



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**APOYO EN LA FORMULACIÓN DE LOS PRINCIPIOS
DEL ECUADOR NÚMERO 2 Y 3
PARA UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL
EN COLOMBIA**

Juan José Vélez Castaño

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia

2021



**APOYO EN LA FORMULACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DEL ECUADOR NÚMERO
2 Y 3 PARA UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN COLOMBIA**

Juan José Vélez Castaño

Informe de práctica como requisito para optar al título de:

Ingeniería Ambiental

Asesores (a):

Camilo Andrés Valderrama Benítez - Asesor interno

Jillian Higuita Ramírez - Asesora externa

Línea de Investigación:

Planificación y gestión ambiental

Universidad de Antioquia
Facultad de ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia
2021

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	6
2	Objetivos y Alcance	7
2.1	Objetivo general	7
2.2	Objetivos específicos	7
2.3	Alcance	7
3	Marco Teórico	8
3.1	Principios del Ecuador:	9
3.1.1	Principio 1: Revisión y categorización	9
3.1.2	Principio 2: Evaluación ambiental y social	9
3.1.3	Principio 3: Normas ambientales y sociales aplicables	9
3.1.4	Principio 4: Sistema de Gestión Ambiental y Social	10
3.1.5	Principio 5: Participación de las partes interesadas	10
3.1.6	Principio 6: Mecanismo de reclamación	10
3.1.7	Principio 7: Revisión independiente	10
3.1.8	Principio 8: Compromisos contractuales	10
3.1.9	Principio 9: Supervisión y presentación de informes independientes	10
3.1.10	Principio 10: Informes y transparencia	10
4	Metodología	11
4.1	Fase 1 Revisión bibliográfica	11
4.2	Fase 2 Recopilación de información existente	11
4.3	Fase 3 Evaluación de las condiciones ambientales de referencia (Principio 2)	12
4.3.1	Gestión sostenible y uso de recursos naturales renovables	12
4.3.2	-Prevención de la contaminación y minimización de residuos, controles de contaminación y gestión de residuos	12
4.4	Fase 4 Elaboración de la matriz legal (Principio 3)	13
5	Resultados y análisis	14
5.1	Principio 2 Evaluación ambiental y social	14
5.1.1	Recurso hídrico superficial	14
5.1.1.1	Concesión de aguas superficiales	14
5.1.1.2	Vertimientos	20
5.1.2	Residuos Sólidos	24
5.1.3	Calidad del aire	25
5.1.4	Ruido	29
5.1.4.1	Emisión de Ruido	30
5.1.4.2	Ruido Ambiental	32
5.2	Principio 3: Normas ambientales y sociales aplicables	34
6	Conclusiones	40
7	Referencias bibliográficas	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Resultados de los análisis fisicoquímicos, registrados en las fuentes de aguas superficiales concesionadas, durante los meses de junio y octubre de 2020.	15
Tabla 2 Caracterización fisicoquímica a la salida de los STARD del proyecto	21
Tabla 3 Residuos Sólidos generados en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto	24
Tabla 4 Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire	25
Tabla 5 Concentraciones diarias de PM10 vs. Norma diaria	26
Tabla 6 Concentraciones diarias de PM2.5 vs. Norma diaria.	27
Tabla 7 Concentraciones diarias de SO2 vs. Norma diaria.	28
Tabla 8 Concentraciones promedio horarias de NO2 vs. Norma horaria.	28
Tabla 9 Horarios resolución 0627 de 2006	30
Tabla 10 Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido.	30
Tabla 11 Resultados de Ruido vs Norma.	31
Tabla 12 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental.	32
Tabla 13 Resultados de Ruido Ambiental vs Norma	33
Tabla 14 Normatividad ambiental medio abiótico aplicable al proyecto.	35
Imagen 1 Estructura matriz legal medio abiótico	13

Resumen

Las instituciones financieras anteriormente se limitaban a considerar los riesgos de tipo financiero y económico que se pudieran presentar durante la financiación de proyectos de gran envergadura como lo son los de infraestructura, mineros y energéticos, sin embargo, de un tiempo para acá se han venido empleando estrategias por parte de algunas instituciones financieras, las cuales les permiten identificar los riesgos asociados a los impactos ambientales y sociales generados.

Dentro de las estrategias implementadas se encuentran los Principios del Ecuador estos constituyen una herramienta integral para evaluar y administrar los riesgos ambientales y sociales relacionados con el financiamiento de proyectos, fueron formulados en el año 2003 por parte de la Corporación Financiera Internacional CFI y son adoptados voluntariamente por instituciones financieras de todo el mundo, lo que implica que si un proyecto no cumple con los 10 principios, no se le puede aprobar el financiamiento, dando lugar a las compañías financieras como un nuevo ente regulador y de vigilancia del componente socioambiental de los proyectos.

Como parte del desarrollo de la práctica profesional realizada en PLYMA S.A, empresa dedicada principalmente a la consultoría ambiental, se participó y apoyo el proceso de formulación de los Principios del Ecuador en un proyecto de infraestructura vial en Colombia, durante su fase de operación y mantenimiento, que por razones de confidencialidad se reserva el derecho de mencionar su nombre. Durante este proceso se apoyaron labores relacionadas específicamente con la formulación de dos Principios del Ecuador: el principio dos que corresponde a la evaluación de las condiciones ambiental y sociales de referencia, y el principio tres que correspondiente a las normas ambientales y sociales aplicables.

En el presente documento se presentan los resultados y análisis de los aportes realizados durante la práctica, en el desarrollo de la formulación de los Principios del Ecuador 2 y 3. A su vez se describen los diferentes procesos realizados y los elementos que se deben considerar durante la formulación de este tipo de marcos de gestión ambiental y social.

1 Introducción

Las instituciones financieras desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de las naciones, a través de diferentes acciones, dentro de las cuales se encuentra el financiamiento de recursos para el desarrollo de proyectos de diferentes sectores, tales como, infraestructura, minería, energéticos, entre otros. Estos proyectos pueden generar impactos a nivel social y ambiental, con variaciones en su efecto, de acuerdo con las características técnicas de los mismos y el entorno en el que se desarrollen (Restrepo, 2017).

Anteriormente, los bancos durante la financiación de los proyectos solamente se enfocaban en evitar riesgos de tipo financieros, técnicos y económicos, sin embargo, como parte de un proceso de responsabilidad social corporativa y dada la necesidad de implementar acciones para la protección del medio ambiente natural y social, a mediados del 2002 surge por parte de la Corporación Financiera Internacional (CFI) los Principios del Ecuador (Rojas, 2005), los cuales constituyen el *“Marco de administración de riesgo adoptado voluntariamente por instituciones financieras para determinar, evaluar y administrar los riesgos ambientales y sociales en proyectos”* (Bejarano, 2016).

La implementación del concepto de desarrollo sostenible se ha convertido desde hace varias décadas en un elemento necesario a la hora de realizar grandes proyectos, de acuerdo con lo anterior la aplicación de los Principios del Ecuador representa un elemento clave en el marco del desarrollo sostenible (Gallardo, 2006).

Resulta de gran interés dar a conocer la utilidad y aplicación de estos principios, con miras a considerarlos como un elemento que cada vez se adopta en mayor medida, por parte de las instituciones financieras que son quienes exigen su implementación por parte de grandes proyectos que requieren financiación, tanto para su fase de construcción, como para su fase de operación y mantenimiento.

Como parte del desarrollo de la práctica empresarial, desarrollada en la consultora ambiental Planes y Manejos Ambientales S.A. (Plyma S.A.) entre el 1 de febrero del 2021 y el 1 de agosto del mismo año, se realizó la participación y apoyo en la formulación de los Principios del Ecuador 2 y 3 para la etapa de operación y mantenimiento de un proyecto de infraestructura vial, desarrollado en Colombia.

2 Objetivos y Alcance

2.1 Objetivo general

Apoyar la formulación de los Principios del Ecuador 2 y 3 para la etapa de operación y mantenimiento de un proyecto de infraestructura vial, desarrollado en Colombia.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar la evaluación de las condiciones ambientales de referencia para el medio abiótico, referente a la gestión sostenible y uso de recursos naturales renovables y a la Prevención de la contaminación y minimización de residuos.
- Consolidar la normatividad ambiental colombiana aplicable al proyecto en el medio abiótico.
- Realizar el análisis de los aportes y beneficios de la aplicación de los principios del Ecuador en proyectos de infraestructura, para la sostenibilidad ambiental.

2.3 Alcance

En el presente trabajo, se presenta la participación durante la formulación de los Principios del Ecuador, en un proyecto de infraestructura vial, específicamente en los dos de ellos que se tuvo intervención durante el desarrollo de la práctica profesional, los cuales son el 2 y el 3, en donde se apoyó en temas referentes a la evaluación del medio abiótico del proyecto. La información presentada referente a estos dos Principios, representa tan solo una porción de lo que son en su totalidad cada uno de ellos.

3 Marco Teórico

Las compañías financieras son quienes generalmente respaldan económicamente los grandes proyectos, en estos se suelen presentar impactos ambientales y sociales, tales como, degradación de ecosistemas, contaminación de las fuentes hídricas, reasentamiento de comunidades, pérdida o afectación de monumentos y patrimonio arqueológico, entre otros, por lo cual son objeto de grandes controversias dado los posibles efectos que pueden repercutir en el ambiente y en la salud donde se realizan.

De acuerdo con esto, las compañías financieras percibieron la necesidad de implementar una herramienta integral, la cual permitiera evaluar y administrar los riesgos ambientales y sociales relacionados con sus operaciones de financiamiento de proyectos, surgiendo así los Principios del Ecuador (Baumast, 2013).

En octubre del 2002, se realizó una reunión en Londres por parte de algunos miembros de la CFI, en donde decidieron desarrollar un marco que empleara una evaluación del impacto ambiental y social en el financiamiento de proyectos, el cual fue anunciado en junio del 2003 por parte de diez instituciones financieras bajo el nombre de Principios del Ecuador (EP), haciendo referencia a la línea ecuatorial, la cual incluye tanto a los países del hemisferio norte como a los del sur, siendo este un marco de referencia transnacional (Tseng, Lee and Liao, 2017).

La adopción de los Principios del Ecuador por parte de las instituciones financieras, es de carácter voluntario, en el momento en que se convierten en una EPFI por sus siglas en inglés (Equator Principles Financial Institutions) estas, se comprometen a financiar solo aquellos proyectos que demuestren el cumplimiento total de cada uno de los Principios del Ecuador (Guerrero, 2014).

