentran por debajo de los niveles de referencia para la exposición a campos eléctricos y magnéticos de 60 HZ para el público en general tipificado en la tabla 1 del anexo 10 de la NORMA DE RADIACIONES NO IONIZANTES DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS para el AII por RNI se ha considerado una zona de amortiguamiento de 30 m a partir del perímetro del AID por RNI.

→ **DESCRIPCIÓN**

Los resultados del AII Aire se muestran en función de la dispersión de los contaminantes atmosféricos y de la exposición a RNI:

• **AII AIRE (DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS)**

En la siguiente tabla se presentan los datos de la superficie ocupada por los contaminantes atmosféricos estudiados con valores de concentración superior a los $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 6.34: Superficie del AII Aire por dispersión de contaminantes

Contaminante	Dirección	Escenario del modelamiento	
		Escenario 1	Escenario 2
SO ₂	SW	356,01 Ha	371,41 Ha
	W	273,03 Ha	382,92 Ha
NO _x	SW	12,66 Ha	26,20 Ha
	W	11,22 Ha	27,30 Ha
CO	SW	0,01 Ha	0,03 Ha
	W	0,01 Ha	0,05 Ha
MP	SW	0,01 Ha	0,03 Ha
	W	0,03 Ha	0,03 Ha

Elaboración: CAEESCOM (2026)

Como se puede observar el contaminante atmosférico SO₂ es el que genera mayores condiciones desfavorables, por lo cual fue el que se consideró para determinar el AII por dispersión de contaminantes atmosféricos. En este sentido la superficie ocupada por el AII Aire por dispersión de contaminantes atmosférico es de **754,33 Ha.**

- **AII AIRE (RNI)**

Considerando el buffer de 30 m generado a partir del perímetro del AID Aire (RNI), el AII Aire (RNI) ocupa una superficie total de **5,84 Ha.**

- **AII AIRE (TOTAL)**

Teniendo en cuenta el AII Aire por dispersión de contaminantes atmosférico y por RNI, el AII Aire total ocupa una superficie de **760,05 Ha.** En la siguiente tabla se resumen las superficies ocupadas por el AID Aire:

Tabla 6.35: AII Aire (Total)

No.	Subcomponente	Buffer ⁽⁴⁾	Área ocupada
1	Dispersión de contaminantes	No aplica	754,23 Ha
2	RNI	30 m	5,84 Ha
AID Aire total			760,05 Ha

Elaboración: CAEESCOM (2026)

El mapa que ilustra el AII Aire se encuentra en el **Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\85 Mapa Areas de Influencia Indirecta Aire Total.**

D. AII AGUA

El Área de Influencia Indirecta (AII) para el recurso hídrico se define como el tramo del río Teaone adyacente y aguas abajo del Área de Influencia Directa (AID), extendiéndose hasta una distancia de 150 metros aguas abajo del punto de descarga, incluyendo el espacio hidráulico donde se desarrollan los procesos de dispersión, mezcla completa y estabilización de los contaminantes.

Esta delimitación se establece en continuidad espacial con el tramo del río que discurre en paralelo al perímetro sur de la CTE-I, garantizando coherencia funcional entre el área de interacción directa y la zona de influencia secundaria.

⁽⁴⁾ A partir del perímetro del área de implantación.

→ LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS

Para la determinación del AII del medio físico, componente agua, de CTE I, el equipo consultor evaluó conceptualmente los diferentes mecanismos mediante los cuales las actividades de la Central podrían generar efectos secundarios sobre los recursos hídricos localizados en su entorno. Entre estos mecanismos se encuentran la deposición atmosférica seca y húmeda de contaminantes, la posible formación de precipitación con características ácidas, el posterior escurrimiento superficial sobre el terreno y la infiltración hacia el subsuelo.

No obstante, luego del análisis técnico correspondiente, se determinó que estos procesos no constituyen criterios adecuados para delimitar espacialmente el AII del componente agua atribuible específicamente a la CTE I, debido principalmente a las condiciones particulares del entorno industrial en el cual se encuentra emplazada la Central.

La CTE I forma parte de un sector con presencia de otras instalaciones industriales y fuentes fijas de combustión, entre ellas otras centrales térmicas y el complejo de la Refinería Esmeraldas. Por consiguiente, la calidad atmosférica del sector y los procesos de deposición de contaminantes sobre el suelo y los cuerpos de agua no responden necesariamente a una única fuente emisora, sino que pueden encontrarse influenciados por la superposición de aportes provenientes de distintas fuentes (central térmica esmeraldas II, central térmica La Propicia y refinería esmeraldas), además de las condiciones meteorológicas y características propias del área.

Esta condición resulta especialmente relevante para contaminantes como el dióxido de azufre (SO_2), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el material particulado (MP). Una vez emitidos a la atmósfera, estos contaminantes pueden ser transportados y dispersados por acción del viento y, dependiendo de las condiciones meteorológicas y fisicoquímicas existentes, participar posteriormente en procesos de deposición seca o húmeda. En determinados escenarios, los compuestos de azufre y nitrógeno pueden intervenir además en transformaciones atmosféricas secundarias asociadas con la acidificación de las precipitaciones.

Sin embargo, la ocurrencia potencial de estos mecanismos no permite, por sí sola, establecer una relación causal directa y exclusiva entre una eventual alteración de la calidad del agua y las emisiones generadas por la CTE I. Este aspecto adquiere particular importancia porque el modelo desarrollado para la CTE I fue concebido específicamente para analizar la dispersión atmosférica de las emisiones de su fuente fija de combustión. El AID Aire se estableció mediante un modelo gaussiano implementado en ArcGIS 10.8 para determinar la pluma de dispersión de los contaminantes monitoreados en las emisiones de la caldera de la CTE I.

El modelo consideró como variables, entre otras, la tasa de emisión del contaminante, velocidad del viento, altura efectiva de la chimenea, distancia horizontal desde la fuente y parámetros de dispersión atmosférica horizontal y vertical. Asimismo, se utilizaron dos escenarios de modelamiento: un escenario basado en el flujo másico promedio de los monitoreos de emisiones de 2023 y 2024 y otro basado en el flujo másico máximo, considerando las direcciones predominantes del viento hacia el suroeste y oeste.

De hecho, los resultados muestran que el comportamiento espacial de los contaminantes fue utilizado específicamente para establecer el área de influencia del componente aire. Para el SO₂, por ejemplo, el modelamiento determinó distancias de aproximadamente 5,3 km y 5,7 km hacia el suroeste, y de aproximadamente 4,8 km y 4,9 km hacia el oeste, observándose una disminución progresiva de la concentración conforme aumenta la distancia desde la fuente. Asimismo, se concluye que el SO₂ fue el contaminante que presentó las mayores condiciones desfavorables y, por esta razón, fue empleado para establecer el AID Aire por dispersión atmosférica.

Estos resultados sí fueron considerados dentro del Estudio de Impacto Ambiental, pero dentro del componente ambiental para el cual fueron obtenidos y bajo el alcance metodológico correspondiente. Por tanto, la decisión de no emplear dichos resultados para proyectar procesos de deposición atmosférica, lluvia ácida, escurrimiento e infiltración en la delimitación del AII del componente agua no significa que se hayan omitido las emisiones atmosféricas ni el transporte de contaminantes. Por el contrario, estos fueron evaluados mediante la modelación correspondiente al componente aire, evitando extrapolar sus resultados hacia procesos ambientales que requieren variables y modelos adicionales.

Adicionalmente, el Mapa de Área de Sensibilidad Física de la CTE I diferencia metodológicamente los componentes del medio físico: para aire se establece un área de 631,53 ha, definida mediante modelamiento gaussiano; para agua se determina un área de 2,51 ha, considerando el ancho del río Teaone y la distancia total del tramo influenciado por la CTE I; y para suelo se consideran 10,99 ha, correspondientes al área delimitada por el predio de la Central. Esta diferenciación evidencia que la delimitación espacial responde a los mecanismos de interacción propios de cada componente ambiental, y no a la aplicación indistinta de la extensión de la pluma atmosférica sobre los componentes agua y suelo.

Criterio de prevención frente a interpretaciones inadecuadas

Si la totalidad del territorio potencialmente afectado por deposición atmosférica fuese incorporada automáticamente como AII del componente agua de la CTE I, podría generarse la interpretación de que cualquier contaminante detectado posteriormente en aguas superficiales, escorrentías o aguas subterráneas dentro de dicha superficie sería consecuencia directa de la operación de la Central. Tal conclusión no sería técnicamente sustentable sin un análisis de contribución y diferenciación de fuentes, particularmente considerando la presencia de otras fuentes industriales de emisiones atmosféricas en el sector.

En consecuencia, y con el propósito de evitar cualquier interpretación equívoca que pudiera atribuir a la CTE I impactos sobre el recurso hídrico cuya causalidad no haya sido demostrada, no se consideró técnicamente procedente utilizar los procesos potenciales de lluvia ácida, deposición atmosférica, escurrimiento superficial e infiltración como criterios espaciales para ampliar el AII del componente agua.

Este criterio no pretende excluir o minimizar procesos ambientales potencialmente existentes, sino mantener una adecuada trazabilidad entre la fuente, el mecanismo de transporte, el receptor ambiental y el impacto atribuible.