Actualmente, a nivel mundial son 116 instituciones financieras en 37 países las que han adoptado los Principios de Ecuador. En nuestro país, Colombia, Bancolombia SA, se encuentra adscrita desde el año 2008, implementando los PE en diferentes tipos de proyectos, tales como, Central Termoeléctrica El Remanso, Líneas de transmisión PCH La Chorrera, Autovía Neiva - Girardot (Asociación de los Principios del Ecuador, 2020).

Para las compañías financieras, no resulta conveniente respaldar proyectos con impactos socioambientales adversos dado que representa un gran riesgo, pues por un lado puede implicar costos legales y financieros, y por otro, se ve gravemente afectada la reputación de la entidad lo que implica que el valor de sus acciones disminuya.

Por su parte, demostrar buenas prácticas socioambientales como es el caso de la implementación adecuada de los Principios del Ecuador, generan un efecto positivo en las entidades, pues se incrementa la buena imagen y a su vez la confianza para solicitar servicios financieros (Worsorfer, 2015).

3.1 Principios del Ecuador:

A continuación, se presentan cada uno de los diez Principios del Ecuador, teniendo en cuenta en qué consisten y lo que se debe tener en cuenta para su cumplimiento. Estos corresponden a la más reciente versión de los mismos, consolidada en el año 2020, en la cual se tienen como enfoques principales: Derechos Humanos, Cambio Climático y Biodiversidad (Asociación de los Principios del Ecuador, 2020).

3.1.1 Principio 1: Revisión y categorización

Cuando se propone un proyecto para financiamiento, la institución financiera como parte de su revisión y debida diligencia ambiental y social interna, clasificará el proyecto en función de la magnitud de los posibles riesgos e impactos ambientales incluidos los relacionados con los Derechos humanos, el cambio climático y biodiversidad. Dicha categorización se basa en el proceso de categorización ambiental y social de la CFI, Las categorías son:

- **Categoría A:** Proyectos con posibles riesgos y/o impactos ambientales y sociales adversos significativos que sean diversos, irreversibles o sin precedentes.
- **Categoría B:** Proyectos con posibles riesgos y/o impactos ambientales y sociales adversos limitados que son pocos en número, generalmente específicos del sitio, en gran parte reversibles y fácilmente abordados mediante medidas de mitigación.
- **Categoría C:** Proyectos con riesgos y/o impactos ambientales y sociales mínimos o nulos

3.1.2 Principio 2: Evaluación ambiental y social

En este principio se debe llevar a cabo un proceso de evaluación adecuado que permita identificar riesgos ambientales y sociales relevantes del proyecto propuesto, a su vez, dentro de la evaluación se deben proponer medidas para minimizar, mitigar y en caso de que permanezcan los impactos residuales, se debe compensar los riesgos e impactos.

3.1.3 Principio 3: Normas ambientales y sociales aplicables

El proceso de evaluación debe en primera instancia abordar el cumplimiento de las leyes, reglamentos y permisos pertinentes del país anfitrión las cuales estén relacionadas con temáticas ambientales y sociales.

3.1.4 Principio 4: Sistema de Gestión Ambiental y Social

En este numeral, se debe preparar un plan de gestión ambiental y social que permita abordar los problemas identificados durante el proceso de evaluación e incorporar las acciones necesarias para cumplir con los estándares aplicables.

3.1.5 Principio 5: Participación de las partes interesadas

Para dar cumplimiento a este principio, se requiere demostrar una participación efectiva de las partes interesadas, como un proceso continuo, de una manera estructurada y culturalmente apropiada, con las comunidades afectadas y trabajadores.

3.1.6 Principio 6: Mecanismo de reclamación

Como parte del sistema de gestión ambiental y social, se deben establecer mecanismos de reclamación efectivos que estén diseñados para ser utilizados por las comunidades y los trabajadores afectados, según corresponda, para recibir y facilitar la resolución de preocupaciones y quejas sobre el desempeño ambiental y social del proyecto.

3.1.7 Principio 7: Revisión independiente

Para todos los proyectos de categoría A y de categoría B, un consultor independiente llevará a cabo una revisión independiente del proceso de evaluación que incluye Planes de Gestión Ambiental y Social (PGAS), el sistema de Gestión Ambiental y Social (SGAS) y la documentación del proceso de participación de las partes interesadas.

3.1.8 Principio 8: Compromisos contractuales.

Se deben establecer convenios entre los realizadores del proyecto y la entidad que lo financia. con el fin de garantizar el cumplimiento de los de los compromisos ambientales y sociales adquiridos, además de las leyes, regulaciones y permisos ambientales y sociales del país anfitrión.

3.1.9 Principio 9: Supervisión y presentación de informes independientes.

Se deben presentar por parte del realizador del proyecto, informes independientes realizados por un consultor ambiental y social, estos deben ser realizados por expertos calificados y con experiencia para verificar su información de monitoreo.

3.1.10 Principio 10: Informes y transparencia.

Se debe asegurar como mínimo que un resumen del estudio de impacto ambiental y social esté accesible y disponible en línea, además debe incluir los riesgos e impactos de los derechos humanos y el cambio climático (Asociación de los Principios del Ecuador, 2020).

Como ejemplo de aplicación se tiene la implementación de los Principios del Ecuador en proyectos relacionados a sistemas de transporte de gas natural (STGN) en México donde Velázquez, (2020) reporto que estos STGN al ser grandes proyectos de infraestructura que permiten transportar el gas a lo largo de cientos

de kilómetros, demandan un músculo financiero importante, por lo cual se acude por parte de los realizadores del proyecto a entidades privadas con buena capacidad económica. Algunas de estas entidades, han adoptado marcos de sostenibilidad que permitan gestionar los riesgos ambientales y sociales que representan los proyectos como el caso de los principios del Ecuador, de acuerdo con el autor la implementación de los principios de Ecuador en este tipo de proyectos los cuales son de gran envergadura, permiten visualizar de una manera más completa las modificaciones que se dan en el contexto: social, económico y físico de los lugares aledaños al proyecto, por ejemplo a través de: obras sociales como centros comunitarios, infraestructura deportiva y escolar, además, el ingreso económico generado por los contratos de servidumbre de paso y el empleo local, el apoyo en el cuidado de las áreas legalmente protegidas cercanas, entre otras acciones que en ausencia de los condicionantes impuestos por los Principios del Ecuador, difícilmente pudiera haber un seguimiento enfocado a un proyecto individual, más allá de lo establecido por la legislación aplicable que se tenga en el país anfitrión. Además, (Velázquez, 2020) señala en base a su trabajo que los principios del Ecuador en la práctica si representan un efecto positivo hacia la sostenibilidad.

4 Metodología

La metodología empleada para la elaboración del trabajo se divide en 4 fases las cuales se describen a continuación.

4.1 Fase 1 Revisión bibliográfica

Inicialmente se realizó una búsqueda en torno al material bibliográfico existente referente a los Principios del Ecuador, la cual permitiera conocer el funcionamiento de esta herramienta y a su vez poder conocer ejemplos de aplicación en otras partes del mundo.

4.2 Fase 2 Recopilación de información existente

En esta fase se realizó una revisión de la información existente dentro del proyecto, relacionada con las gestiones ambientales desarrolladas durante su etapa de operación y mantenimiento, como cumplimiento a las obligaciones establecidas en las licencias ambientales y permisos otorgados por la autoridad ambiental competente. A continuación, la relación de la información consultada:

- Estudio de impacto Ambiental asociado a la licencia y modificación de licencia.
- ICA de operación 2020.
- Acto administrativo por el cual la autoridad ambiental competente otorga licencia y modificación de licencia.
- Actos administrativos por el cual la autoridad ambiental competente otorga permisos ambientales.

4.3 Fase 3 Evaluación de las condiciones ambientales de referencia (Principio 2)

Como parte del desarrollo del Principio 2 y teniendo como referencia los diferentes estudios realizados durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, los cuales fueron reportados en el Informe de Cumplimiento Ambiental (ICA) del año 2020, se realizó la evaluación de las condiciones ambientales del proyecto para los componentes de recurso hídrico superficial, calidad del aire, ruido y residuos sólidos. De manera complementaria se usó la información obtenida en la visita al proyecto realizada el 12 de marzo de 2021, en la cual se llevó a cabo la toma de registro fotográfico y georreferenciación de puntos estratégicos asociados a la infraestructura del proyecto. A continuación, se listan los componentes caracterizados en el medio abiótico, de acuerdo con lo sugerido en el Anexo II de los estándares establecidos por los Principios del Ecuador:

4.3.1 Gestión sostenible y uso de recursos naturales renovables

- **Concesión de aguas superficiales**
En este ítem se relacionaron los permisos otorgados por la autoridad ambiental competente al proyecto asociado al uso del recurso hídrico doméstico e industrial, así mismo, se incluyó el análisis de los aforos mensuales y muestreos fisicoquímicos semestrales realizados a las fuentes abastecedoras autorizadas.
- **Vertimientos**
En este ítem también se relacionaron los permisos de vertimiento autorizados por la autoridad ambiental competente, además se incluyó el análisis de muestreos fisicoquímicos realizados a la salida de los sistemas de tratamiento de agua residual domestica STARD con los que cuenta el proyecto en sus diferentes instalaciones.
- **Monitoreos calidad del agua de las fuentes abastecedoras**
Teniendo como referente dos monitoreos de la calidad del agua correspondientes a la época de lluvia y a la época seca, realizados sobre las fuentes abastecedoras de agua del proyecto, se efectuó el análisis para determinar las condiciones actuales presentadas en el agua que es utilizada para consumo humano en el proyecto.
- **Emisiones atmosféricas**
En este ítem se incluyó el análisis de monitoreos de la calidad del aire, con el fin de determinar la contaminación atmosférica asociada al proyecto.

4.3.2 -Prevención de la contaminación y minimización de residuos, controles de contaminación y gestión de residuos

- **Residuos líquidos**
Análisis fisicoquímico y microbiológico de los vertimientos realizados sobre fuentes receptoras con el propósito principal de determinar las condiciones de la calidad del agua que finalmente se dispone en dichas fuentes.

- **Residuos sólidos**
Se realizó el seguimiento al sistema de gestión de residuos implementado en el proyecto, con el fin de determinar su eficiencia y adecuada implementación.
- **Calidad del aire**
Evaluación de la contaminación atmosférica a partir de contaminantes criterio como: PM10, PM2.5, SO₂ y NO₂.
- **Ruido**
Análisis de los monitoreos de la contaminación auditiva asociada al proyecto a partir de variables como ruido y ruido ambiental.

4.4 Fase 4 Elaboración de la matriz legal (Principio 3)

Como parte de la formulación del Principio 3, se elaboró la matriz legal correspondiente al medio abiótico, en la cual se incluyó la normatividad vigente en materia ambiental aplicable al proyecto, específicamente para los componentes de: recurso hídrico superficial, residuos sólidos, calidad del aire y ruido.

Luego de identificar cada una de las normas, se realizó la revisión de los artículos aplicables al proyecto en su etapa de operación y mantenimiento en cada uno de los componentes mencionados.

Teniendo como referencia la información consultada en el ICA 2020, asociada a las acciones implementadas por parte del proyecto y a su vez los resultados de monitoreo realizados, se verificó el cumplimiento de la normativa aplicable. En la Imagen 1 se presenta la estructura de la matriz construida.

Imagen 1 Estructura matriz legal medio abiótico

Medio	Componente	Acto administrativo aplicable	Descripción	Autoridad competente	Alcance en la aplicación de la norma			Estado de cumplimiento por el proyecto					URL Norma
					Ítem (artículo, título y/o numeral)	Temática	Descripción	Proyecto asociado	Obra o Actividad asociada	Cumple	Cumple parcialmente	No cumple	

Fuente: Plyma S.A, 2021.

Una vez construida la matriz se realizó un análisis del cumplimiento normativo por parte del proyecto en cada uno de los componentes correspondientes a el medio abiótico.

5 Resultados y análisis

En este numeral se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de la formulación de los Principios 2 y 3.

5.1 Principio 2 Evaluación ambiental y social

Este principio se encuentra enfocado en evaluar el estado actual de los componentes del medio abiótico del proyecto, soportados en el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable a cada uno de ellos.

5.1.1 Recurso hídrico superficial

De acuerdo con los resultados de los monitoreos de la calidad del agua realizados sobre las fuentes abastecedoras del proyecto, se pudo verificar el cumplimiento de lo establecido en el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, en donde se establecen exigencias entorno a la utilización del agua para consumo humano. Con respecto a los monitoreos realizados sobre los vertimientos que realiza el proyecto sobre fuentes receptoras, se verifico el cumplimiento de los límites máximos permisibles para vertimientos puntuales, establecidos en la Resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente.

El cumplimiento normativo en este componente está asociado a que el proyecto objeto de estudio, cuenta con Planes de Manejo Ambiental (PMA) y Planes de Seguimiento y Monitoreo (PMS) los cuales permiten tener una adecuada gestión ambiental.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante los monitoreos realizados en el año 2020, sobre las fuentes abastecedoras del recurso hídrico y los vertimientos que presenta el proyecto en las diferentes instalaciones que posee.

5.1.1.1 Concesión de aguas superficiales

Durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto de infraestructura objeto de estudio, se requiere el uso del recurso hídrico superficial.

Para cubrir esta demanda se cuenta con permiso de concesión de captaciones en tres quebradas cercanas a la infraestructura, dando cumplimiento a los establecido en el artículo 28 del decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Medio Ambiente.

A continuación, en la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos durante los monitoreos fisicoquímicos e hidrobiológicos de la calidad del agua de las fuentes abastecedoras del proyecto, realizados en el año 2020 por un laboratorio certificado para desarrollar esta labor, el primer monitoreo se realizó en el mes de junio, correspondiente a la temporada seca y el otro en el mes de octubre correspondiente a la temporada de lluvias. como referencia para la evaluación se tuvo lo establecido en el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 de 2007 del MADS, normas que están relacionados con el control del agua para consumo humano.

Tabla 1 Resultados de los análisis fisicoquímicos, registrados en las fuentes de aguas superficiales concesionadas, durante los meses de junio y octubre de 2020.

Parámetro	unidades	Quebrada 1 aguas abajo		Quebrada 1 aguas arriba		Quebrada 2		Quebrada 3 aguas arriba	
		Junio	Octubre	Junio	Octubre	Junio	Octubre	Junio	Octubre
Temperatura	°C	20,1	17,2	18,6	16,5	20,3	19,1	16,1	16,3
Conductividad	µS/cm	102,9	66,7	49,1	45,4	3186	2245	140,1	132,2
Valor de pH	(UNIDADES DE pH)	7,31	7,6	6,51	7,72	8,43	8,53	8,21	8,09
Oxígeno Disuelto	mg/L	6,44	6,79	6,68	8,86	7	7,26	7,26	7,29
Grasas y Aceites	mg/L	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Acidez Total	mg/L CaCO3	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Alcalinidad Total	mg/L CaCO3	25,4+/-1,6	23,0+/-1,5	20,6+/-1,3	17,5+/-1,1	142+/-9	121+/-8	61,5+/-3,9	58,6+/-3,7
Cadmio	mg/L	<0,050	<0,003	<0,050	<0,003	<0,050	<0,003	<0,050	<0,003
Cloruros	mg/L	5,48+/-0,27	<5,00	<5,00	<5,00	652+/-32	437+/-21	5,48+/-0,27	<5,00
Cobre	mg/L	<0,050	<0,020	<0,050	<0,020	<0,050	<0,020	<0,050	<0,020
Cromo Hexavalente	mg/L	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
Cromo	mg/L	0,002+/-0,0004	0,004+/-0,001	0,003+/-0,001	<0,002	0,003 +/-0,0004	0,003 +/-0,0001	0,004 +/-0,001	0,006 +/-0,001
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2,81+/-0,53	<1,98	<1,98	<1,98	<1,96	<1,98	<1,98	<1,98
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	<25,0	<25,0	<25,0	<25,0	33,4+/-2,6	<25,0	<25,0	<25,0
Dureza Cálctica de la descarga	mg/L	20,2+/-0,59	12,6+/-0,6	210,5+/-0,30	9,18+/-0,4	93,7	66,2+/-3,2	15,3+/-0,44	979+/-0,5
Dureza Magnésica de la descarga	mg/L	12,7	19,7	13,7	10,52	32,3	28,3	59,3	59,7
Dureza Total de la descarga	mg/L	32,9+/-0,96	32,3+/-0,9	24,2+/-0,70	19,7+/-0,6	126	94,5+/-2,7	74,6+/-2,16	69,5+/-2,00
Fenoles	mg/L	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	0,08	<0,08

Parámetro	unidades	Quebrada 1 aguas abajo		Quebrada 1 aguas arriba		Quebrada 2		Quebrada 3 aguas arriba	
		Junio	Octubre	Junio	Octubre	Junio	Octubre	Junio	Octubre
Fosfato	mg/L	<0,077	0,089+/- 0,003	<0,077	<0,077	0,142+/- 0,005	0,119+/- 0,004	<0,077	<0,077
Fósforo Total	mg/L	<0,030	0,041+/- 0,003	<0,030	<0,030	0,053+/- 0,004	0,051+/- 0,004	0,033+/- 0,002	<0,030
Hierro	mg/L	0,836+/- 0,120	1,33+/-0,19	1,37+/- 0,20	0,965+/- 0,139	<0,200	0,234+/- 0,034	0,235 +/- 0,034	0,328 +/- 0,047
Nitratos	mg/L	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	1,55+/-0,07	<1,40
Nitritos	mg/L	0,004+/- 0,001	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Plomo	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Potasio	mg/L	0,598 +/- 0,102	0,633+/- 0,108	0,484 +/- 0,083	0,479+/- 0,082	9,90 +/- 1,89	1,61 +/- 0,28	1,94 +/- 0,33	0,503 +/- 0,086
Sólidos Disueltos	mg/L	64,0 +/- 2,4	61,0+/-2,3	45,5 +/- 1,7	43,0+/-1,6	1975 +/- 75	1388 +/- 53	100 +/- 4	94,0+/-3,6
Sólidos sedimentables	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<5,00	No solicitados	10,8+/- 0,5	No solicitados	No solicitados	No solicitados	No solicitados	No solicitados
Sólidos Totales	mg/L	67,0 +/- 2,1	69,0+/-2,1	59,0 +/- 1,8	53,5+/-1,7	1986 +/- 62	1393 +/- 43	108 +/- 3	103 +/- 3
Sulfatos	mg/L	<5,00	9,04+/-0,99	<5,00	10,8+/-1,2	514+/-57	309+/-34	6,77+/- 0,63	14,0+/- 1,5
Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	<0,090	0,109+/- 0,018	<0,090	<0,090	<0,090	<0,090	<0,090	<0,090
Turbidez	NTU	2,20 +/- 0,07	18,0+/-0,6	8,20 +/- 0,30	9,50 +/- 0,34	0,95 +/- 0,03	3,70+/-0,13	1,40 +/- 0,05	2,40 +/- 0,09
Zinc	mg/L	<0,050	<0,030	<0,050	<0,030	<0,050	<0,030	<0,050	<0,030
Coliformes Totales	NMP/100ml	44000	18000	43000	9400	17000	3000	2800	5000
E. Coli	NMP/100ml	1000	3000	1200	200	10	300	150	460

Fuente:PlymaS.A,2021.

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 1 a continuación se presenta un análisis de cada una de las variables reportadas.

El PH Es una medida de la “tendencia” ácida o alcalina de la muestra. De acuerdo con los resultados obtenidos en las campañas de monitoreo de junio y octubre de 2020, se observan valores cercanos a la neutralidad para la quebrada 1, lo cual resulta favorable en cuanto a la calidad del agua para uso doméstico. En el caso de la quebrada 2 se observa una leve tendencia a la alcalinidad presentando un valor máximo de 8,53 unidades de pH en el muestreo de octubre. Con respecto a la quebrada 3, se presentan valores levemente alcalinos presentando como valor mínimo 7,74 unidades de pH y valor máximo 8,28 unidades de pH.

La conductividad es una medida de la propiedad que tiene el agua de dejar pasar la corriente eléctrica. Permite conocer la mineralización de un agua, debido a la concentración de sales disueltas y presencia de iones. Para el caso de la quebrada 1 se observa que aumenta su valor en el punto de monitoreo aguas abajo, presentando un valor máximo de 102,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En quebrada 2 se presenta un valor máximo de 3.186 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la campaña de junio, lo que indica una mayor concentración de minerales disueltos en el agua.