Bajo este contexto, la delimitación del AII se fundamenta en la determinación de la zona de mezcla de los contaminantes acuáticos que se descargan desde la CTE I al río Teaone. La zona de mezcla es aquel volumen de agua en el cuerpo receptor en el que se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y de dispersión, sin considerar otros factores además del decaimiento bacteriano, la sedimentación, la asimilación en materia orgánica y la precipitación química.

El propósito de la zona de mezcla es asignar una región limitada para la mezcla completa del efluente con el agua del cuerpo receptor, y utilizar la capacidad de dilución del cuerpo receptor. Como tal, la zona de mezcla es un volumen de agua limitado en el que las concentraciones excedan los LMP, lo que implica que no está apta para los usos determinados por la autoridad ambiental.

La extensión de la zona de mezcla dependerá de la ubicación del punto de vertimiento (orilla o centro, superficie o fondo), las características hidráulicas del cuerpo receptor, la turbulencia del cuerpo de agua, la velocidad de flujo, la profundidad y la morfología del cauce.

Para el cálculo de la extensión de la zona de mezcla aguas abajo del vertimiento se utilizó la expresión matemática de la longitud de mezcla propuesta por Moses (1969) citada en el EsIA para las fases de explotación y beneficio de minerales metálicos en el área operativa de la concesión minera La Plata:

$$L_m = 0,24 * U \frac{B^2}{H} \quad \text{Ec. 6.26}$$

Donde:

- **L_m**: Longitud de la zona de mezcla (m).
- **B**: Ancho medio del cuerpo de agua en un tramo (m).
- **U**: Velocidad de flujo media del río en la ubicación del vertimiento (m/seg).
- **H**: Profundidad media de la corriente.

→ **DESCRIPCIÓN**

Los datos de entrada para la obtención de la longitud de mezcla de los contaminantes acuáticos se encuentran detallados en la siguiente tabla:

Tabla 6.36: Datos de entrada para la aplicar la Ec. 6.26

Variable	Dato	Justificación
Ancho del cuerpo hídrico (B)	28,267 m	Determinado por el muestreo hidrométrico del río Teaone.
Velocidad del flujo (U)	0,329 m/seg	Determinado por el muestreo hidrométrico del río Teaone.
Profundidad de la corriente (H)	0,433 m	Determinado por el muestreo hidrométrico del río Teaone.

Elaboración: CAEESCOM (2024)

En base a los cálculos realizados con los datos descritos en la tabla que antecede a este acápite se determinó que la distancia de mezcla de los contaminantes vertidos en el río Teaone es de **145,71 m** (aproximado a **150 m**).

El Área de Influencia Indirecta (AII), definida hasta los 150 m aguas abajo del punto de descarga, constituye el tramo en el cual se desarrollan los procesos finales de dispersión y estabilización de los contaminantes, sin evidenciar afectaciones significativas a la calidad del agua ni al ecosistema acuático.

La delimitación adoptada es consistente con los resultados de modelación, las condiciones hidráulicas del río Teaone y la evidencia empírica de monitoreo, garantizando una representación técnica adecuada del alcance real de la influencia del proyecto.

Debido a que el punto de descarga se encuentra ubicado dentro del AID Agua y que la determinación de la distancia de la zona de mezcla fue realizada desde el punto de descarga, se procedió a restar 27 m (distancia entre la descarga y el punto final del perímetro sur de la CTE I) a la distancia (150 m) obtenida con la Ec. 6.26. En base a lo expuesto en el apartado anterior la distancia efectiva a partir del AID Agua es de 123 m y el AII Agua ocupa una superficie de **0,40 Ha**.

El mapa que representa el AII Ahua se adjunta en el [Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\86 Mapa Areas de Influencia Indirecta Física Agua](#).

E. AII TOTAL DEL MEDIO FÍSICO (ABIÓTICO)

En la siguiente tabla se muestra la distancia como área de influencia indirecta de los componentes físicos:

Tabla 6.37: AII total del medio físico

No.	Componente	Buffer ⁽⁵⁾	Superficie
1	Suelo	50 m	9,83 Ha
2	Ruido	171 m	42,89 Ha
3	Aire	NA	760,05 Ha
4	Agua	NA	0,40 Ha
AII Total del medio Físico			806, 31 Ha

Elaboración: CAEESCOM (2024)

El mapa que representa el AII del medio físico se puede visualizar en el [Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\87 Mapa Areas de Influencia Indirecta Física Total](#).

⁽⁵⁾ A partir del perímetro del AID de cada componente.

6.1.2.2 ÁREA DE INFLUENCIA BIÓTICA INDIRECTA

Para la determinación del AAI biótica, se ha considerado criterios técnicos y/o bibliográficos, a partir del área operativa del proyecto, donde se estima la distancia máxima de la afectación de los impactos producidos por el proyecto sobre la flora, fauna terrestre y fauna acuática y las posibles afectaciones ecológicas, etológicas y/o fisiológicas en las especies, producido por el efecto borde, ruido, vibraciones, polvo, etc. (Acuerdo Ministerial No. MAATE-2022-122). Es decir, se considera la afectación al ecosistema por el impacto generado posterior a la pérdida de cobertura, lo cual afecta los procesos ecológicos, conectividad ecológica y cambio de la distribución de especies de fauna silvestre (ANLA, 2018).

A. DESCRIPCIÓN DEL AII DE LOS COMPONENTES DEL MEDIO BIÓTICO

→ ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA FLORA

Se consideraron los resultados obtenidos por Báez et al., 2010, el autor utilizó un transecto de 200 m dividido en intervalos de 50 m. Se realizó una comparación entre los diferentes intervalos, donde se concluye que el intervalo de 0 a 50 m presentó un marcado “efecto de borde provocado por la remoción de la vegetación” con respecto a los intervalos restantes, datos similares a los presentados por (Kattan, 2002). Sin embargo, en los intervalos de 50 a 100 m y 100 a 150 m también se evidenció una diferencia en relación con el intervalo 150 a 200 m.

Debido a la estructura y características del área donde se desarrolla el proyecto CTE I, se considera el área de influencia indirecta para el componente Flora, sobre la zona boscosa que colinda con el proyecto y que es propiedad de CELEC, ya que, en relación con la cobertura vegetal actual del área de estudio se pudo comprobar que el estrato herbáceo y arbustivo han sido afectados al punto de estar casi totalmente ausentes, lo que, a su vez, ha causado impacto en el estrato arbóreo, cuyos individuos presentan fustes desnudos y sin presencia de epífitas.

Tabla 6.38: Efecto borde para la flora

Componente	Zona	Superficie	Criterio
Flora	Zona boscosa colindante al predio de CELEC	2,03 Ha	Efecto borde

Fuente: Kattan (2002)

Elaboración: CAEESCOM (2024)

Ver **Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\80 Mapa Areas de Influencia Indirecta Biótica Flora.**

→ **ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA TERRESTRE**

Para el desarrollo de las AII, se ha considerado el criterio de Murcia (1995) citado en Tavera (2002), el cual señala que “los cambios en las condiciones abióticas pueden estar repercutiendo directa o indirectamente las respuestas biológicas como distribución y abundancia de los organismos”.

Así como también el criterio de ANLA (2018) y el Acuerdo Ministerial N° MAATE-2022-122, por lo tanto, se ha considerado los siguientes parámetros para establecer el AII para el componente biótico del área de estudio, el área de vida para fauna silvestre efecto borde y el nivel de ruido en los cuales se presentan respuestas biológicas de los diferentes grupos taxonómicos.

Además, para la definición de las distancias mínimas donde se evidencian los impactos en la flora y fauna silvestre, se considera el criterio de los técnicos especialistas que desarrollaron el levantamiento de información de línea base, con base en la distancia propuesta por los autores de cada componente.

Ornitofauna: Para este componente se ha considerado la afectación por ruido de acuerdo con los criterios de Van der Zande et al., 1980; Reijnen et al., 1995, 1996; Canaday 1996; Canaday & Rivadeneyra, 2001, los cuales establecen que la afectación por ruido podría ser de 200 a 2000m a partir de la fuente generadora de ruido.

El ruido de origen antropogénico puede afectar a las aves de distintas maneras, entre estas se pueden mencionar la afectación para comunicarse, ya que el ruido enmascara los cantos dificultando su habilidad para comunicarse lo que desemboca en la afectación en los patrones reproductivos, búsqueda de fuentes alimenticias, sociabilidad, advertencia de peligros potenciales, atracción de parejas, apareamiento, etc. (Mazo, J., 2021).

Las aves poseen mayor sensibilidad auditiva que el ser humano, por lo cual poseen un umbral de sensibilidad que puede ser perjudicial para ellas de menor magnitud, como demostración de ello, un estudio realizado en España, demostró que las aves en general poseen un umbral auditivo de 50 decibeles, logrando que cuando se presenta ruido de mayor magnitud, estas tienden a migrar (Patón et al, 2012).

En el caso del Proyecto CTE I, los monitoreos de ruido presentan valores de 50 decibeles aproximadamente, por lo que se estima un buffer de afectación de 200 m a partir del área operativa del proyecto.