El oxígeno disuelto corresponde a la cantidad de oxígeno en el agua, este parámetro representa un indicador respecto a la salud de un ecosistema acuático, pues condiciona los diferentes procesos biológicos que se llevan a cabo en ellos. En la quebrada 1 se observa como disminuye su valor entre el punto aguas arriba y aguas abajo, lo cual está asociado a que a medida que avanza en su recorrido recibe una mayor cantidad de materia orgánica proveniente principalmente de aguas residuales domésticas, lo cual disminuye la concentración de oxígeno en el agua. En las tres quebradas se presentan valores de concentración de oxígeno aceptables para la gran mayoría de especies acuáticas lo que da cuenta de una buena calidad del agua.

Los valores reportados para grasas y aceites son inferiores a 10 mg/L en todos los puntos, lo cual indica que su presencia es mínima, sin embargo, dan cuenta de que tanto la quebrada 2 como 1 reciben descargas de aguas residuales domésticas a lo largo de su recorrido.

La alcalinidad es la medida de la capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos, indica cuanto ácido puede absorber una solución sin cambiar el pH, de acuerdo con esto, la fuente que presenta una mayor susceptibilidad a que su pH sea alterado por la presencia de un ácido, es la quebrada 1 pues en ésta se registraron los menores valores de pH. En la quebrada la quebrada 2 se registraron los mayores valores para este parámetro lo que resulta favorable en cuanto a calidad del agua de la fuente.

El Cadmio es un elemento metálico que puede entrar al agua producto de: corrosión de tuberías, erosión de depósitos naturales, en los resultados de ambas campañas para este parámetro se observan valores inferiores a 0,050 mg/L lo cual resulta favorable en cuanto a calidad del agua de las tres quebradas.

Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales. Conforme a los resultados obtenidos para las fuentes de abastecimiento del proyecto, los mayores valores para este parámetro se registraron en la quebrada 2, presentando un valor máximo de 652 mg/L, para el caso de La 1 y 3 se presentaron valores inferiores a 5,48 mg/L lo que representa una baja afectación asociada a este parámetro.

La presencia de Cobre en el agua puede estar asociada también a corrosión de las tuberías, los valores reportados en la caracterización fisicoquímica son inferiores a 0,050 mg/L lo cual no representa un riesgo para la salud.

El cromo hexavalente es un compuesto tóxico el cual representa un riesgo a la salud cuando se tiene una alta concentración en el agua, sin embargo, el valor reportado para ambos cuerpos de agua fue inferior a 0,025 mg/L en ambas campañas de monitoreo, lo cual indica un nivel que no representa un riesgo para la salud humana.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) mide la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos en la oxidación química de la materia orgánica contenida en la muestra de agua, es un parámetro que nos permite determinar la cantidad de materia orgánica presente en el agua y su vez el grado de contaminación en el que se encuentra. El mayor valor reportado se registró en el punto aguas abajo de la quebrada 1 lo que representa una mayor contaminación por descargas de materia orgánica sobre la fuente. Para el caso de La quebrada 2 y 3 se obtuvieron valores inferiores a 1,98 mg/L lo cual da cuenta de una baja contaminación por materia orgánica en estas fuentes.

De una manera similar a la DBO₅ la demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica y oxidable presente en el agua. Los niveles bajos en este parámetro reportados en las tres fuentes de agua, representan una baja contaminación en el agua.

La dureza es un parámetro que no representa un riesgo para la salud humana, está asociada a la presencia de compuestos de calcio y magnesio en el agua, los valores más altos reportados se presentaron en la campaña de junio en la quebrada 2 con 126 mg/L.

Los fenoles son toxinas dañinas producto de la degradación de pesticidas y fungicidas, una alta concentración en este parámetro representa un grave riesgo a la salud, sin embargo, la concentración reportada para ambas campañas de monitoreo en las tres fuentes presenta un valor de <0,08 mg/L, lo cual indica que su presencia en el agua objeto de estudio es mínima y a su vez no se ve afectada la salud humana.

El fósforo elemental no se encuentra habitualmente en el medio natural, pero los ortofosfatos, pirofosfatos, metafosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicamente unidos sí se detectan en aguas naturales y residuales. El fósforo es considerado

como un macronutriente esencial, siendo acumulado por una gran variedad de organismos vivos. La presencia de fósforo en el cuerpo de agua está asociada generalmente a escorrentía superficial o subterránea de la cuenca de drenaje. Para el caso de las fuentes de abastecimiento del proyecto se tiene que, se registró una mayor concentración de fosfatos en la quebrada 2 en la campaña de junio con un valor de 0,142 mg/L.

La presencia de compuestos de nitrógeno en el agua proviene de: la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales, efluentes industriales, además, mediante precipitación producto de la fijación del nitrógeno atmosférico, también puede estar asociado a la contaminación proveniente del lavado de tierras de labor en donde se utilizan abonos y fertilizantes que poseen nitrógeno dentro su composición. Conforme a los resultados de nitritos presentes en el agua durante las dos campañas de monitoreo realizadas, se obtuvo un valor igual o menor a 0,004 mg/L en las tres fuentes de abastecimiento, lo cual da cuenta de una baja presencia de estos compuestos en el agua. En cuanto a nitrógeno amoniacal, se registró un valor menor de 1,00 mg/L en las dos campañas en las tres fuentes de abastecimiento. Los valores obtenidos en las variables asociadas a la presencia del nitrógeno en el agua son bajos en las tres quebradas, lo que representa una buena calidad del agua.

La presencia de plomo en el agua resulta principalmente de la corrosión de tuberías, el valor reportado en ambas campañas de monitoreo es de <0,005, lo que representa una mínima presencia de este elemento metálico en el agua de las tres quebradas, sin afectar la calidad del agua.

Los sólidos sedimentables corresponden a la cantidad de materia que se sedimenta en un tiempo determinado en una muestra de agua, el nivel observado en ambas campañas para las tres fuentes de agua es muy bajo, teniendo el mismo valor de 0,1 mg/L lo que refleja una buena calidad del agua.

En relación a los sólidos totales, la mayor concentración se registró en la campaña de junio en la quebrada 2 con un valor de 1986 mg/L lo cual puede estar relacionado con procesos erosivos de la cuenca y a su vez con descargas de aguas residuales sobre la misma.

Se entiende por turbidez o turbiedad a la medida del grado de transparencia que pierde el agua o algún otro líquido incoloro por la presencia de partículas en suspensión, es un parámetro que se incrementa en la época de lluvias debido al material de arrastre producto de la erosión que cae a las aguas, lo cual se ve reflejado en el monitoreo pues los valores reportados en el mes de octubre, asociado a la temporada de lluvias siendo superiores a los reportados en junio. El mayor valor registrado de este parámetro se obtuvo en la Quebrada 1 en el punto de monitoreo aguas abajo con 18,0 NTU.

El parámetro coliformes totales está relacionado directamente con el nivel de contaminación que tiene el agua, en la quebrada Sajonia, se observa como incrementa su valor en el punto aguas abajo con respecto al de aguas arriba producto de una mayor cantidad de descargas de aguas residuales domesticas a

medida que avanza la quebrada en su recorrido, además de mayores actividades productivas que afectan este parámetro tales como la ganadería. El mayor valor reportado fue en la Quebrada 1 con 44000 NMP/10 ml, lo que indica una afectación considerable en la calidad del agua en este punto.

La E. Coli es un tipo de bacteria encontrada en heces de animales de sangre caliente lo que indica contaminación fecal, su presencia en el agua de consumo doméstico representa un riesgo en la salud humana, en los tres cuerpos de agua se reportó su presencia lo que indica que es necesario tratar el agua para beber y cocinar. Nuevamente de acuerdo a los resultados la más afectada por la presencia de esta bacteria es la Quebrada 1 con 3000 NMP/10 ml.

La evaluación de la calidad del agua de las fuentes abastecedoras del proyecto, resulta de gran importancia debido a que permite conocer de manera específica, las condiciones en las que se encuentra el agua que consume el personal del proyecto, permitiendo identificar posibles riesgos, acciones correctivas y oportunidades de mejora para garantizar la calidad del agua de uso doméstico.

5.1.1.2 Vertimientos

En la etapa de operación y mantenimiento, el proyecto requiere la descarga de vertimientos en cuerpos de agua aledaños, como producto de las aguas residuales domésticas provenientes de las áreas administrativas y de control del proyecto, así mismo, se requiere la descarga de aguas residuales industriales, proveniente del lavado de túneles y llantas de vehículos.

Es importante resaltar que, el proyecto cuenta con la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas (STARD) previo a cada descarga autorizada, para el caso de las infiltraciones originadas en el túnel se cuenta con sistemas de tratamiento tales como trampa grasas y desarenadores lo que representa un aumento en la calidad del agua que finalmente llega a las fuentes de agua aledañas al proyecto.

De acuerdo con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 en su artículo 2.2.3.2.20.2. en donde se establece que se debe gestionar un permiso de vertimientos autorizado por la autoridad competente, se verificó la existencia y vigencia de dichos permisos en el proyecto, el cual cuenta con siete permisos de vertimiento autorizados por la autoridad ambiental competente, localizados en cuatro fuentes receptoras.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de los monitoreos de la calidad de agua de los vertimientos de aguas residuales domésticas, realizados por un laboratorio certificado a la salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (STARD) del proyecto.

Tabla 2 Caracterización fisicoquímica a la salida de los STARD del proyecto

Parámetro	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA RESOLUCIÓN 631 de 2015	STARD 1	STARD 2	STARD 3
pH	Unid. de pH	6,00 - 9,00	6,84- 7,55	6,83- 7,38	7,55-8,29
Temperatura	°C	< 40	20,1-23,0	16,8-18,5	17,2-20,5
Conductividad	µS/cm	-	399,0-440,0	169,4-306,0	267,0-630
Caudal	L/s	-	0,028-0,051	0,006-0,153	0,119-0,153
Aceites y Grasas A	mg /L	20,0	<10,4	<10,0	<10,0
DBOs A	mg O2/L	90	53,4+/-10,0	29,6+/-5,6	56,5+/-10,6
DQO A	mg O2/L	100	58,1+/-4,5	54,0+/-3,6	57,5+/-4,4
Fósforo Reactivo Total A	mg PO43-/L	Análisis y Reporte	6,27+/-0,65	2,15+/-0,22	4,51+/-0,47
Fosforo Total A	mg P/L	Análisis y Reporte	2,48+/-0,18	1,11+/-0,08	1,91+/-0,14
Nitritos A	NO2-N	Análisis y Reporte	<0,004	<10	<0,004
Nitrógeno Amoniacal A	mg NH3-N/L	Análisis y Reporte	22,9+/-1,5	5,89+/-0,12	14,6+/-0,9
Nitrógeno Orgánico A	mg N Org/L	No Regula	1,18+/-0,09	0,094+/-0,019	2,60+/-0,21
Nitrógeno Total (N)	mg N/L	Análisis y Reporte	24,5	8,75+/-0,55	17,5
Sólidos Sedimentables A	mg/L	5,00	<0,1	2,17+/-0,17	<0,10
Sólidos Suspendedos Totales A	mg/L	90	<5,0	16,9	10,3+/-0,6
Sustancias Activas Al Azul De Metileno A	mg MBAS/L	Análisis y Reporte	1,95+/-0,32	<0,1	1,03+/-0,17
Hidrocarburos Totales Sub. Corantioquia	mg/L	Análisis y Reporte	<10	30,8+/-1,7	<10
Nitratos Sub. UPB	mg N-NO3/L	Análisis y Reporte	0,365+/-0,008	1,13+/-0,19	0,246+/-0,008

Fuente: Plyma S.A, 2021.

A continuación, se presenta el análisis de los datos obtenidos en cada una de las variables monitoreadas, manteniendo como referencia, los valores máximos permisibles para vertimientos puntuales establecidos en la resolución 631 de 2015 del MADS.

El pH es considerado como la expresión de carácter ácido o básico de un sistema acuoso; respecto a los valores reportados en las mediciones del vertimiento de ARD, se evidencia un comportamiento estable de este parámetro en los tres puntos monitoreados, presentando valores cercanos a la neutralidad, dando cumplimiento a los límites establecidos en la Resolución 0631 de 2015.

Con respecto a la temperatura los mayores valores fueron reportados en el punto de muestreo STARD 1, alcanzando un valor máximo de 23 °C, sin embargo, este valor se encuentra por debajo del valor límite establecido para esta variable en la resolución 0631 de 2015 en el artículo 8 el cual es de 40 °C.

La conductividad presentó su máximo valor en el punto STAR 3, alcanzando un valor de 630 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante la campaña de muestreo realizada.

La presencia de grasas y aceites es un parámetro característico de las aguas residuales domésticas, estos son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos que pueden ser de origen animal y vegetal, o provenientes de hidrocarburos. Los niveles elevados en este parámetro afectan el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera, además pueden constituir una barrera que disminuya el paso de la luz en el agua, minimizando considerablemente la calidad del agua. Durante la caracterización realizada en el año 2020 se obtuvieron valores inferiores a 10,4 mg/L a la salida de los tres sistemas de tratamiento analizados, lo cual evidencia el cumplimiento con el límite establecido por la resolución 0631 de 2015 en su artículo 8 en donde se establece un valor máximo de 20,0 mg/L.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) mide la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos en la oxidación química de la materia orgánica contenida en la muestra de agua, es un parámetro que permite determinar la cantidad de materia orgánica presente en el vertimiento y a su vez el grado de contaminación que representa para el cuerpo de agua receptor. Con respecto a los resultados obtenidos para este parámetro en los monitoreos realizados, los mayores valores se presentaron en el STARD 3 implicando alto contenido de materia orgánica, debido a que en este lugar se encuentran en funcionamiento el mayor número de instalaciones sanitarias del proyecto. Cabe mencionar que, todos los valores se encuentran por debajo del límite establecido por la norma.

La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar por medios químicos toda la materia orgánica e inorgánica presente en un agua residual. Los resultados de los monitoreos efectuadas en el 2020, reportan valores que no superan los 65 mg O₂/L, esto respalda el hecho que se tienen bajos niveles de materia orgánica presentes en el vertimiento.

El fósforo elemental no se encuentra habitualmente en el medio natural, pero los ortofosfatos, pirofosfatos, metafosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicamente unidos, sí se detectan en aguas naturales y residuales. El fósforo es considerado como un macronutriente esencial, siendo acumulado por una gran variedad de organismos vivos. La presencia de fósforo en el cuerpo de agua está asociada generalmente a escorrentía superficial o subterránea de la cuenca de drenaje. Los valores obtenidos a la salida de los tres STARD, tanto para Fósforo Reactivo Total como para Fósforo total el cual reúne las formas orgánicas e inorgánicas presentes en el agua, son bajos.

La presencia de compuestos de nitrógeno en el agua proviene de: la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales, efluentes industriales, además mediante precipitación producto de la fijación del

nitrógeno atmosférico. También puede estar relacionado con la contaminación proveniente del lavado de tierras agrícolas en donde se utilizan abonos y fertilizantes que poseen nitrógeno dentro su composición. Conforme a los resultados de laboratorio, el valor más alto de nitritos se obtuvo a la salida del STARD 2. En cuanto a nitrógeno amoniacado, el mayor valor se obtuvo en el STARD 1. El nitrógeno total, el cual reúne tanto las formas orgánicas he inorgánicas del nitrógeno obtuvo su mayor valor en el STARD 1 con 24,5 mg/L.

Los Sólidos Suspendidos Totales hacen referencia al material particulado presente en el agua. De acuerdo con los resultados obtenidos en cada uno de los puntos de vertimiento, se observa valores entre <5,0 y 16,9 mg/L muy distantes al límite establecido en el artículo 8 de la resolución 0631 de 2015 el cual corresponde a 100 mg/L.

Los sólidos sedimentables hacen referencia a la cantidad de materia que se sedimenta en un tiempo determinado en una muestra de agua, para el caso de los vertimientos de ARD monitoreados, se obtuvieron valores inferiores a 2,17 mg/L correspondiente al punto STARD 2.

La variable Sustancias activas al azul de metileno se usa para la determinación de tensoactivos aniónicos en aguas superficiales y en aguas residuales los cuales reaccionan al azul de metileno. La presencia de estos en el agua residual puede estar relacionada con que estos compuestos se incluyen habitualmente en la composición de detergentes, geles de ducha, champús o lavavajillas por ende es un indicador característico de la presencia de residuos domésticos en el agua. Si su concentración es muy alta, puede disminuir el intercambio de oxígeno del agua con la atmósfera debido a la formación de una película aislante en la superficie. Las concentraciones reportadas para esta variable registran mayor valor en el STARD 1 con 1,95 mg/L.

Bajo la denominación de hidrocarburos se encuentran agrupados una serie de compuestos cuya característica común es la presencia de estructuras de átomos de carbono y de hidrógeno. Entre estas sustancias, se pueden diferenciar dos grupos que presentan una mayor importancia, los hidrocarburos derivados del petróleo y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs). El mayor valor reportado para esta variable se obtuvo a la salida del STARD 2 con 30,8 mg/L.

El análisis de los valores obtenidos para cada uno de los diferentes parámetros, permite identificar en cuales de ellos se presentan buenos índices de calidad o por su parte en las que se debe mejorar. Lo cual resulta de gran importancia a la hora de poder identificar el origen de las condiciones de calidad del agua encontradas y a su vez poder implementar acciones de gestión ambiental que permitan mejorar las características fisicoquímicas del vertimiento que finalmente es depositado en las fuentes aledañas al proyecto.

Uno de los ejes principales de los principios del Ecuador es la sostenibilidad de acuerdo con esto, un manejo responsable de los vertimientos generados en los proyectos es un factor clave en aras de evitar consecuencias ambientales negativas

en las fuentes receptoras y propender así una mayor sostenibilidad en el uso del recurso hídrico.

5.1.2 Residuos Sólidos

De acuerdo con el recorrido realizado en las instalaciones del proyecto el día 12 de marzo del 2021, se pudo conocer la manera como se da la gestión de los residuos sólidos generados en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, identificando varios puntos ecológicos ubicados en edificios administrativos y peajes, un sitio para el almacenamiento temporal de residuos previo a su tratamiento o disposición final, además de un sitio de acopio del material reciclable.

Con base en la información de gestión de residuos sólidos reportada en el informe de cumplimiento ambiental (ICA) del año 2020 durante la fase de operación y mantenimiento del proyecto, se realizó la identificación de los siguientes tipos de residuos: no peligrosos (ordinarios y especiales) y peligrosos.

La clasificación de los diferentes tipos de residuos sólidos generados en el proyecto se presenta en la Tabla 3 en la cual se muestra también el potencial de aprovechamiento que posee cada uno de ellos y el tratamiento o disposición final del cual es sujeto.

Tabla 3 Residuos Sólidos generados en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto

Tipo de Residuo		Potencial de Aprovechamiento	Tratamiento y/o disposición final
Ordinario	Cartón	Aprovechables	Reciclaje
	Pasta		
	Archivo		
	Envases Plásticos		
	Ordinarios Varios	No aprovechables	Relleno sanitario
Especial	Aguas residuales domésticas (baños portátiles)	No Aprovechable	PTARD
	RAEES	Aprovechables	Posconsumo
Peligroso (RESPEL)	Lodos con Hidrocarburos	No aprovechables	Biorremediación
	AGUA CON HIDROCARBUROS	No aprovechables	Biorremediación
	BOLSAS DE CEMENTO	No aprovechables	Incineración
	Material Absorbente Contaminado	No aprovechables	Incineración
	Material Contaminado con Hidrocarburos	No aprovechables	Incineración
	Tarros con Aditivos	No aprovechables	Incineración
	Elementos de protección personal contaminados	No aprovechables	Incineración
	Tarros de Pintura	No aprovechables	Incineración
	Aerosoles	No aprovechables	Incineración
	BIOSANITARIOS	No aprovechables	Desactivación

Fuente: Plyma S.A, 2021.

Como hecho a destacar, se tiene que el proyecto cuenta con un plan de gestión integral de residuos sólidos, en el cual se tiene como propósito que los residuos generados se manejen adecuadamente en cada una de las etapas: generación, separación en la fuente usando el código de colores vigente, movimiento interno, almacenamiento, recolección, transporte externo y tratamiento, generando actividades que garanticen y faciliten el desarrollo de estrategias de aprovechamiento mediante su reutilización, reciclaje o adecuada disposición final. Lo que representa una gestión eficiente y responsable en el manejo que se le da a los residuos en el proyecto.