Mastofauna: Es importante mencionar que dentro de este componente se han documentado micromamíferos voladores cuyo efecto borde sería de 100-900m (Toscano y Burneo, 2012) así como también no voladores cuyo efecto borde sería de al menos de 150 m (Santos- Filho, da Silva, y Sanaiotti, 2008).

Considerando estos datos, se establece como área de influencia indirecta para el componente de mastofauna toda el área boscosa que se encuentra anexo al proyecto.

Herpetofauna: Para este componente se ha considerado el efecto borde, debido a la ausencia de estudios específicos a las especies de anfibios y reptiles. Se considera que la afectación para anfibios como producto del efecto de borde sería de 100m (Granados, Serrano & García-Romero, 2014), mientras que para reptiles sería de 250 m el efecto borde (Rincón-Aranguri et al. 2023).

Además, considerando el tipo de movilidad de estas especies, y la presencia del cuerpo de agua, se establece a toda el área boscosa del proyecto como área de influencia indirecta para el componente herpetofauna.

Entomofauna: Para los invertebrados terrestres, los estudios de efecto de borde en bosques secos son muy limitados, por lo cual se han considerado criterios de bosques fragmentados con intervención lo que se asemeja al estado actual del área del proyecto. Estos establecen un efecto del borde de 220 a 250 m (Laurence et al., 1998 citado en Ramírez, R. M., & Cedeño_Vázquez, J. R., 2016). Adicionalmente, varios trabajos demuestran cambios en la composición vegetal que afectan de manera directa a la estructura de las comunidades de insectos, principalmente su abundancia y densidad de individuos (Cayuela, 2006).

Se establece entonces una distancia más estricta que cubra toda el área boscosa del proyecto como área de influencia indirecta para invertebrados terrestres.

En la siguiente tabla se resumen los criterios para la definición del área de influencia indirecta para la fauna terrestre del área del proyecto, considerando los criterios de los autores citados:

Tabla 6.39: Criterios para la definición del AII fauna terrestre

Componente	Buffer	AII	Criterio	Referencia
Ornitofauna	200 m	41,80 ha	Afectación por ruido a partir del área operativa	Van der Zande et al., 1980; Reijnen et al., 1995, 1996; Canaday 1996; Canaday & Rivadeneyra, 2001 Mazo, J., 2021 Patón et al, 2012
Mastofauna	Toda el área boscosa	6,98 ha	Efecto de borde	Castellanos, Castellanos, Kays, & Brito, 2021
Herpetofauna	Toda el área boscosa	6,98 ha	Efecto borde Anfibios	Granados, Serrano & García-Romero, 2014
			Efecto borde Reptiles	Rincón-Aranguri et al. 2023

Componente	Buffer	AII	Criterio	Referencia
Entomofauna	Toda el área boscosa	6,98 ha	Efecto Borde	Laurence, et al., 1998 citado en Ramírez, R. M., & Cedeño_Vázquez, J. R. (2016)

Elaboración: CAEESCOM (2024)

Una vez analizados factores como: afectación por ruido, desplazamiento de especies, cambios en las condiciones abióticas y efecto de borde, se establece que el área de influencia indirecta del componente biótico para el presente proyecto es de 41,81 ha.

Ver **Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\81 Mapa Areas de Influencia Indirecta Biótica Fauna Terrestre.**

→ **ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA ACUÁTICA**

Según el Acuerdo Ministerial No. MAATE-2022-122 se “establece el área hasta donde la estructura de las comunidades limnológicas, de peces y de macroinvertebrados evidencien pérdida o cambios en la composición, riqueza, abundancia y diversidad más allá del impacto directo y puede estar fuera del área de la CTE I,...”. Bajo este concepto es importante las siguientes aclaraciones:

De acuerdo con esto, y en consecuencia con el AID de fauna acuática, se considera lo establecido en el AII^{Error! Marcador no definido.} de agua en el componente físico, estableciendo una franja adicional de 500 m aguas abajo, ya que, con base en el modelamiento de la degradación de la DBO a 1500 m aguas debajo de la descarga es del 7,70% en comparación a la DBO inicial.

Adicionalmente, según lo establecido en el Acuerdo Ministerial AM MAATE-2022-091, se considerarán 10 m a partir de la orilla, del cuerpo de agua que se encuentra junto al proyecto y 100m aguas abajo del proyecto. De acuerdo con esto, el AII para fauna acuática se determina en 0,63 ha. Ver **Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\82 Mapa Areas de Influencia Indirecta Fauna Acuática.**

B. RESUMEN DEL AII MEDIO BIÓTICO

A continuación, se presentan los valores definidos para las áreas de influencia directa e indirecta del componente biótico:

Tabla 6.40: Resumen del AII del medio biótico

Área de influencia	Componente	Superficie
Directa	Flora	4,95 ha
	Fauna Terrestre	6,04 ha
	Acuática	3,15 ha

Área de influencia	Componente	Superficie
Indirecta	Flora	2,03 ha
	Ornitofauna	41,80 ha
	Mastofauna	6,98 ha
	Herpetofauna	
	Entomofauna	
	Acuática	0,63 ha

Elaboración: CAEESCOM (2024)

6.1.2.3 ÁREA DE INFLUENCIA SOCIAL INDIRECTA

Para realizar la caracterización de la línea base social, se inició con la descripción del Área de Influencia Social Indirecta (AISI). De acuerdo el Decreto Ejecutivo 754, publicado en el Registro Oficial No. 323 del 02 de junio de 2023, se define como:

"Espacio socio-institucional que resulta de la relación del proyecto con las unidades político-territoriales donde se desarrolla: parroquia, cantón y/o provincia. El motivo de la relación es el papel del proyecto, obra o actividad en el ordenamiento del territorio local".

En ese sentido, en la siguiente tabla se presenta el AISI establecido para el "Proyecto Central Térmica Esmeraldas I".

Tabla 6.41: Área de Influencia Social Indirecta

Provincia	Cantón	Parroquia	Mancomunidades	Circunscripción Territorial indígena
Esmeraldas	Esmeraldas	Simón Plata Torres	No	No
		5 de agosto	No	No
		Vuelta Larga	No	No

Fuente: Información de campo (2025)

Elaboración: CAEESCOM (2025)

Como se observa en la tabla anterior, el "Proyecto Central Térmica Esmeraldas I" se ubica en la provincia de Esmeraldas, cantón Esmeraldas, parroquia urbana 5 de Agosto. No obstante, se ha considerado también a la parroquia rural Vuelta Larga y a la parroquia urbana Simón Plata, debido a que se encuentran dentro del área de interacción directa entre uno o varios componentes del proyecto y el entorno social y ambiental.

En particular, el AID aire abarca el espacio atmosférico potencialmente afectado por las emisiones gaseosas provenientes de la fuente fija (caldera), especialmente por la dispersión de SO₂. De igual manera, se incluye el AID agua correspondiente al río Teaone. En este contexto, ambas parroquias forman parte del ámbito de gestión de responsabilidad social del proyecto.

Cabe recalcar que estas parroquias, al ser urbanas no tienen independencia o autonomía al margen del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Esmeraldas - GADMCE, sino que se contempla a nivel urbana y administrativo dentro de la parroquia Esmeraldas, la cual abarca a todas las parroquias urbanas del cantón Esmeraldas.

Ver **Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\54 Mapa Áreas de Influencia Indirecta Social.**

6.2 SENSIBILIDAD AMBIENTAL

El análisis de sensibilidad ambiental se define como una susceptibilidad del ambiente a ser afectado en su funcionamiento o condiciones intrínsecas por el desarrollo de cualquier proyecto. La mayor o menor sensibilidad dependerá de las condiciones o estado ambiental del área y de las especies que se encuentran en él.

Para establecer la sensibilidad ambiental, se consideró cada uno de los componentes de la línea base como son:

- Medio físico.
- Medio biótico.
- Medio social.

6.2.1 SENSIBILIDAD DEL MEDIO FÍSICO (ABIÓTICO)

El análisis de sensibilidad física para el área de influencia directa de la CTE I integra criterios técnicos la degradación ambiental y la capacidad del medio receptor en aceptar o asimilar una afectación ambiental.

6.2.1.1 LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS

La metodología aplicada para determinar la sensibilidad de los componentes físicos (aire, suelo, y agua) en zona de estudio fue la que planteo Colmachi (2015) en su trabajo de titulación "Plan de Regeneración y Protección del Área del Proyecto Hidroeléctrico Pusuno, para la creación de una Zona de Refugio de Fauna Silvestre". Esta metodología estima la sensibilidad en función del producto entre el nivel de degradación y la tolerancia ambiental.

$$S_A = N_D * T_A \quad \text{Ec. 6.27}$$

Donde:

- **S_A**: Sensibilidad Ambiental.
- **N_D**: Nivel de Degradación.

• **T_A**: Tolerancia Ambiental.