En cuanto a la generación de residuos sólidos peligrosos, el proyecto se encuentra inscrito ante el IDEAM, dando cumplimiento a lo establecido en la Resolución 1362 del MADS, generando un reporte anual de los volúmenes generados y gestiones realizadas para su tratamiento y/o disposición final (biorremediación, incineración, desactivación, entre otros), a través de gestores de externos autorizados.

La adecuada gestión de los diferentes tipos de residuos sólidos generados en un proyecto de infraestructura, permite evitar riesgos asociados a la generación de vectores y olores ofensivos que puedan afectar a las comunidades aledañas al proyecto.

5.1.3 Calidad del aire

Los resultados obtenidos durante el monitoreo de la calidad del aire, realizado por una empresa autorizada por el IDEAM en el año 2020, se realizaron durante los días 20 de junio al 28 de julio, en donde se evaluaron los siguientes contaminantes criterio: PM10, PM2.5, SO₂ y NO₂ en 5 puntos distribuidos estratégicamente en el área de influencia del proyecto.

Para la evaluación de este componente, cada uno de los contaminantes analizados es comparado de acuerdo con los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los cuales se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire

Contaminante	Nivel máximo Permisible (µg/m ³)	Tiempo de Exposición
PM10	50	Anual
	75	24 horas
PM2.5	25	Anual
	37	24 horas

SO ₂	50	24 horas
	100	1 hora
NO ₂	60	Anual
	200	1 hora

Fuente: Resolución 2254 de 2017.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los contaminantes criterio monitoreados.

En la Tabla 5, se presentan los resultados obtenidos para concentraciones diarias de PM₁₀ durante veinte días de monitoreo, los valores reportados en la tabla corresponden a la concentración corregida a condiciones de referencia 25 °C y 760 mmHg.

Tabla 5 Concentraciones diarias de PM₁₀ vs. Norma diaria

DIA	Punto 1 (µg/m ³)	Punto 2 (µg/m ³)	Punto 3 (µg/m ³)	Punto 4 (µg/m ³)	Punto 5 (µg/m ³)	Norma Diaria (µg/m ³)	EXCEDE O NO LA NORMA
1	8,35	11,90	9,60	5,95	9,83	75	No Excede
2	12,25	15,24	7,11	15,21	9,12	75	No Excede
3	19,41	19,26	12,34	19,60	13,53	75	No Excede
4	37,49	68,98	33,68	28,79	20,20	75	No Excede
5	91,26	33,84	29,29	79,74	77,55	75	Excede*
6	36,91	24,12	28,55	13,54	10,49	75	No Excede
7	25,07	24,61	9,95	20,50	5,91	75	No Excede
8	24,46	20,86	10,08	20,49	15,76	75	No Excede
9	18,02	15,68	13,56	13,27	11,09	75	No Excede
10	19,09	21,24	11,93	14,18	11,66	75	No Excede
11	27,90	18,03	11,79	18,12	15,36	75	No Excede
12	18,32	25,37	10,30	11,79	13,92	75	No Excede
13	16,90	13,43	12,01	14,69	13,27	75	No Excede
14	23,80	8,06	20,32	17,50	10,39	75	No Excede
15	19,35	25,71	45,92	19,81	6,11	75	No Excede
16	25,76	25,36	14,21	19,79	15,13	75	No Excede
17	29,84	18,98	12,34	10,73	4,00	75	No Excede
18	15,47	16,30	10,26	17,66	5,39	75	No Excede
19	17,46	-	-	-	-	75	No Excede
20	14,19	-	-	-	-	75	No Excede

Fuente: Plyma S.A.,2021.

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 5 se destaca el hecho de que únicamente en el día 5, se presentaron niveles de concentración superiores a lo establecido en la Resolución 2254 de 2017.

Se pudo determinar que este incremento en la concentración de material particulado está asociado a que el día 5 de monitoreo corresponde a la fecha del 25 de junio de 2020, día en que se presentó un fenómeno natural de arenas del Sahara, lo cual incrementó considerablemente la concentración de material

particulado en la zona, particularmente en las estaciones punto 1, punto 4 y punto 5.

En la Tabla 6, se presentan los resultados obtenidos para las concentraciones diarias de PM_{2.5} durante veinte días de monitoreo, los valores reportados en la tabla corresponden a la concentración corregida a condiciones de referencia 25 °C y 760 mmHg.

Tabla 6 Concentraciones diarias de PM_{2.5} vs. Norma diaria

DIA	Punto 1 (µg/m ³)	Punto 2 (µg/m ³)	Punto 3 (µg/m ³)	Punto 4 (µg/m ³)	Punto 5 (µg/m ³)	Norma Diaria (µg/m ³)	EXCEDE O NO LA NORMA
1	6,10	6,95	7,55	2,08	4,21	37	No Excede
2	5,89	8,11	5,28	7,11	5,19	37	No Excede
3	10,95	7,22	5,80	7,78	2,29	37	No Excede
4	2,05	26,75	3,02	14,94	13,55	37	No Excede
5	17,90	7,24	18,49	30,77	27,94	37	No Excede
6	13,40	10,64	6,62	6,75	6,37	37	No Excede
7	2,30	9,05	9,41	7,30	2,26	37	No Excede
8	13,68	10,59	5,10	8,26	9,93	37	No Excede
9	8,69	6,08	9,08	6,21	7,17	37	No Excede
10	12,09	11,68	3,62	9,26	2,28	37	No Excede
11	13,22	3,49	7,60	12,17	6,69	37	No Excede
12	8,32	5,29	2,32	6,24	6,47	37	No Excede
13	13,39	5,03	4,99	12,93	6,69	37	No Excede
14	4,86	4,80	3,72	2,22	4,29	37	No Excede
15	8,52	2,21	5,32	2,22	2,28	37	No Excede
16	3,05	14,38	6,91	2,24	3,40	37	No Excede
17	9,14	2,23	5,80	2,23	2,34	37	No Excede
18	14,97	2,26	2,28	2,23	2,11	37	No Excede
19	2,25	-	-	-	-	37	No Excede
20	2,22	-	-	-	-	37	No Excede

Fuente: Plyma S.A.,2021.

Conforme a los resultados obtenidos para este parámetro presentados en la Tabla 6 se observa que, ninguna de las concentraciones registradas supera el límite máximo permisible establecido en la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, establecido en 37 (µg/m³), estos resultados representan niveles bajos de material particulado en la zona de operación del proyecto.

En la Tabla 7, se presentan los resultados obtenidos para concentraciones diarias de SO₂ en las cinco estaciones de monitoreo, los valores reportados corresponden a la concentración corregida a condiciones de referencia 25 °C y 760 mmHg.

Tabla 7 Concentraciones diarias de SO₂ vs. Norma diaria

DIA	Punto 1 (µg/m ³)	Punto 2 (µg/m ³)	Punto 3 (µg/m ³)	Punto 4 (µg/m ³)	Punto 5 (µg/m ³)	Norma Diaria (µg/m ³)	EXCEDE O NO LA NORMA
1	1,425	1,526	1,583	1,518	1,498	50	No Excede
2	1,434	1,477	1,504	1,578	1,564	50	No Excede
3	1,425	1,501	1,519	1,525	1,519	50	No Excede
4	1,405	1,480	1,570	1,451	1,486	50	No Excede
5	1,417	1,479	1,504	1,457	1,542	50	No Excede
6	1,376	1,417	1,467	1,459	1,481	50	No Excede
7	1,379	1,452	1,496	1,518	1,485	50	No Excede
8	1,365	1,491	1,464	1,506	1,547	50	No Excede
9	1,349	1,512	1,480	1,504	1,561	50	No Excede
10	1,369	1,467	1,515	1,461	1,478	50	No Excede
11	1,360	1,494	1,492	1,492	1,390	50	No Excede
12	1,336	1,445	1,505	1,513	1,418	50	No Excede
13	1,363	1,432	1,502	1,474	1,432	50	No Excede
14	1,340	1,497	1,569	1,465	1,530	50	No Excede
15	1,346	1,456	1,501	1,442	1,468	50	No Excede
16	1,369	1,469	1,494	1,464	1,447	50	No Excede
17	1,338	1,498	1,570	1,549	1,514	50	No Excede
18	1,328	1,451	1,564	1,478	1,480	50	No Excede
19	2,25	-	-	1,459	-	50	No Excede
20	2,22	-	-	-	-	50	No Excede

Fuente: Plyma S.A,2021.

Los niveles de concentración reportados para SO₂, se encuentran muy distantes del nivel máximo permisible según la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual corresponde a 50 (µg/m³).

La concentración más alta encontrada durante toda la campaña de monitoreo se registró en el día 19 en la estación punto 1, con un valor de 2,25 (µg/m³), lo cual refleja un nivel bajo de contaminación en la zona respecto a este parámetro.

En la Tabla 8, se presentan los resultados obtenidos para concentraciones promedio de NO₂ cada hora, obtenidas en las cinco estaciones de monitoreo.

Tabla 8 Concentraciones promedio horarias de NO₂ vs. Norma horaria

Hora	Punto 1 (µg/m ³)	Punto 2 (µg/m ³)	Punto 3 (µg/m ³)	Punto 4 (µg/m ³)	Punto 5 (µg/m ³)	Norma Diaria (µg/m ³)
0:00	20,21	11,06	10,78	13,51	15,43	200
1:00	17,94	11,22	11,05	12,88	14,42	200
2:00	13,75	10,65	10,52	11,46	13,43	200
3:00	15,74	9,38	9,69	11,13	12,6	200
4:00	17,39	8,51	9,81	10,96	13,08	200
5:00	18,36	8,93	10,41	10,56	14,38	200
6:00	21,69	9,29	10,89	11,46	18,14	200
7:00	27,1	14,96	15,37	16,63	20,37	200
8:00	32,22	23,13	17,5	27,36	26,87	200
9:00	35,85	32,99	17,86	38,86	26,93	200
10:00	33,41	36,73	19,18	36,65	27,1	200

Hora	Punto 1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Punto 2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Punto 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Punto 4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Punto 5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Norma Diaria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
11:00	25,66	35,53	19,12	33,75	29,95	200
12:00	19,62	27,26	18,59	27,13	22,15	200
13:00	17,79	22,49	17,82	21,88	18,95	200
14:00	17,73	18,66	18,43	20,53	19,45	200
15:00	17,37	19,73	18,52	20,62	22,44	200
16:00	19,84	19,25	18,2	18,77	23,62	200
17:00	22,63	17,74	18,17	17,83	25,53	200
18:00	22,94	13,52	17,41	15,53	21,68	200
19:00	26,78	11,51	15,73	13,87	20,35	200
20:00	27,08	13,06	14,35	12,91	16,67	200
21:00	25,68	13,35	13,87	15,95	17,02	200
22:00	23,7	11,34	13,14	15,82	15,08	200
23:00	23,25	9,25	12,08	12,25	14,07	200

Fuente: Plyma S.A,2021.

Al analizar los promedios obtenidos cada hora, durante la campaña de monitoreo, en cada una de las cinco estaciones de monitoreo, se observa que, los valores de concentración para dióxido de nitrógeno (NO_2) son bajos, estos se encuentran muy distantes del nivel máximo permisible horario para este contaminante, el cual está establecido en 200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de acuerdo con la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Teniendo en cuenta que, el proyecto objeto de estudio corresponde a uno de infraestructura vial en su etapa de operación y mantenimiento, la principal fuente de contaminación corresponde a la generada por fuentes móviles, resulta de gran importancia realizar monitoreos frecuentes sobre este componente, con el propósito de conocer los cambios que se puedan generar en la calidad del aire. En los resultados de los monitoreos realizados en el año 2020 se evidencian niveles aceptables de contaminación, tomando como referencia los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

5.1.4 Ruido

Los niveles de contaminación auditiva presentes en el proyecto, en su etapa de operación y mantenimiento, se presentan en base a mediciones de presión sonora realizados para ruido y ruido ambiental, desde el 6 al 8 de julio del 2020, por parte de una empresa certificada por el IDEAM para realizar este proceso.

Además, se tiene como referencia, la Resolución 627 de 2006 expedida por el actual MADS, mediante la cual se establecieron los estándares máximos permisibles de ruido ambiental (ruido total en la zona debido a las fuentes presentes) y emisión de ruido (ruido generado específicamente por una fuente objeto) diferenciados por uso de suelo y horario de medición.

El horario Día y Noche definido por la resolución se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9 Horarios resolución 0627 de 2006

Diurno	Nocturno
De las 7:01 a las 21 horas	De las 21:01 a las 7:00 horas

Fuente: Resolución 0627 de 2006.

5.1.4.1 Emisión de Ruido

Para los resultados de emisión de ruido, se estableció el estándar de comparación que se aplica de acuerdo con la normatividad de la resolución 0627 de 2006, dependiendo del sector en el cual está ubicado el establecimiento que contiene la fuente objeto de evaluación (uso del suelo) y la trascendencia del ruido generado por esta fuente a otros sectores.

Los límites permisibles de niveles de ruido asociados a cada sector se presentan en la Tabla 10, el proyecto de infraestructura pertenece al sector **C. Ruido Intermedio restringido**, con usos industriales.

Tabla 10 Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas Portuarias, parques industriales, zonas francas	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas	65	55
	Zonas con usos institucionales		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y	Residencial suburbana	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria		

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Ruido Moderado	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales		

Fuente: Resolución 0627 de 2006.

En la Tabla 11 se presentan los resultados corregidos del nivel de presión sonora equivalente ponderado A total (L_{Aeq}), obtenidos en los cinco puntos de medición para la jornada diurna y nocturna comparados con el límite establecido la Resolución 627 de 2006 para el uso del suelo clasificado para el proyecto, correspondiente al sector C. Ruido Intermedio restringido, con usos industriales.

Tabla 11 Resultados de Ruido vs Norma

ESTACIONES DE MONITOREO	FECHA	LAEQ RUIDO CORREGIDO (dB)	VALORES PERMITIDOS RESOLUCIÓN 627-2006 LAEQ DÍA (dB)	EXCEDE O NO LA NORMA
HORARIO DIURNO				
Estación 1	6/07/2020	65,5	75	No Excede
Estación 2	6/07/2020	56,5	75	No Excede
Estación 3	6/07/2020	48,3	75	No Excede
Estación 4	7/07/2020	45,2	75	No Excede
Estación 5	7/07/2020	52,5	75	No Excede
HORARIO NOCTURNO				
PUNTO DE MEDICION	FECHA	LAEQ RUIDO CORREGIDO (dB)	VALORES PERMITIDOS RESOLUCIÓN 627-2006 LAEQ NOCHE (dB)	EXCEDE O NO LA NORMA
Estación 1	8/07/2020	55,9	75	No Excede
Estación 2	8/07/2020	46,3	75	No Excede
Estación 3	7/07/2020	54,0	75	No Excede
Estación 4	7/07/2020	40,0	75	No Excede
Estación 5	8/07/2020	46,9	75	No Excede

Fuente: Plyma S.A, 2021.

De acuerdo con los resultados presentados para las mediciones de ruido, en la Tabla 11 se observa que el punto de monitoreo donde se presentó un mayor nivel de emisión, corresponde a la estación 1 con 65,5 dB para la jornada diurna y 55,9 dB para la jornada nocturna, esto está asociado a la alta concurrencia vehicular que se presenta en este punto del proyecto.

Se destaca el hecho que, en ninguno de los 5 puntos de monitoreo evaluados, se superan los límites permisibles de emisión de ruido consignados en la Resolución 0627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente que para el sector C Ruido Intermedio restringido, con usos industriales. Están fijados en 75 dB para la jornada diurna y 75 dB para la jornada nocturna.

5.1.4.2 Ruido Ambiental

Al igual que para ruido, para los resultados de ruido ambiental, se tuvo como referencia la normatividad establecida en la Resolución 0627 de 2006, en la cual depende del sector en el cual está ubicado el establecimiento que contiene la fuente objeto de evaluación (uso del suelo) y la trascendencia del ruido generado por esta fuente a otros sectores.

Los límites permisibles de niveles de ruido ambiental asociados a cada sector se presentan en la Tabla 12, Para el caso de estudio, el proyecto se clasificó en el sector C. Ruido Intermedio restringido, con usos industriales.

Tabla 12 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas Portuarias, parques industriales, zonas francas	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas	65	50
	Zonas con usos institucionales		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques y reservas naturales		

Fuente: Resolución 0627 de 2006.

En la Tabla 13 se presentan los resultados corregidos del nivel de presión sonora equivalente ponderado A total (LAEq) para ruido ambiental, obtenidos en los cinco puntos de medición para la jornada diurna y nocturna, comparados con el límite establecido la Resolución 627 de 2006 según el uso del suelo del proyecto correspondiente al sector C. Ruido Intermedio restringido, con usos industriales.

Tabla 13 Resultados de Ruido Ambiental vs Norma

PUNTO DE MEDICION	FECHA	LAEQ RUIDO AMBIENTAL CORREGIDO (dB)	VALORES PERMITIDOS RESOLUCIÓN 627-2006 LAEQ DÍA (dB)	EXCEDE O NO LA NORMA
HORARIO DIURNO				
Estación 1	8/07/2020	75,8	75	Excede
Estación 2	6/07/2020	62,4	75	No Excede
Estación 3	8/07/2020	70,8	75	No Excede
Estación 4	6/07/2020	56,8	75	No Excede
Estación 5	7/07/2020	53,5	75	No Excede
HORARIO NOCTURNO				
PUNTO DE MEDICION	FECHA	LAEQ RUIDO AMBIENTAL CORREGIDO (dB)	VALORES PERMITIDOS RESOLUCIÓN 627-2006 LAEQ NOCHE (dB)	EXCEDE O NO LA NORMA
Estación 1	8/07/2020	64,4	70	No Excede
Estación 2	8/07/2020	52,3	70	No Excede
Estación 3	8/07/2020	62,8	70	No Excede
Estación 4	7/07/2020	55,7	70	No Excede
Estación 5	7/07/2020	49,6	70	No Excede

Fuente: Plyma S.A, 2021.

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 13, para las mediciones de ruido ambiental, se observa que, el punto de monitoreo donde se presentó un mayor nivel, corresponde a la estación 1 con 75,8 dB para la jornada diurna y 64,4 dB para la jornada nocturna, siendo el único punto donde se presentó un nivel levemente superior al establecido para ruido ambiental en la Resolución 0627 de 2006 para el sector C, el cual se encuentra en 75 dB para la jornada diurna y 70 dB para la jornada nocturna superando el valor establecido para la jornada diurna. Esto está asociado a la gran concurrencia vehicular que se presenta en este punto del proyecto, dado que confluyen varias vías.

Los monitoreos de ruido realizados para el proyecto de infraestructura vial en estudio, permiten conocer el grado y alcance de afectación que se tiene en el área de influencia del proyecto, permitiendo realizar un seguimiento y control de los efectos asociados.

Según los resultados obtenidos en los monitoreos, se concluye que los niveles de contaminación auditiva presentes en el área de influencia del proyecto son aceptables, teniendo como referencia los límites establecidos en la Resolución 0627 de 2006 del MADS.

5.2 Principio 3: Normas ambientales y sociales aplicables

Dentro de las exigencias establecidas en el Principio 3 se señala, que en primera instancia se debe verificar el cumplimiento de las leyes, reglamentos y permisos pertinentes del país anfitrión, las cuales estén relacionadas con temáticas ambientales y sociales, esto se hace teniendo en cuenta las características particulares del proyecto tales como: tipo de proyecto, área de influencia, condiciones ambientales y sociales del entorno en donde se desarrolla entre otros.

En la Tabla 14 se presenta una sección de la matriz legal elaborada dentro de la formulación del Principio 3, dicha sección está asociada al medio abiótico del proyecto en sus diferentes componentes tales como: tales como: Recurso hídrico superficial, residuos sólidos, calidad del aire, ruido.

En ella se relacionan los diferentes decretos aplicables al proyecto para el componente abiótico, con la descripción del propósito de cada uno de ellos, y a su vez, se presentan los artículos de cada uno de ellos los cuales tienen injerencia en el proyecto de infraestructura objeto de aplicación de los principios.

Tabla 14 Normatividad ambiental medio abiótico aplicable al proyecto.