La degradación ambiental se define como el proceso de alteración de las características fisicoquímicas y orgánicas del sitio, condiciones que determinan la calidad del medio ambiente que provoca la pérdida de biodiversidad y la disminución de la capacidad regenerativa debido a que se excede el ritmo natural de reemplazo de estos. Los criterios de degradación ambiental se presentan a continuación:

Tabla 6.42: Criterios de degradación ambiental

Criterio	Descripción
Nula (1)	Corresponde a un área no alterada, casi prístina. Elevada calidad ambiental y de paisaje. Se mantienen los ecosistemas naturales originales
Baja (2)	Las alteraciones al ecosistema son bajas, las modificaciones a los recursos naturales y al paisaje son bajas. La calidad ambiental de los recursos puede restablecerse fácilmente
Moderada (3)	Las alteraciones al ecosistema, el paisaje, y los recursos naturales tienen una magnitud media. Las condiciones de equilibrio del ecosistema se mantienen aun cuando tienden a alejarse del punto de equilibrio
Alta (4)	Las alteraciones antrópicas al ecosistema, paisaje y los recursos naturales son altas. La calidad ambiental del ecosistema es baja; se encuentra cerca del umbral hacia un nuevo punto de equilibrio. Las condiciones originales pueden restablecer con grandes esfuerzos en tiempos prolongados.
Crítica (5)	La zona se encuentra profundamente alterada, la calidad ambiental del paisaje es mínima. La contaminación, alteración y pérdida de los recursos naturales es muy alta. El ecosistema ha perdido su punto de equilibrio natural y es prácticamente irreversible

Fuente: Colmachi (2015)

Elaboración: CAEESCOM (2024)

La tolerancia ambiental es la capacidad del ambiente a aceptar o asimilar cambios en función de sus características actuales. Los niveles de tolerancia ambiental son determinados de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 6.43: Criterios de tolerancia ambiental

Criterio	Descripción
Nula (1)	La capacidad asimilativa es muy baja o la intensidad de los efectos es muy alta.
Baja (2)	Tiene una baja capacidad asimilativa o la intensidad de los efectos es alta.
Moderada (3)	Tiene una moderada capacidad asimilativa o la intensidad de los efectos es media.
Alta (4)	Tiene una alta capacidad asimilativa o la intensidad de los efectos es baja.
Muy Alta (5)	Tiene una muy alta capacidad asimilativa o la intensidad de los efectos es muy baja.

Fuente: Colmachi (2015)

Elaboración: CAEESCOM (2024)

Para la interpretación de los resultados a obtener se usan los criterios establecidos en la siguiente tabla que muestra los rangos de clasificación de Sensibilidad:

Tabla 6.44: Grados de la sensibilidad ambiental del medio físico

Rango	Sensibilidad	Simbología
21 a 25	Sin sensibilidad	
16 a 20	Sensibilidad Baja	
11 a 15	Sensibilidad Media	
6 a 10	Sensibilidad Alta	
1 a 5	Sensibilidad Muy Alta	

Fuente: Colmachi (2015)

Elaboración: CAEESCOM (2024)

6.2.1.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD FÍSICA

Los resultados de la sensibilidad ambiental del aire se describen a continuación:

A. SENSIBILIDAD AMBIENTAL DEL AIRE

La sensibilidad ambiental del componente aire en la zona de estudio, determinada conforme a los lineamientos metodológicos aplicados en el marco de la determinación de la sensibilidad ambiental del medio físico, fue categorizada como **MEDIA (12)**. Esta clasificación responde a la interacción entre un nivel de degradación **MODERADA (3)** y una **ALTA** tolerancia del medio **(4)**.

El grado de degradación **moderado** se fundamenta en la presencia de fuentes fijas de emisión atmosférica dentro del área de influencia, tales como una la refinería Esmeraldas y la CTE II, las cuales generan emisiones de contaminantes atmosféricos, configurando una presión antrópica existente sobre la calidad del aire.

Por su parte, la **alta** tolerancia del medio se sustenta en la capacidad de dispersión atmosférica del área, determinada por variables meteorológicas locales como velocidad y dirección del viento, así como condiciones de estabilidad atmosférica, las cuales favorecen la dilución de contaminantes.

Tabla 6.45: Sensibilidad ambiental del aire

Variable	Dato	Fundamento
Degradación	Moderada (3)	Presencia de fuentes fijas de emisión atmosférica dentro del área de influencia, tales como una la refinería Esmeraldas y la CTE II

Variable	Dato	Fundamento
Tolerancia	Alto (4)	Capacidad de dispersión atmosférica del área, determinada por variables meteorológicas
Sensibilidad	Media (12)	Resultado obtenido con la aplicación de la Ec. 6.27 y categorizado de acuerdo con los criterios expuesto en la Tabla 6.44.

Elaboración: CAEESCOM (2024)

B. SENSIBILIDAD AMBIENTAL DEL SUELO

La sensibilidad ambiental del componente suelo fue categorizada como **MEDIA (12)**, resultado obtenido del producto entre un nivel de degradación **MODERADO (3)** y una tolerancia **ALTA (4)**.

La degradación **moderada** se sustenta en la presencia de infraestructura de tipo industrial en la zona de estudio que han generado procesos de alteración física del suelo (compactación, sellado superficial). Por otra parte, la **alta** tolerancia del medio se justifica en función de la condición previamente intervenida del suelo, su uso actual predominantemente industrial y la limitada presencia de funciones ecológicas, lo que implica una mayor capacidad de asimilación frente a nuevas perturbaciones sin que se generen efectos significativos adicionales. Este comportamiento es consistente con los criterios metodológicos que establecen que suelos con alto grado de antropización presentan menor susceptibilidad relativa frente a impactos incrementales.

Tabla 6.46: Sensibilidad ambiental del suelo

Variable	Dato	Fundamento
Degradación	Moderado (3)	Presencia de infraestructura de tipo industrial en la zona de estudio.
Tolerancia	Alto (4)	Zona intervenida, su uso actual predominantemente industrial y la limitada presencia de funciones ecológicas.
Sensibilidad	Media (12)	Resultado obtenido con la aplicación de la Ec. 6.27 y categorizado de acuerdo con los criterios expuesto en la Tabla 6.44.

Elaboración: CAEESCOM (2024)

C. SENSIBILIDAD AMBIENTAL DEL AGUA

La sensibilidad ambiental del recurso hídrico fue categorizada como **MEDIA (9)**, resultado del producto entre un nivel de degradación **MODERADA (3)** y una tolerancia **MODERADA (3)** del medio.

El nivel de degradación considerado para este subcomponente fue **MODERADO** ya que en la línea base del presente estudio se señala que algunos de los contaminantes acuáticos monitoreados incumplen con el criterio de calidad establecido en la normativa ambiental, evidenciando una contaminación del río Teaone.

En cuanto al nivel de tolerancia del río Teatone se consideró **MODERADA** ya que la concentración de los contaminantes acuáticos conforme va recorriendo el cauce de este cuerpo hídrico tienden a diluirse.

Tabla 6.47: Sensibilidad ambiental del agua

Variable	Dato	Fundamento
Degradación	Moderada (3)	Algunos de los contaminantes acuáticos monitoreados incumplen con el criterio de calidad establecido en la normativa ambiental.
Tolerancia	Moderada (3)	Teniendo en cuenta los muestreos realizados agua arriba y aguas debajo de la descarga, la mayoría de los contaminantes acuáticos se mantienen en concentraciones similares por lo que fue considerado como moderada la capacidad asimilativa de este cuerpo hídrico.
Sensibilidad	Media (9)	Resultado obtenido con la aplicación de la Ec. 6.27 y categorizado de acuerdo con los criterios expuesto en la Tabla 6.44.

Elaboración: CAEESCOM (2024)

D. SENSIBILIDAD AMBIENTAL DEL MEDIO FÍSICO

El resumen de la sensibilidad del medio físico se expone en la siguiente tabla:

Tabla 6.48: Sensibilidad ambiental del medio físico

Componente	Área	Sensibilidad	Determinación
Aire	631,53 ha	Media	AID Aire
Agua	2,51 ha	Media	AID Agua
Suelo	10,99 ha	Media	AID Suelo

Elaboración: CAEESCOM (2026)

Teniendo en cuenta los resultados de la sensibilidad ambiental de los componentes del medio físico se determinó que para este medio la sensibilidad ambiental es **MEDIA**. Ver [Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\55 Mapa Sensibilidad Física](#).

6.2.2 SENSIBILIDAD DEL MEDIO BIÓTICO

La sensibilidad biótica se define como la respuesta diferencial de las especies a los cambios inducidos por factores estresantes externos, donde especies más sensibles muestran respuestas de mayores magnitudes que las de especies menos sensibles.

6.2.2.1 CRITERIOS METODOLÓGICOS

El presente estudio analiza la sensibilidad biótica de la CTE I desde 2 puntos de vista. El primero responde a un análisis general de la sensibilidad de acuerdo con las características actuales del parche de bosque que colinda hacia el norte con la infraestructura construida de la CTE I y hacia el lado sur con el río Teaone. No se considera en este análisis el área operativa (infraestructura) del proyecto.

La segunda presenta un análisis más detallado considerando las características de las especies encontradas en el área como resultado de la aplicación de las metodologías de evaluación ecológica rápida en cada uno de los subcomponentes bióticos de flora y fauna terrestre y acuática.

El área de la CTE I ya fue intervenida hace varios años con la construcción de la infraestructura. Esto ha influenciado de manera significativa las características del parche de bosque, de las especies que en él habitan y del equilibrio ecológico en general.

A. SENSIBILIDAD BIÓTICA GENERAL

El análisis de sensibilidad biótica para el presente estudio se basa en el análisis de los criterios de degradación ambiental versus tolerancia ambiental propuestos por Colmachi (2015).

Para la interpretación de los resultados a obtener se usan los criterios establecidos en la siguiente tabla que muestra los rangos de clasificación de Sensibilidad. Esta tabla de interpretación fue modificada de la original para que pueda ser aplicada a los criterios del componente biótico. Los rangos son interpretados de forma inversa a la propuesta por Colmachi (2015):

Tabla 6.49: Grados de la sensibilidad biótica general

Rango	Sensibilidad	Simbología
21 a 25	Sensibilidad Muy Alta	
16 a 20	Sensibilidad Alta	
11 a 15	Sensibilidad Media	
6 a 10	Sensibilidad Baja	
0 a 5	Sensibilidad Muy Baja	

Fuente: Modificado de Colmachi (2015)

Elaboración: CAEESCOM (2024)

B. SENSIBILIDAD BIÓTICA DE ESPECIES

Para la determinación de la sensibilidad biótica se consideró la metodología propuesta por el PRAS del MAATE, en la Guía Metodológica de Peritaje Ambiental (2020), cuya metodología se basa en la propuesta modificada de Benítez, J. (2007).

Para el análisis de sensibilidad de la CTE I, basado en el tipo de especies encontradas en el área de estudio, se categorizaron estas especies para cada componente a evaluar. Según la metodología aplicada, se determina el número total de especies en las siguientes categorías:

- Especies con amenaza nacional
- Especies con amenaza internacional
- Especies endémicas
- Especies nativas
- Especies introducidas e introducidas – cultivadas
- Especies registradas en los Apéndices I, II y III de CITES
- Especies migratorias

A continuación, se describen los criterios usados para determinación de especies sensibles:

- **Estado de conservación:** En esta categoría se consideran las especies identificadas durante el levantamiento de información de campo, que se encuentran en los listados de especies y que según los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) 2023, Libros Rojos Nacionales (para algunos de los grupos evaluados) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) 2021, se incluyen en alguna categoría de amenaza.

Para el estado de conservación de las poblaciones de Flora y Fauna (Status) se consideró evaluar de forma sinérgica las categorías, es así que tres estados de conservación denotan que las poblaciones se encuentran Amenazadas a nivel global (En peligro, Peligro Crítico y Vulnerable).

- **Especies Migratorias:** La migración es la respuesta estacional que dan las especies a los cambios predecibles en la disponibilidad de recursos, pasando de áreas con escasez a zonas donde abundan o por anidación y reproducción, sin embargo las migraciones en las aves no solo implican recorrer grandes distancias entre distintos puntos del planeta. También hay migrantes de corta distancia, que son especies que realizan pequeños desplazamientos.
- **Especies Endémicas:** Las especies endémicas son aquellas especies que se distribuyen en un ámbito geográfico reducido y que no se encuentran de forma natural en otras partes del mundo.
- **Especies Nativas:** Las especies nativas pueden tener un rango más amplio de distribución (puede incluir más de un país). Es una especie que pertenece a una región o ecosistema determinado.
- **Especies Introducidas e introducidas cultivadas:** Se refiere a especies que han sido transportadas más allá de su distribución geográfica nativa por acción humana, de manera accidental o intencional (cultivadas), las cuales han logrado aclimatarse o naturalizarse. Estas pueden provocar cambios importantes en la composición, estructura o en los procesos ecológicos de los hábitats naturales, poniendo en riesgo la diversidad biológica nativa.

De acuerdo con estas categorías, se propone asignar un valor en base a una lista de atributos, dependiendo de la sistematización de la información biótica levantada en campo. En la tabla muestra la propuesta sobre la cual se evalúa cada categoría y se establece una calificación cuantitativa para determinar el tipo de sensibilidad. El valor asignado a cada parámetro depende del número de especies identificadas en el rango de "atributo":

Tabla 6.50: Criterios para determinar la sensibilidad biótica

Ítems	Variable	Atributo	Ponderación
1	Número de especies incluidas en los listados de la UICN con alguna categoría de amenaza a nivel internacional	0	1
		1 - 3	2
		4 - 6	3
		7 - 9	4
		10 en adelante	5
2	Número de especies incluidas en los listados de los libros rojos nacionales con alguna categoría de amenaza a nivel nacional	0	1
		1 - 3	2
		4 - 6	3
		7 - 9	4
		10 en adelante	5

Ítems	Variable	Atributo	Ponderación
3	Número de especies endémicas	0	1
		1 - 3	2
		4 - 6	3
		7 - 9	4
		10 en adelante	5
4	Número de especies nativas	0	1
		1 - 3	2
		4 - 6	3
		7 - 9	4
		10 en adelante	5
5	Número de especies introducidas e introducidas - cultivadas	0	5
		1 - 3	4
		4 - 6	3
		7 - 9	2
		10 en adelante	1
6	Número de especies migratorias	0	1
		1 - 3	2
		4 - 6	3
		7 - 9	4
		10 en adelante	5
7	Número de especies incluidas en los listados de CITES, en los apéndices I, II y III	0	1
		1 - 3	2
		4 - 6	3
		7 - 9	4
		10 - en adelante	5

Fuente: MAE - PRAS (2020)

Elaboración: CAEESCOM (2024)

En cada una de las 7 categorías se asigna un valor entre 1 y 5, es decir que el valor mínimo de la sumatoria total sería 7 y el máximo 35. La tabla de interpretación de resultados que se presentan en la Guía del PRAS (2020) establece un primer rango que contiene valores entre uno 1 y 5 cuya interpretación corresponde a Sensibilidad "Muy Baja".

Sin embargo, en la aplicación de la metodología esto no es posible dado que, si el número de especies evaluadas es 0 el valor asignado es 1 en cada una de las categorías, excepto en "especies introducidas", en cuyo caso, si el número de especies evaluadas es 0, el valor asignado es 5, de manera que para ningún caso los valores resultarían entre 1 y 10. Es así que, se establece la primera interpretación (Muy Baja) considerando el rango desde 11, en cuyo caso se estarían evaluando los rangos con ninguna especie.

En la siguiente tabla se muestra la interpretación de los resultados con la modificación antes señalada, en base al análisis de información, determinando el estado de sensibilidad ambiental del área del proyecto:

Tabla 6.51: Tipos de sensibilidad biótica

Rango	Grado	Símbología
11 - 15	Sensibilidad Muy Baja	
16 - 20	Sensibilidad Baja	
21 a 25	Sensibilidad Media	
26 - 30	Sensibilidad Alta	
31 en adelante	Sensibilidad Muy Alta	

Fuente: Modificado de MAE - PRAS (2020)

Elaboración: CAEESCOM (2024)

En la siguiente tabla se encuentra la caracterización de la sensibilidad de acuerdo con la interpretación de los resultados:

Tabla 6.52: Caracterización de los grados de sensibilidad biótica

Sensibilidad	Características		
	Condiciones ecológicas	Estados de conservación	Categorías de distribución
Muy Baja	Modificadas severamente	Especies que no se encuentran en categorías de amenaza	No existen especies endémicas, menor cantidad de especies nativas y mayor cantidad de especies introducidas
Baja	Modificadas	Especies que no se encuentran en categorías de amenaza	No existen especies endémicas, mediana cantidad de especies nativas y mayor cantidad de especies introducidas
Media	Medianamente Modificadas	Especies en categorías de amenaza	Poca cantidad de especies endémicas, mediana cantidad de especies nativas y pocas especies introducidas
Alta	Poco Modificadas	Existen especies que se encuentran en categorías de amenaza (grado alto de peligro)	Mediana cantidad de especies endémicas, mediana cantidad de especies nativas y casi nada de especies introducidas
Muy Alta	No modificadas	Especies con estados de conservación con alto peligro	Mayor cantidad de especies endémicas, mediana cantidad de especies nativas. No existe presencia de especies introducidas

Fuente: Modificado de MAE - PRAS, 2020

Elaboración: CAEESCOM (2024)

C. SENSIBILIDAD DE FAUNA ACUÁTICA

Para establecer la sensibilidad biológica de la fauna acuática en los cuerpos de agua, se utilizó el valor del índice ecológico BMWP. Esta metodología se enfocó en la sensibilidad de toda la fauna acuática, considerando el medio en el que se desarrollan, tanto la ictiofauna (peces) como los macroinvertebrados acuáticos. La descripción y análisis de la metodología para la aplicación de este índice se encuentra de manera detallada en el capítulo 4.2 Línea Base Biótica.

Según los valores obtenidos mediante el BMWP se determinan la sensibilidad de los puntos de agua estudiados. (Roldan G., 1988):

Tabla 6.53: Tipo de sensibilidad del medio acuático

Índice del BMWP/Col	Significado	Sensibilidad	Simbología
Más de 151	Aguas de Buena Calidad	Alta	
Valores entre 16 a 150	Aguas de Mediana Calidad	Media	
Menos de 15	Aguas de Mala Calidad	Baja	

Fuente: Roldan (1988)

Elaboración: CAEESCOM (2024)

6.2.2.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD BIÓTICA

De igual manera que la descripción metodológica los resultados y el análisis fue realizado en función de la sensibilidad biótica general, sensibilidad biótica de especies y sensibilidad de la fauna acuática.

A. SENSIBILIDAD BIÓTICA GENERAL

→ SENSIBILIDAD POR COBERTURA VEGETAL

De acuerdo con esta metodología, la zona boscosa de la CTE I presenta la siguiente sensibilidad:

Tabla 6.54: Determinación de la sensibilidad biótica general

Ubicación	Criterios	Escala	Características	Sensibilidad	Superficie
Zona boscosa del proyecto	Tolerancia	2 (Baja)	Es notable que la zona estudiada presenta pequeños rasgos de regeneración. Sin embargo, sigue siendo impactada por actividades de fumigación mismas que no permiten la regeneración natural, es decir la regeneración de los estratos herbáceo ni arbustivo. Lo que a su vez tiene un impacto sobre la biota.	8 (Baja)	6,98 ha (4,95 ha CELEC + 2,03 otros predios)
	Degradación Ambiental	4 (Alta)	La alteración antrópica sobre la zona boscosa es alta, causando mucha presión sobre los componentes bióticos, lo que hace que las condiciones ecológicas sean bajas.		
Área operativa	Tolerancia	N/A	N/A	N/A	N/A
	Degradación Ambiental	N/A	N/A		

Elaboración: CAEESCOM (2025)

Para este análisis se tomaron las características en las que se encuentra la zona boscosa colindante al área de la CTE I. Esta zona se conforma por predios pertenecientes a CELEC y predios privados. El área total de sensibilidad baja es de 6,98 ha, de estas 4,95 ha corresponden a CELEC y 2,03 ha a otros predios. En el predio de CELEC, esta área representa el 45,04% con relación al área total del proyecto.

Este análisis se presenta en el Ver [Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\56 Mapa de Sensibilidad Biótica General por Cobertura Vegetal](#).

B. SENSIBILIDAD BIÓTICA DE ESPECIES

El análisis de información del área de estudio muestra una sensibilidad Muy baja para el componente flora. La influencia antrópica ha afectado las interacciones ecosistémicas en el parche de bosque colindante a la CTE I. Las actividades de fumigación en esta zona afectan la regeneración natural y no permiten el desarrollo de otros estratos a más de mantener el arbóreo ya existente. Esto limita la recuperación de especies endémicas y permite la proliferación y dominancia de especies introducidas o cultivadas.

En relación con ornitofauna, luego del análisis de información, se evidencia una sensibilidad baja. Esto a pesar de que las aves son capaces de sobrevolar zonas alteradas y adaptarse a lugares en donde se ha despejado la vegetación nativa, colonizando rápidamente los mismos (Stotz, 1996).

Por otro lado, la fauna de mamíferos, reptiles, anfibios e insectos del área de estudio se ve determinada por una sensibilidad Muy Baja. Esto se ve influenciado por la fragmentación de ecosistemas que tiene un impacto en las poblaciones de las especies, debido a la limitación de las conexiones entre poblaciones (Estrada, 2008) (Passamani & Fernandez, 2011). Cabe señalar que la reducción de hábitat por actividades antropogénicas y contaminación

de ecosistemas influye directamente en la abundancia de especies (Debinski & Holt, 2000), por lo que muchas especies han sufrido disminución en su área de distribución (Ceballos & Ehrlich 2002).

Adicionalmente, la sensibilidad de estos componentes se ve reflejada con especies que tienen tolerancia a perturbaciones antropogénicas. La fragmentación del ecosistema se ve incrementada por la proliferación de actividades productivas (generación eléctrica, refinación de crudo, etc.) en el área de la CTE I que se traduce en pérdida de hábitats y contaminación de los ecosistemas (Pizano et al. 2014). Además, la baja conectividad entre fragmentos de bosque resulta en una gran limitante para el desarrollo de la riqueza de especies de grupos como anfibios y reptiles (Urbina-Cardona et al. 2014). En la siguiente tabla se presentan los resultados del análisis de información y el grado de sensibilidad asignado acorde a este valor:

Tabla 6.55: Sensibilidad biótica de especies

Componente	Ponderación	Sensibilidad
Flora	12	Muy Baja
Ornitofauna	17	Baja
Mastofauna	14	Muy Baja
Herpetofauna	14	Muy Baja
Entomofauna	15	Muy Baja

Fuente: Información de campo (2024)

Elaboración: CAEESCOM (2024)

Como se puede evidenciar, la sensibilidad en los diferentes taxones refleja el grado de intervención antrópica en el área de la CTE I. La interpretación gráfica de este análisis se presenta en el [Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\57 Mapa de Sensibilidad Biótica de Especies](#).

C. SENSIBILIDAD DE FAUNA ACUÁTICA

De la aplicación de la metodología, se establece una sensibilidad MEDIA en los 3 puntos de agua estudiados en el río Teaone.

Tabla 6.56: Sensibilidad biótica de la fauna acuática

Código	Valor del BMWP/Col	Calidad	Sensibilidad
E-01	18	Crítica	Aguas muy contaminadas
E-02	16	Crítica	Aguas muy contaminadas
E-03	18	Crítica	Aguas muy contaminadas

Fuente: Información de campo (2024)

Elaboración: CAEESCOM (2024)

La sensibilidad en los cuerpos de agua se basa en la calificación de las familias de los macroinvertebrados los cuales tiene un grado de tolerancia a aguas contaminadas, es así como la mayor presencia de especies tiene un hábito detritívoro debido a los niveles de contaminantes en los cuerpos de agua estudiados. Estas especies tienden a estar en lugares con niveles de descomposición de materia orgánica y soportar afectaciones antropogénicas por lo que se refleja una sensibilidad Media para el componente acuático. Estos resultados reflejan el estado general del cuerpo de agua, el grado de intervención antrópica y de contaminación del río Teaone debido a las descargas que llegan a sus aguas de todas las actividades de la zona.

La sensibilidad de los componentes acuáticos en el área destinada para la implementación del proyecto se puede observar en el **Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\88 Sensibilidad biótica fauna acuática.**

6.2.3 SENSIBILIDAD DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO

La sensibilidad del componente social ha sido definida considerándose la capacidad de los asentamientos del área de influencia del proyecto para percibir los impactos y responder a estos, utilizándose para esto indicadores capaces de registrar cambios en el estado del objeto de estudio sin importar su intensidad.

6.2.3.1 LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS

El grado de bienestar, la calidad de vida y la capacidad de enfrentar los cambios sociales se puede determinar objetivamente evaluando las condiciones que satisfacen las necesidades humanas y sociales, es decir, el grado de obtención de las satisfacciones deseadas. Para realizar esta medición se debe entender la vulnerabilidad o sensibilidad de un grupo social, junto con su capacidad de resiliencia.

La resiliencia implica una perspectiva en la que las personas y los grupos humanos tienen una capacidad y elementos inherentes que les permiten recuperarse y desarrollarse cuando su cotidianidad se altera. Esta recuperación no debe ser entendida como un retorno a la normalidad, sino como una adaptación a las nuevas circunstancias, dado que las dinámicas sociales de las comunidades no nos permiten hablar de escenarios estáticos. El punto central de esta perspectiva es la adaptación y el aprovechamiento de nuevas oportunidades. (Arciniega, 2013; Maguire & Cartwright, 2008).

La capacidad de los grupos humanos para enfrentar cambios en su entorno socioambiental depende de su vulnerabilidad o sensibilidad. En oposición a la resiliencia (la habilidad para responder adaptativamente), la vulnerabilidad social busca hallar los componentes que puedan afectar dicha capacidad de respuesta. (Maguire & Cartwright, 2008).

El uso de los conceptos de vulnerabilidad y resiliencia nos permite extraer y medir elementos que fortalecen y/o debilitan a los asentamientos para tener un resultado que hable de su capacidad adaptativa como criterio final, expresado en rangos de sensibilidad.

Para esto, se trabaja sobre una escala de valoración diseñada por el equipo consultor, para indicar el grado de vulnerabilidad / sensibilidad del medio en relación con el agente generador de perturbaciones, es decir, la ejecución del proyecto, siendo establecido en base al análisis del equipo multidisciplinario que realizó el presente estudio.

Tabla 6.57: Rango de sensibilidad socioeconómica

Sensibilidad	Criterio	Rango
BAJA	Se reconocen aquellos atributos cuyas condiciones originales toleran sin problemas las acciones del proyecto, donde la recuperación podría ocurrir en forma natural, o con la aplicación de alguna medida relativamente sencilla.	1,15 – 4,10
MEDIA	Se agrupan aquellos atributos donde existe un equilibrio social frágil. Por lo que su recuperación y control exige, al momento ejecutar un proyecto, la aplicación de medidas que involucran alguna complejidad.	4,11 – 7,05
ALTA	Se destacan aquellos atributos donde los procesos de intervención modifican irreversiblemente sus condiciones originales y es necesaria la aplicación de medidas complejas de tipos mitigantes y compensatorios.	7,06 – 10,00

Elaboración: CAEESCOM (2025)

Las valoraciones asignadas, están enfocadas en las variables socioeconómicas consideradas más relevantes para el análisis de sensibilidad por la implementación del proyecto, las cuales se presentan a continuación.

Tabla 6.58: Variable de la sensibilidad socioeconómica

Variable	Criterio
Contextos étnicos	La pertenencia de una comunidad a un pueblo ancestral o nacionalidad permite que el bagaje cultural estructure la organización social de las comunidades, fortificando los lazos sociales y los diferentes niveles de la jerarquización social. Pero al mismo tiempo vuelve más vulnerable a la comunidad dentro de sus costumbres y saberes, frente a tendencias exógenas. Esto debido a que la reproducción cultural se basa en la posibilidad que las costumbres y los saberes no sean alterados, pero si reproducidos. Dentro de la misma temática, es necesario establecer las relaciones que tiene la comunidad, dentro de su realidad étnica, con la naturaleza y la dependencia frente a la misma. Buscando determinar los aspectos en los que las actividades del proyecto pueden afectar los recursos naturales de los cuales la comunidad se beneficia. Entendiendo estos criterios, se establece que existe una mayor vulnerabilidad de las comunidades del área del proyecto pertenecientes a pueblos ancestrales o nacionalidades.
Situación legal de los asentamientos	La situación legal de los asentamientos puede ser jurídica, de hecho, o ninguna. La primera opción permite a los asentamientos tener una personería jurídica y una presencia legal frente al Estado; la personería de hecho también es considerada una forma legal frente al Estado, pero es limitada para ciertos procesos y trámites. Mientras que, sin situación legal, los asentamientos no tienen una presencia frente al Estado y se limitan los trámites y procesos que se lleven a cabo. Se establece que existe una mayor sensibilidad de los asentamientos si no tienen situación legal, debido a que, en caso de necesitar apoyo, soporte o que se realicen procesos con el Estado, este no reconoce su existencia.
Organizaciones Sociales	La organización social es fundamental para aportar al desarrollo y la cohesión de los asentamientos. A través de los dirigentes y directivas, se pueden canalizar los requerimientos y representar los intereses de los conglomerados frente a las organizaciones externas.
Educación	La presencia de instituciones educativas en los asentamientos permite mejorar los niveles de educación de los asentamientos y abre la posibilidad de movilidad social. A pesar de que la mayor parte de las escuelas dentro del área del proyecto presentan carencias en infraestructura y la calidad de la educación no es óptima, la presencia de una unidad educativa permite el establecimiento de un canal de acceso a información. Por otro lado, es importante mencionar que, en caso de no existir unidades educativas, los estudiantes tienen que desplazarse hacia otros asentamientos para acceder a este servicio, significando un esfuerzo doble y aumentando las probabilidades que se abandone la educación. Por lo cual se establece que en caso de no existir unidades educativas la sensibilidad del asentamiento es mayor.
Salud	El acceso a salud es fundamental para mantener una población sana. La accesibilidad y presencia de instituciones de salud en los asentamientos aporta a mejorar significativamente la cotidianidad de los moradores. Mientras que la falta de acceso a salud vuelve más vulnerable o sensible a los asentamientos y sus moradores.
Número de Familias	Se ha definido que a menor número de familias es mayor la sensibilidad. Al existir menos familias, es mayor la probabilidad de encontrar viviendas dispersas, es decir, mayor distancia entre las viviendas que componen el asentamiento. Esto genera mayor vulnerabilidad del asentamiento y disminuye sus capacidades de adaptabilidad ante alteraciones de su entorno, debido a que este tipo de comunidades no puede generar tantos vínculos comerciales ni organizacionales que permiten un mayor dinamismo económico.

Variable	Criterio
Número de Infraestructura Comunitaria	La infraestructura comunitaria es considerada de gran importancia, puesto que aporta a la cohesión y organización social de las comunidades. Son estructuras físicas y organizativas, redes o sistemas necesarios para el buen funcionamiento de una sociedad y su economía. Los diferentes componentes de la infraestructura de una sociedad pueden existir ya sea en el sector público o privado, dependiendo como son poseídos, administrados y regulados. Se ha definido que existe una mayor sensibilidad en los asentamientos que cuentan con menor número de infraestructuras. Al contar con mayor número de elementos de infraestructura, se registra una mayor organización del asentamiento y se identifica mayor adaptabilidad por parte del asentamiento ante posibles cambios y/o afectaciones.
Principal fuente de agua	El principal recurso natural para las poblaciones es el agua, y de fundamental importancia es el acceso al agua potable o agua segura para consumo humano. La presencia del proyecto puede alterar el acceso a este recurso y en caso de contingencias posibles afectaciones o contaminaciones, por esto el acceso a agua será fundamental para determinar la sensibilidad social. Mientras el acceso al agua sea seguro y garantizado, la sensibilidad del asentamiento será menor, pero en el caso que la fuente de agua sea susceptible a factores o elementos del proyecto la vulnerabilidad será mayor.
Servicios básicos	Una cobertura efectiva de servicios básicos en los asentamientos posibilita un mejor estilo de vida de los moradores y aporta al desarrollo comunitario. Al contrario, la deficiencia de los mismos condiciona la cotidianidad de los habitantes y trunca el desarrollo social. Para el presente análisis la cobertura de servicios básicos aportará a determinar la sensibilidad social, donde una menor cobertura significa una sensibilidad mayor.
Principal forma de movilización	Es característico encontrar tres formas principales de acceso a los asentamientos: terrestre, fluvial y pedestre. Una mayor accesibilidad al asentamiento permite que esta haya recibido y reciba de forma más directa influencia de factores externos, por lo que la presencia del proyecto no condiciona o altera, elementos que ya fueron transfigurados anteriormente, es decir, una mayor accesibilidad a los asentamientos permite que estos sean menos vulnerables a factores exógenos, mientras que una menor accesibilidad y un mayor aislamiento disminuye la relación de la población con lo externo y abre la posibilidad de un mayor impacto a la entrada del proyecto.

Elaboración: CAEESCOM (2025)

Para cada una de las variables expresadas en la tabla anterior, se estableció un valor que cuantifica la presencia de este en los contextos de cada asentamiento y la sensibilidad que representa.

Tabla 6.59: Ponderación de las variables de la sensibilidad socioeconómica

Variable	Calificación	
Contextos étnicos	Pueblo Ancestral o Etnia	1
	Colonos o Mestizos	0,1
Situación legal	Ninguno	1
	En trámite	0,75
	De hecho	0,5
	Jurídico	0,25

Variable	Calificación	
Organizaciones sociales	No tiene	1
	Si tiene	0,1
Educación	Sin institución Educativa	1
	Con institución Educativa	0,1
Salud	Sin institución de Salud	1
	Con institución de Salud	0,1
Número de familias	< de 30	1
	Entre 31 y 100	0,7
	Entre 101 y 250	0,4
	> de 251	0,1
Número de infraestructuras	0 – 3	1
	4 – 5	0,5
	> 6	0,1
Principal fuente de agua	Otros (lluvia, cuerpos hídricos, pozos)	1
	Agua Entubada	0,5
	Agua Potable	0,1
Servicios básicos	Sin Luz Eléctrica	1
	Con Luz Eléctrica	0,1
	Sin Alumbrado Público	1
	Con Alumbrado Público	0,1
	Sin Recolección de Basura	1
	Con Recolección de Basura	0,1
	Sin Alcantarillado	1
	Con Alcantarillado	0,1
Principal forma de movilización	Pedestre	1
	Fluvial/Aéreo	0,5
	Terrestre	0,1

Elaboración: CAEESCOM (2025)

6.2.3.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD SOCIAL

A continuación, se presentan los resultados de la sensibilidad social de los asentamientos que cuentan con una dirigencia comunitaria que los representa.

Tabla 6.60: Determinación de la sensibilidad socioeconómica general

Variables		Cananga	Río Teaone (50 Casas)	La Primavera	La Tomatera	Lucha de los Pobres	La Tolita 1	La Victoria	Urb. Tecnipetrol	San Miguel	Sihabit	Inmaculada Concepción	La Propicia 4
Contexto étnico	Etnia principal	1	1	1	1	1	0,1	1	0,1	1	1	1	1
Situación legal	Situación legal	0,25	0,75	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	1	0,75	0,25	0,25
Organizaciones Sociales	Organizaciones Sociales	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Educación	Educación	1	0,1	0,1	1	1	0,1	1	1	1	1	0,1	0,1
Salud	Salud	1	1	1	0,1	0,1	1	1	1	1	1	1	1
No. de Familias	No. de Familias	0,1	0,1	0,1	0,7	0,1	0,1	0,4	0,4	0,7	0,1	0,1	0,1
No. de Infraestructura	No. de Infraestructura	1	1	0,5	1	1	0,1	1	0,5	1	1	1	0,5
Principal fuente de agua	Agua Potable	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Servicios básicos	Luz Eléctrica	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Alumbrado público	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Recolección de basura	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Alcantarillado	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Principal forma de movilización	Transporte	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sensibilidad social		5,05	4,65	3,65	5,0	4,15	2,35	5,35	3,95	6,4	5,55	4,15	3,65

Elaboración: CAEESCOM (2025)

Una vez analizados los resultados obtenidos al calificar cada una de las variables se observa que:

- En el recinto Cananga presentan una sensibilidad socioeconómica media (5,05), lo que quiere decir, que en esta comunidad existen atributos cuyas condiciones originales toleran regularmente las acciones del proyecto, donde la recuperación y control exigieran al momento de ejecutar el proyecto, la aplicación de medidas que involucran alguna complejidad.
- En el recinto Río Teaone (50 Casas) presentan una sensibilidad socioeconómica media (4,65), lo que quiere decir, que en esta comunidad existen atributos cuyas condiciones originales toleran regularmente las acciones del proyecto, donde la recuperación y control exigieran al momento de ejecutar el proyecto, la aplicación de medidas que involucran alguna complejidad.
- En el recinto La Primavera presentan una sensibilidad socioeconómica baja (3,65), lo que quiere decir, que en esta comunidad existen atributos cuyas condiciones originales toleran sin problemas las acciones del proyecto, donde la recuperación podría ocurrir en forma natural, o con la aplicación de alguna medida relativamente sencilla.

- En el recinto La Tomatera presentan una sensibilidad socioeconómica media (5,0), lo que quiere decir, que en esta comunidad existen atributos cuyas condiciones originales toleran regularmente las acciones del proyecto, donde la recuperación y control exigieran al momento de ejecutar el proyecto, la aplicación de medidas que involucren alguna complejidad.
- En el recinto Lucha de los Pobres presentan una sensibilidad socioeconómica media (4,15), lo que quiere decir, que en esta comunidad existen atributos cuyas condiciones originales toleran regularmente las acciones del proyecto, donde la recuperación y control exigieran al momento de ejecutar el proyecto, la aplicación de medidas que involucren alguna complejidad.
- En el recinto La Tolita 1 presentan una sensibilidad socioeconómica baja (2,35), lo que quiere decir, que en esta comunidad existen atributos cuyas condiciones originales toleran sin problemas las acciones del proyecto, donde la recuperación podría ocurrir en forma natural, o con la aplicación de alguna medida relativamente sencilla.
- En el recinto La Victoria presentan una sensibilidad socioeconómica media (5,35), lo que quiere decir, que en esta comunidad existen atributos cuyas condiciones originales toleran regularmente las acciones del proyecto, donde la recuperación y control exigieran al momento de ejecutar el proyecto, la aplicación de medidas que involucren alguna complejidad.
- En la urbanización Tecnipetrol presentan una sensibilidad socioeconómica baja (3,95), lo que quiere decir, que en esta comunidad existen atributos cuyas condiciones originales toleran sin problemas las acciones del proyecto, donde la recuperación podría ocurrir en forma natural, o con la aplicación de alguna medida relativamente sencilla.
- En el recinto San Miguel presentan una sensibilidad socioeconómica media (6,4), lo que quiere decir, que en esta comunidad existen atributos cuyas condiciones originales toleran regularmente las acciones del proyecto, donde la recuperación y control exigieran al momento de ejecutar el proyecto, la aplicación de medidas que involucren alguna complejidad.

- En el recinto Sihabitat presentan una sensibilidad socioeconómica media (5,55), lo que quiere decir, que en esta comunidad existen atributos cuyas condiciones originales toleran regularmente las acciones del proyecto, donde la recuperación y control exigieran al momento de ejecutar el proyecto, la aplicación de medidas que involucren alguna complejidad.
- En el recinto Inmaculada Concepción presentan una sensibilidad socioeconómica media (4,15), lo que quiere decir, que en esta comunidad existen atributos cuyas condiciones originales toleran regularmente las acciones del proyecto, donde la recuperación y control exigieran al momento de ejecutar el proyecto, la aplicación de medidas que involucren alguna complejidad.
- En el recinto La Propicia 4 presentan una sensibilidad socioeconómica baja (3,65), lo que quiere decir, que en esta comunidad existen atributos cuyas condiciones originales toleran sin problemas las acciones del proyecto, donde la recuperación podría ocurrir en forma natural, o con la aplicación de alguna medida relativamente sencilla.

6.2.3.3 ELEMENTOS SENSIBLES

Se entiende que los elementos sensibles identificados en el Área de Influencia Social Directa consideran las edificaciones que sirven para actividades comunitarias, es decir, aquellos sitios donde la población puede reunirse. A continuación, se presenta los elementos sensibles.

Tabla 6.61: Elementos sociales sensibles

N°	Asentamientos	Elemento sensible social	Nivel de Sensibilidad	Coordenadas geográficas (WGS84) 17 S		Distancia del proyecto (m)	Actividad del proyecto cercana
				Este (M)	Norte (M)		
1	Cananga	Cancha de indor/futbol	Media	643343	10100000	3614,24	Ninguna
2	Río Teaone (50 casas)	Escuela de Educación básica Río Teaone	Media	645805	10102003	442,32	Área de implantación del proyecto
3		Guardería	Media	645722	10102076	461,80	Área de implantación del proyecto
4		Cancha	Media	645803	10102057	407,10	Área de implantación del proyecto
5	La Primavera	Casa Comunal	Baja	642953	10099286	4381,70	Ninguna
6		Cancha Múltiple	Baja	642954	10099280	4385,13	Ninguna
7		Unidad Educativa Simón Plata Torres	Baja	643128	10099272	4267,09	Ninguna
8		CIBV Boquita de Miel	Baja	643356	10099153	4199,65	Ninguna
9	La Tomatera	Centro de Salud Tipo C San Rafael	Media	645473	10101298	1205,78	Ninguna

N°	Asentamientos	Elemento sensible social	Nivel de Sensibilidad	Coordenadas geográficas (WGS84) 17 S		Distancia del proyecto (m)	Actividad del proyecto cercana
				Este (M)	Norte (M)		
10	Lucha de Los Pobres	Escuela Jaime Hurtado	Media	644922	10101516	1437,93	Ninguna
11		SDI Semillitas del Futuro	Media	645018	10101647	1286,32	Ninguna
12		Cancha de Fútbol	Media	645005	10101664	1288,71	Ninguna
13	La Tolita 1	Bodega del Barrio	Baja	646642	10101939	649,58	Área de implantación del proyecto
14		Cancha de Fútbol	Baja	646653	10101946	654,53	Área de implantación del proyecto
15		Cancha Múltiple (1)	Baja	646655	10101945	656,74	Área de implantación del proyecto
16		Cancha de indor/futbol	Baja	646656	10101932	665,03	Área de implantación del proyecto
17		UPC	Baja	646428	10101785	618,67	Área de implantación del proyecto
18		Cancha Múltiple (2)	Baja	646434	10101971	471,84	Área de implantación del proyecto
19		Unidad Educativa Alfonso Quiñonez	Baja	646330	10101826	537,49	Área de implantación del proyecto
20	La Victoria	Cancha de Indor Fútbol	Media	647673	10102259	1559,42	Ninguna
21		Parque	Media	647669	10102257	1555,50	Ninguna
22	Urb. Tecnipetrol	Parque	Baja	643582	10099459	3820,55	Ninguna
23		Cancha de indor/fútbol	Baja	643514	10099329	3963,13	Ninguna
24		Bodega	Baja	643510	10099322	3971,03	Ninguna
25		Garita	Baja	643760	10099379	3767,01	Ninguna
26	San Miguel	Cancha Múltiple	Media	643342	10099712	3806,19	Ninguna
27	Inmaculada Concepción	Escuela Carmela Coronel	Media	645387	10101107	1413,57	Ninguna
28		Casa Comunal	Media	645435	10101287	1235,61	Ninguna
29	La Propicia 4	Escuela Fausto Molina	Baja	647233	10102359	1118,96	Ninguna
30		Cancha de Fútbol	Baja	647466	10102394	1353,36	Ninguna
31		Cancha Múltiple	Baja	647706	10102634	1622,27	Ninguna
32		Casa del Adulto Mayor	Baja	647734	10102647	1652,28	Ninguna
33		Unidad Educativa Edilfo Bennett	Baja	647874	10102492	1767,85	Ninguna

Fuente: Información de campo (2025)

Elaboración: CAEESCOM (2025)

Como se observa en la tabla anterior, se han identificado infraestructuras comunitarias en los barrios: La Primavera (4 infraestructuras), La Tolita 1 (7 infraestructuras), La Propicia 4 (5 infraestructuras) y la Urbanización Tecnipetrol (3 infraestructuras); todas estas son de sensibilidad baja.

Por otro lado, se han identificado infraestructuras comunitarias en los barrios: Cananga (1 infraestructura), Río Teaone (3 infraestructuras), La Tomatera (1 infraestructura), Lucha de los Pobres (3 infraestructuras), La Victoria (2 infraestructuras), Inmaculada Concepción (2 infraestructuras), La Propicia 4 (5 infraestructuras) y San Miguel (existe 1 infraestructura); todas estas son de sensibilidad media.

Es importante mencionar que el barrio Sihabitat no cuenta con infraestructura comunitaria.

Ver **Anexo 04. Cartografía\Carpeta Mapas\58 Mapa De Sensibilidad Social.**