Medio	Componente	Acto administrativo aplicable	Descripción	Ítem (artículo, título y/o numeral)	Temática
Abiótico	Residuos Sólidos	Decreto 4741 de 2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral	Artículo 10	Obligaciones del Generador
				Artículo 11	Responsabilidad del generador
				Artículo 12	Subsistencia de la responsabilidad
				Artículos 13	Contenido químico no declarado
				Artículos 19	De la responsabilidad acerca de la contaminación y remediación de sitios
				Artículo 20	De los residuos o desechos peligrosos provenientes del consumo de productos o sustancias peligrosas
				Artículo 23	Del consumidor o usuario final de productos o sustancias químicas con propiedad peligrosa
				Artículo 28	De la inscripción en el registro de generadores
				Artículo 33	De los residuos o desechos hospitalarios
				Artículo 34	De los residuos o desechos de plaguicidas
Artículo 35	De los residuos o desechos radiactivos				
Abiótico	Residuos sólidos Peligrosos	Resolución 1362 de 2007	Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos	Artículo 2	Solicitud de Inscripción en el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos
				Artículo 4	Información a ser diligenciada en el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos
				Artículo 5	Actualización de la información diligenciada en el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos
				Artículo 6	Sitio de inscripción, diligenciamiento de la información del Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos y actualización
Abiótico	Residuos Hospitalarios	DECRETO 351 DE 2014	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades	Artículo 6	Obligaciones del Generador
				Artículo 12	Tratamiento de residuos o desechos peligrosos con riesgo biológico o infeccioso
				Artículo 15	Obligaciones
Abiótico	Recurso	Decreto 1575 de	Por el cual se establece	Artículo 10	Responsabilidad de los usuarios

Medio	Componente	Acto administrativo aplicable	Descripción	Ítem (artículo, título y/o numeral)	Temática
	Hídrico Superficial	2007	el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano	Artículo 28	Concesiones de agua para consumo humano
				Artículo 29	Análisis de vulnerabilidad
Abiótico	Recurso Hídrico Superficial	Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano	Artículo 2	Características Físicas
				Artículo 3	Conductividad
				Artículo 4	Potencial de hidrógeno
				Artículo 5	Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana
				Artículo 6	Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana
				Artículo 7	Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana
				Artículo 11	Características microbiológicas
Abiótico	Recurso Hídrico Superficial	Decreto 155 de 2004	Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones	Artículo 4	Sujeto Pasivo
				Artículo 5	Hecho Generador
				Artículo 6	Base Gravable
Abiótico	Recurso Hídrico Superficial	Decreto 1076 de 2015	Es una compilación de las normas en materia ambiental expedidas por el Gobierno Nacional en cabeza del presidente de la Republica, este decreto no tiene ninguna disposición nueva, ni modifica las existentes	Artículo 2.2.3.2.5.3	Concesión para el uso de las aguas
				Artículo 2.2.3.2.8.5	Obras de captación
				Artículo 2.2.3.2.20.2	Concesión y permiso de vertimientos
				Artículo 2.2.3.3.5.1	Requerimiento de permiso de vertimiento
Abiótico	Recurso Hídrico Superficial	Decreto 2267 de 2012	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e	Artículo 22	Monitoreo de vertimientos

Medio	Componente	Acto administrativo aplicable	Descripción	Ítem (artículo, título y/o numeral)	Temática
			indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones		
Abiótico	Recurso Hídrico Superficial	Resolución 0631 de 2015	Por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones	Artículo 5	Del parámetro de temperatura y de la zona de mezcla térmica
				Artículo 8	Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas-ARD de las actividades industriales, comerciales o de servicio; y de las aguas residuales (ARD y ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales
Abiótico	Recurso Hídrico Superficial	Decreto 1090 de 2018	Por el cual se adiciona el decreto 1076 de 2015, decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, en lo relacionado con el programa para el uso eficiente y ahorro	Artículo 2.2.3.2.1.1.3	Programa para el uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA)
Abiótico	Recurso Hídrico Superficial	Resolución 1257 de 2018	Por el cual se desarrollan los parágrafos 1 y 2 del artículo 2.2.3.2.1.1.3 del decreto 1090 de 2018, mediante el cual se adiciona el decreto 1076 de 2015	Artículo 1	Objeto y ámbito de aplicación
Abiótico	Recurso	Decreto 3930 de	"Por el cual se	Artículo 9	Usos del agua

Medio	Componente	Acto administrativo aplicable	Descripción	Ítem (artículo, título y/o numeral)	Temática
	Hídrico Superficial	2010	reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III- Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones "	Artículo 10	Uso para consumo humano y doméstico
Abiótico	Recurso Hídrico Superficial	Decreto 1900 de 2006	Por el cual se reglamenta el parágrafo del artículo 43 de la Ley 99 de 1993 referente a las Tasas por Utilización de Aguas y se dictan otras disposiciones	Artículo 1	Campo de aplicación
				Artículo 2	De los proyectos sujetos a la inversión del 1%
				Artículo 4	Aprobación de la inversión
				Artículo 5	Destinación de la inversión
Abiótico	Calidad del Aire	Resolución 2254 del 2017	Por el cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones	Artículo 2	Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio
				Artículo 8	Monitoreo y seguimiento de la calidad el aire por parte de proyectos, obras o actividades
Abiótico	Ruido	Resolución 627 de 2006	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental	Artículo 9	Estándares Máximos Permisibles de Emisión de Ruido
				Artículo 17	Estándares Máximos Permisibles de Emisión de Ruido Ambiental

Fuente: Plyma S.A, 2021.

La Tabla 14 se presenta toda la normatividad aplicable para el medio abiótico en cada uno de sus componentes: recurso hídrico superficial, residuos sólidos, calidad del aire y ruido. Esta es de gran importancia dentro de la evaluación pues permite identificar la aplicabilidad y el estado de cumplimiento de la normativa ambiental vigente por parte del proyecto, teniendo como guía lo establecido en la legislación del país anfitrión, así mismo, permite realizar un seguimiento integral a cada uno de los componentes permitiendo visualizar posibles fortalezas y oportunidades de mejora asociadas a la gestión ambiental empleada en el proyecto.

Adicionalmente se destaca el cumplimiento por parte del proyecto, de cada uno de los decretos aplicables a los diferentes componentes, lo cual se debe principalmente a la estructura organizada que presenta el proyecto con respecto a la gestión ambiental, a través de Planes de Manejo Ambiental (PMA) y Planes de Seguimiento y Monitoreo (PMS), los cuales permiten tener un manejo óptimo de cada uno de los componentes en la etapa de operación y mantenimiento.

6 Conclusiones

La implementación completa de los Principios del Ecuador en un proyecto, es un proceso elaborado que requiere la participación de profesionales de distintas áreas del conocimiento tales como biología, ciencias sociales, ingeniería entre otros. Desde el área profesional de la ingeniería ambiental se pudo contribuir a la implementación de una parte de estos Principios específicamente en el capítulo dos el cual está enfocado en realizar la evaluación ambiental y social de los proyectos y el tres correspondiente a las normas ambientales y sociales aplicables al proyecto de acuerdo con la normatividad vigente en el país donde se esté desarrollando el proyecto.

La evaluación realizada a el medio abiótico del proyecto de infraestructura vial, durante la formulación del Principio dos, permitió conocer en detalle en cuales componentes se tienen fortalezas en cuanto a la gestión ambiental y a su vez en cuales de ellas se presentan oportunidades de mejora.

La exigencia de Los Principios del Ecuador por parte de las entidades financieras a quienes soliciten prestamos, resulta muy positivo pues se ven beneficiados las diferentes partes interesadas; para el caso del banco la implementación de los Principios representa inversiones más seguras pues uno de los propósitos principales es garantizar que los proyectos se llevan a cabo de manera socialmente responsable, y que a su vez reflejan la aplicación de prácticas rigurosas de gestión ambiental. Los empleados del proyecto y las comunidades afectadas, se ven beneficiados con la gestión social que se incluye dentro de la implementación de los Principios lo cual mejora sus condiciones.

La implementación de los Principios del Ecuador en un proyecto de gran envergadura, permite realizar una evaluación integral a las condiciones ambientales y sociales que se derivan producto de un proyecto en su área de influencia, sin embargo, una efectividad mayor de los mismos depende en gran medida de la rigurosidad legislativa con la que cuente el país anfitrión donde se lleve a cabo el proyecto.

Mas allá de las responsabilidades sociales y ambientales que siempre son exigidas por las diferentes autoridades competentes a los realizadores de los proyectos, los Principios del Ecuador amplían la exigencia, pues para su cumplimiento se debe incluir el total de las normas ambientales y sociales aplicables al proyecto, lo que obliga a presentar unas mejores condiciones en lo relacionado a estos temas, con miras a poder darle cumplimiento a la totalidad de las normas que presente el país anfitrión, adicionalmente en los Principios se exigen algunas normas internacionales, lo cual, también aumenta el nivel de características que se deben cumplir para la aprobación de los Principios, reflejando finalmente una mejor gestión ambiental y social por parte de los proyectos en los cuales sean implementados y posteriormente aceptados.

7 Referencias bibliográficas

Asociación de los Principios del Ecuador 2020 *Equator principles*

Implementación del Analisis de Riesgos Ambientales Y sociales 2016 *Semana Económica*

Baumast, A. (2013) 'Equator Principles BT - Encyclopedia of Corporate Social Responsibility', in Idowu, S. O. et al. (eds).

Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 1045-1051. doi: 10.1007/978-3-642-28036-8_68.

Gallardo Vázquez, D. (2006) 'El compromiso con el desarrollo sostenible: Principios de Ecuador', *Cuadernos de Economía*, 25(45), pp. 205-222.

Guerrero Castro, M. (2014) 'Los Principios de Ecuador: impactos e implicaciones en las entidades firmantes españolas'.

Wörsdörfer, M. (2015). Equator Principles-Nowand Then. In *The Ethical Contribution of Organizations to Society*. Emerald Group Publishing Limited

Restrepo Restrepo, D. A. (2017) 'Análisis del riesgo ambiental y social en el sector bancario: Influencia de las obligaciones, responsabilidades y la ética en la calidad del crédito', *Escuela de Geociencias y Medio Ambiente*.

Rojas, E. A. (2005) 'Análisis de riesgos ambientales y sociales en los proyectos de préstamos e inversión: metodología', *Publicaciones Ecobanking*.

Tseng, Y.-C., Lee, Y.-M. and Liao, S.-J. (2017) 'An Integrated Assessment Framework of Offshore Wind Power Projects Applying Equator Principles and Social Life Cycle Assessment', *Sustainability* . doi: 10.3390/su9101822.

Velázquez, I. M. (2020) 'Los Principios del Ecuador un análisis en torno a los Sistemas de Transporte de Gas Natural en México'. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA.