

MEMORANDO

1.2. 26 OCT 2015

Bogotá, D.C.,

PARA: CLAUDIA VICTORIA GONZALEZ HERNANDEZ
Subdirectora de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales

DE: CLAUDIA LORENA LÓPEZ SALAZAR
Jefe Oficina Asesora Jurídica

ASUNTO: Observaciones jurídicas a los lineamientos técnicos para la estandarización de los monitoreos de calidad de agua superficial para los proyectos mineros de la zona centro del Departamento del Cesar, competencia de la ANLA. COR 9026-00-2015. Respuesta al memorando 2015052776-3.

Cordial saludo,

De conformidad con el asunto y una vez realizado el análisis jurídico del documento denominado, "Propuesta para la estandarización de los monitoreos de calidad del agua superficial para los proyectos mineros de la zona centro del Departamento del Cesar, competencia de la ANLA" del año 2015, la Oficina Asesora Jurídica de esta entidad se permite hacer las siguientes consideraciones:

El contenido del documento es de carácter técnico y en ese sentido se procederá a analizar los aspectos de orden jurídico que se evidencian principalmente en la manera como se va a llevar a cabo la ejecución de actividades para la estandarización de los monitoreos de agua superficial en la zona centro del Departamento del Cesar.

Así las cosas, se evidencia en la introducción, en la justificación y alcance del documento que se hace mención a términos de referencia, el cual no resulta preciso si se tiene en cuenta su definición legal comprendida en el artículo 2.2.2.3.3.2, donde se prevé que son lineamientos generales para la ejecución y elaboración de estudios ambientales que deben ser presentados ante la autoridad ambiental competente. De lo anterior se desprende que el hecho de que los términos sean lineamientos generales, deberían ser aplicados a cualquier área distinta a la zona centro del Departamento del Cesar. Es por lo anterior que se sugiere cambiar la expresión "términos de referencia" prevista en el documento en las páginas 1 y 3, por una expresión que desde su significado se oriente a proponer un modelo sobre un área que tiene

MADELA H02
26 OCT 2015
12:01

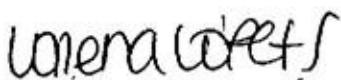
característica de orden particular como el Departamento del Cesar. Bajo ese entendido, se recomienda sustituir tal expresión y se propone que se acoja alguna de las siguientes expresiones: "Lineamientos técnicos" o "manual" con el objeto que sea visible que el documento propuesto hace referencia a un área particular y no se aplicará a todas las áreas del territorio nacional desde el punto de vista general.

Respecto del numeral segundo del documento sobre la justificación y alcance, es importante tener en cuenta que en el inciso segundo se hace mención al Decreto 1323 de 2007, norma que fue compilada y derogada por el Decreto 1076 de 2015 y por tanto se sugiere incluir la actualización tendiente a establecer que, los aspectos relacionados con el sistema de información del recurso hídrico están actualmente en el capítulo quinto del título tercero del libro primero del Decreto antes enunciado.

Si bien es cierto el documento es de carácter técnico, no se menciona nada respecto de su implementación y en ese sentido esta Oficina Asesora jurídica recomienda que para la ejecución de dichas actividades, se incluya en el documento la forma como se va a ejecutar el contenido propuesto y se expida un acto administrativo de orden particular, por cada uno de los usuarios del área de influencia del centro del Cesar mediante el cual se impongan las condiciones para la aplicación de los lineamientos técnicos que estandaricen los monitoreos de calidad de agua superficial para los proyectos mineros de la zona centro del Departamento del Cesar y que son competencia de esta entidad, de conformidad con lo previsto en el artículo 2.2.2.3.9.1¹ sobre la revisión de impactos acumulativos en una misma área y la imposición las restricciones ambientales necesarias a que hubiese lugar a cada uno de los proyectos que se encuentran en el área mencionada.

Quedamos atentos a cualquier observación que tengan sobre el particular.

Cordialmente,


CLAUDIA LORENA LÓPEZ SALAZAR
Jefe Oficina Asesora Jurídica

Elaboró: JAGP
Fecha: 20/10/2015

¹ "Control y seguimiento. Los proyectos, obras o actividades sujetos a licencia ambiental o plan de manejo ambiental, serán objeto de control y seguimiento por parte de las autoridades ambientales, con el propósito de: (...)

4. Revisar los impactos acumulativos generados por los proyectos, obras o actividades sujetos a licencia ambiental y localizados en una misma área de acuerdo con los estudios que para el efecto exija a sus titulares e imponer a cada uno de los proyectos las restricciones ambientales que considere pertinentes con el fin de disminuir el impacto ambiental del área."

3.2

No. de Radicación

MEMORANDO

2015052776-3

Bogotá, D.C.,

06 OCT 2015

PARA: CLAUDIA LORENA LÓPEZ SALAZAR
Jefe de Oficina Asesora Jurídica

DE: CLAUDIA VICTORIA GONZALEZ HERNANDEZ
Subdirectora de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales

ASUNTO: Lineamientos técnicos para la estandarización de los monitoreos de calidad del agua superficial para los proyectos mineros de la zona centro del Departamento del Cesar de competencia de la ANLA. COR9026-00-2015.

Apreciada doctora Claudia Lorena,

La implementación del instrumento de Regionalización de la SIPTA en la zona minera del Cesar permitió evidenciar la necesidad de realizar un análisis espacial y temporal de los monitoreos de calidad y cantidad de agua a nivel superficial, de las corrientes hídricas que son intervenidos por todos los proyectos mineros en su conjunto, desde una óptica regional.

Hacer un análisis regional acertado a partir de la información que se recopila de los expedientes y la GDB es poco viable teniendo en cuenta las diferencias que existen entre las obligaciones de monitoreo de aguas superficiales impuestas en cada licencia en términos de frecuencias y parámetros a medir. Incluso en algunos casos no es clara la georreferenciación de puntos de monitoreo.

De acuerdo a lo anterior, desde el instrumento de Regionalización, y con el conocimiento y participación del Grupo de Minería, se ha evidenciado la oportunidad de realizar el análisis del recurso hídrico superficial con un enfoque regional, que permita la identificación de puntos óptimos y efectivos de monitoreo y la estandarización de parámetros, frecuencias y demás condiciones que propendan por la consecución de datos e información útiles para la construcción de un conocimiento integral y dinámico del recurso hídrico superficial en la zona centro del departamento del Cesar, específicamente en el área de intervención de los proyectos mineros objeto de licenciamiento ambiental por parte de la ANLA.

Los avances logrados durante el último año en mesas de trabajo con las empresas mineras, CORPOCESAR, el observatorio ambiental del Cesar y la ANLA permitieron llegar a un acuerdo preliminar para desarrollar una "red

de monitoreo local" para el componente hídrico superficial que optimice los recursos de las empresas y que garantice la representatividad de lo que se está monitoreando. Esta red se materializará mediante una obligación conjunta entre todos los proyectos mineros presentes en la zona y que en la actualidad hacen monitoreos en sus áreas de influencia pero que no son necesariamente representativos desde un punto de vista regional. Para el diseño de la red, es necesario contar previamente con el conocimiento básico de lo que las empresas han estado monitoreando, una actualización de usos y usuarios y la aplicación de la metodología de longitud de mezcla en cada uno de los permisos de vertimiento autorizados por la ANLA, para que finalmente se pueda establecer una propuesta conjunta de red de monitoreo.

En la última mesa de trabajo desarrollada con las empresas mineras que tuvo lugar en La Jagua de Ibirico en mayo pasado, se presentó a las empresas el diagnóstico preliminar de lo que actualmente se está monitoreando en corrientes hídricas superficiales, evidenciando redundancia de puntos, disparidad de criterios en parámetros, frecuencias y otra serie de condiciones que hacen que los actuales monitoreos no sean efectivos; en este orden de ideas se identificaron los aspectos técnicos y demás información requerida para la reorganización de los puntos de monitoreo y la definición como tal de la red de monitoreo.

Dando respuesta a lo anterior, la Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales ha elaborado los lineamientos técnicos que se adjuntan a este memorando para que sean revisados desde los puntos de vista jurídico y técnico, y cuya aplicabilidad e implementación estará a cargo de la Coordinación del Grupo de Minería.

Esta Subdirección queda atenta para aclarar o discutir cualquier aspecto relacionado con el alcance, aplicabilidad y requerimientos asociados a los mencionados lineamientos técnicos.

Por favor allegar a esta subdirección sus comentarios y/o observaciones a más tardar el 16 de octubre de 2015. Con el fin de recibir cualquier información adicional o de resolver cualquier duda que se le presente, puede comunicarse directamente con Sandra Zambrano o Jairo Alberto Ruiz a los correos electrónicos szambrano@anla.gov.co y jruiz@anla.gov.co, o al teléfono 2540111 extensión 2054.

Cordialmente,

Claudia Victoria Gonzalez Hernandez

CLAUDIA VICTORIA GONZALEZ HERNANDEZ

Subdirectora de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales

Elaboró: Sandra Zambrano, Profesional recurso hídrico de Regionalización

Jairo Ruiz, Profesional de aguas superficiales de Regionalización

Revisó: Santiago Jesús Rolón Domínguez, Coordinador Grupo de Instrumentos

Martha Ramirez, Líder Regionalización

Archivase en:

Anexo: Lineamientos técnicos para la estandarización de los monitoreos de calidad del agua superficial para los proyectos mineros de la zona centro del Departamento del Cesar de competencia de la ANLA.

**PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACIÓN
DE LOS MONITOREOS DE CALIDAD DEL
AGUA SUPERFICIAL PARA LOS
PROYECTOS MINEROS DE LA ZONA
CENTRO DEL DEPARTAMENTO DEL
CESAR DE COMPETENCIA DE LA ANLA**

Elaboró:

Grupo de Regionalización

Revisó y Aprobó:

Subdirección de Instrumentos Permisos y
Trámites Ambientales



MINAMBIENTE



**TODOS POR UN
NUEVO PAÍS**
PNT - EQUIDAD Y EDUCACIÓN

Para los puntos de muestreo asociados a las ocupaciones de cauce es necesario considerar el tipo y temporalidad la ocupación. A continuación se presentan las condiciones para la definición de los puntos de muestreo, de acuerdo a los criterios mencionados:

Tabla 1 Condiciones para la definición de los puntos de muestreo en obras de ocupación de cauces

Temporalidad	Tipo	Criterio de ubicación	Criterio de frecuencia
Temporal	Pontones, Box Culvert, Alcantarillados, Puentes, Obras de control hidráulico, Etc.	Aguas arriba y aguas abajo de la ocupación.	Antes, durante y una vez finalizada la obra presentar los muestreos correspondientes a dos periodos climáticos (seco y húmedo).
Permanente	Pontones, Box Culvert, Alcantarillados, Puentes, Obras de control hidráulico, Etc.	Aguas arriba y aguas abajo de la ocupación.	El muestreo se realizará en dos periodos climáticos (seco y húmedo).
Permanente	Desviación de cauce	Agua arriba, en un punto intermedio (si la obra de ocupación es lineal) o en los puntos en donde las obras presenten cambios de dirección superiores a 90° y aguas abajo antes de entregar las aguas a la red de drenaje natural. En caso de que en el tramo de la ocupación existan puntos de conexión con tributarios, se deben ubicar puntos de muestreo de aforo líquido y sólido antes de confluir a la obra de desviación.	Para las desviaciones de cauce futuras, el muestreo abarca el tiempo de ejecución de la obra y la frecuencia deberá ser cada 10% del avance de la obra. Para desviaciones de cauce actuales y cuando las obras de desviación futuras culminen, la frecuencia del muestreo se realizará en dos periodos climáticos (seco y húmedo).

Temporalidad	Tipo	Criterio de ubicación	Criterio de frecuencia
Permanente	Construcción de embalses	Agua arriba, en el embalse y aguas abajo antes de entregar las aguas a la red de drenaje natural.	Para embalses futuros, el muestreo abarca el tiempo de ejecución de la obra y la frecuencia deberá ser cada 10% del avance de la obra. Para los embalses actuales y cuando las obras de construcción de embalses futuros culminen, la frecuencia del muestreo se realizará en dos periodos climáticos (seco y húmedo).

Fuente: ANLA, 2015

3.3 Puntos de Muestreo de Seguimiento a Permisos de Vertimiento

El muestreo de estos puntos, obedece a la necesidad de conocimiento de la calidad y caudal de las fuentes hídricas receptoras de las descargas residuales generadas, así como evaluar el cumplimiento de los criterios de calidad definidos para el vertimiento en el marco la Resolución 631 de 2015 y/o los objetivos de calidad para el cuerpo de agua receptor (en el caso de que el drenaje intervenido cuente con objetivos de calidad), además de evaluar la efectividad de las medidas de manejo especificadas en la licencia ambiental.

Para el monitoreo de un vertimiento, es necesario establecer 2 puntos de muestreo sobre la fuente receptora, uno aguas arriba de la descarga en una distancia máxima de 100 metros y un segundo punto en la zona aguas abajo del vertimiento en una distancia que se define de acuerdo a la metodología de longitud de mezcla, la cual se presenta en este documento en el siguiente capítulo.

Así mismo, se debe monitorear el vertimiento analizando los parámetros de la Resolución 631 de 2015, de acuerdo a su procedencia y pertinencia, como mínimo con las frecuencias definidas para los puntos del cuerpo de agua receptor.

3.4 Puntos de Muestreo de Seguimiento a Cuerpos de Agua Lénticos y Lóticos no Intervenido pero que se Encuentran en el Área de Influencia

Para la optimización del seguimiento a los cuerpos de agua que se encuentran en el área de influencia de los proyectos mineros y en donde no se realiza uso y aprovechamiento del recurso hídrico de manera directa, es necesario estandarizar el levantamiento de información, con el fin de aportar la generación de información útil para análisis del recurso hídrico a escala regional y de fácil articulación con la red de monitoreo regional en la que se encuentra trabajando el Observatorio Ambiental del Cesar a cargo de CORPOCESAR.

Para la definición de estos puntos, es necesario contar con la siguiente información:

- Cartografía del estado actual de la red de drenaje a una escala 1:25.000, la cual se ha interpretado en los estudios de impacto ambiental elaborados por las empresas mineras.
- Polígonos de proyectos, puntos de vertimientos, concesiones y ocupaciones de cauce.
- Identificación espacial de las zonas de mezcla en los puntos de vertimientos.
- Identificación de cuerpos de agua superficial de interés como las ciénagas.
- Censo de usuarios del recurso hídrico, debidamente espacializados.

Una vez compilada dicha información, se definen los puntos de muestreo espacialmente representativos, para posteriormente unificar con los puntos de monitoreo definidos para uso y aprovechamiento de recurso hídrico, verificando que no exista redundancia de puntos de muestreo (en el caso de presentarse puntos cercanos, los parámetros y frecuencias serán los más exhaustivos).

4 CONDICIONES DEL MUESTREO

4.1 Parámetros

A continuación, para cada una de las categorías de monitoreos definidas, se establecen los parámetros fisicoquímicos microbiológicos e hidrobiológicos a analizar, la frecuencia y demás condiciones para la estandarización de monitoreos de los proyectos mineros licenciados por ANLA.

Tabla 2 Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos a analizar para puntos de muestreo en corrientes asociadas a: área de influencia, concesiones y ocupación de cauce

OBJETIVOS DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO		CUERPOS DE AGUA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA	CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL	OCUPACIÓN DE CAUCE
PARÁMETROS	UNIDADES			
Generales				
Temperatura.	(°C)	X	X	X
pH	Unidades de pH	X	X	X
Conductividad eléctrica	(uS/cm)	X	X	X
Turbiedad	(UNT)	X	X	X
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	X	X	X
Demanda química de oxígeno (DQO)	(mg/L O ₂)	X	X	X
Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO ₅)	(mg/L O ₂).	X	X	X
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/L	X	X	X
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	X	X	X
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	X	X	X

OBJETIVOS DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO		CUERPOS DE AGUA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA	CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL	OCUPACIÓN DE CAUCE
PARÁMETROS	UNIDADES			
Sólidos Disueltos Totales (SDT).	mg/L	X	X	X
Grasas y Aceites	mg/L	X	X	X
Fenoles	mg/L	X	X	X
Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	X	X	X
Hidrocarburos				
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	X	X	X
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L			
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L			
Compuestos Orgánicos Halogenados Absorbibles (AOX)	mg/L			
Compuestos de Fósforo				
Fósforo Total (P)	mg/L			
Ortofosfatos (P-PO4)	mg/L			
Compuestos Nitrógeno				
Nitritos (N-NO2)	mg/L			
Nitratos (N-NO3)	mg/L			
Nitrógeno Amoniacal	mg/L			
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L			
Iones				
Cianuro Total (CN)	mg/L			
Cloruros (CL-)	mg/L			
Sulfatos (SO4)	mg/L			
Fluoruros (F-)	mg/L			
Sulfuros (S2-)	mg/L			
Metales y Metaloides*				
Arsénico (As)	mg/L			
Bario (Ba)	mg/L			
Cadmio (Cd)	mg/L			
Cinc (Zn)	mg/L			
Cobre (Cu)	mg/L			
Cromo (Cr)	mg/L			

OBJETIVOS DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO		CUERPOS DE AGUA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA	CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL	OCUPACIÓN DE CAUCE
PARÁMETROS	UNIDADES			
Hierro (Fe)	mg/L			
Mercurio (Hg)	mg/L			
Níquel (Ni)	mg/L			
Plata (Ag)	mg/L			
Plomo (Pb)	mg/L			
Selenio (Se)	mg/L			
Vanadio(V)	mg/L			
Otros Parámetros para Análisis y Reporte				
Acidez Total	mg/L CaCo3	X	X	X
Alcalinidad Total	mg/L CaCo4	X	X	X
Dureza Cálrica	mg/L CaCo5			
Dureza Total	mg/L CaCo6			
Color Real (Medidas de Absorbencia a las siguientes longitudes de onda 436 nm, 525 nm y 620 nm)				
Microbiológicos				
Coliformes totales	UFC	X	X	X
Coliformes fecales	UFC	X	X	X
Características Físicas				
Granulometría				X
Densidad	(kg/m3)			X
Peso específico	(kN/m3)			X
Porosidad	(%)			X
Características Químicas				
Carbono orgánico total (COT)	(mg/L C).			
Demanda béntica	(g/m2-día O2).			
Hidrocarburos totales	(mg/L)			
Grasas y aceites	(mg/L)			
Fenoles	(mg/L)			
Hidrobiológicos				
Perifiton		X	X	X
Plancton		X	X	X

OBJETIVOS DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO		CUERPOS DE AGUA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA	CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL	OCUPACIÓN DE CAUCE
PARÁMETROS	UNIDADES			
Bentos		X	X	X
Macrófitas		X	X	X
Fauna Íctica		X	X	X

Fuente: ANLA, Adaptación Resolución 631 de 2015

Tabla 3 Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos a analizar para puntos de muestreo en corrientes asociadas a: cuerpos de agua receptores de vertimientos y vertimientos directos a cuerpos de agua

OBJETIVOS DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO		CUERPOS DE AGUA RECEPTORES DE VERTIMIENTOS (AGUAS ARRIBA Y AGUA ABAJO)	VERTIMIENTOS DIRECTOS A CUERPOS DE AGUA	
PARÁMETROS	UNIDADES		AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA
Generales				
Temperatura.	(°C)	X	X	X
pH	Unidades de pH	X	X	X
Conductividad eléctrica	(uS/cm)	X	X	X
Turbiedad	(UNT)	X	X	X
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	X	X	X
Demanda química de oxígeno (DQO)	(mg/L O ₂)	X	X	X
Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO ₅)	(mg/L O ₂).	X	X	X
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/L	X	X	X
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	X	X	X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	X	X	X
Sólidos Disueltos Totales (SDT).	mg/L	X	X	X
Grasas y Aceites	mg/L	X	X	X
Fenoles	mg/L	X		X
Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	X	X	X
Hidrocarburos				
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	X	X	X
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L			

Propuesta para la estandarización de los monitoreos de calidad del agua superficial para los proyectos mineros de la zona centro del departamento del Cesar de competencia de la ANLA

OBJETIVOS DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO		CUERPOS DE AGUA RECEPTORES DE VERTIMIENTOS (AGUAS ARRIBA Y AGUA ABAJO)	VERTIMIENTOS DIRECTOS A CUERPOS DE AGUA	
			AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L			
Compuestos Orgánicos Halogenados Absorbibles (AOX)	mg/L			
Compuestos de Fosforo				
Fosforo Total (P)	mg/L	X	X	X
Ortofosfatos (P-PO ₄)	mg/L	X	X	X
Compuestos Nitrógeno				
Nitritos (N-NO ₂)	mg/L	X	X	X
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	X	X	X
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	X	X	X
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	X	X	X
Iones				
Cianuro Total (CN)	mg/L	X		X
Cloruros (CL ⁻)	mg/L	X		X
Sulfatos (SO ₄)	mg/L	X		X
Fluoruros (F ⁻)	mg/L			
Sulfuros (S ₂ ⁻)	mg/L	X		X
Metales y Metaloides*				
Arsénico (As)	mg/L	X		X
Bario (Ba)	mg/L			
Cadmio (Cd)	mg/L	X		X
Cinc (Zn)	mg/L	X		X
Cobre (Cu)	mg/L	X		X
Cromo (Cr)	mg/L	X		X
Hierro (Fe)	mg/L	X		X
Mercurio (Hg)	mg/L	X		X
Niquel (Ni)	mg/L	X		X
Plata (Ag)	mg/L			
Plomo (Pb)	mg/L	X		X
Selenio (Se)	mg/L			
Vanadio(V)	mg/L			

OBJETIVOS DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO		CUERPOS DE AGUA RECEPTORES DE VERTIMIENTOS (AGUAS ARRIBA Y AGUA ABAJO)	VERTIMIENTOS DIRECTOS A CUERPOS DE AGUA	
PARÁMETROS	UNIDADES		AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA
Otros Parámetros para Análisis y Reporte				
Acidez Total	mg/L CaCo3	X	X	X
Alcalinidad Total	mg/L CaCo4	X	X	X
Dureza Cálrica	mg/L CaCo5			
Dureza Total	mg/L CaCo6			
Color Real (Medidas de Absorbencia a las siguientes longitudes de onda 436 nm, 525 nm y 620 nm)				
Microbiológicos				
Coliformes totales	UFC	X	X	X
Coliformes fecales	UFC	X	X	X
Características Físicas				
Granulometría		X	X	X
Densidad	(kg/m3)	X	X	X
Peso específico	(kN/m3)	X	X	X
Porosidad	(%)	X	X	X
Características Químicas				
Carbono orgánico total (COT)	(mg/L C).	X	X	X
Demanda béntica	(g/m2-día O2).	X	X	X
Hidrocarburos totales	(mg/L)	X	X	X
Grasas y aceites	(mg/L)	X	X	X
Fenoles	(mg/L)	X	X	X
Hidrobiológicos				
Perifiton		X	X	X
Plancton		X	X	X
Bentos		X	X	X
Macrófitas		X	X	X
Fauna íctica		X	X	X

Fuente: ANLA, Adaptación Resolución 631 de 2015

4.2 Frecuencia y Tipo de Muestra

Los muestreos serán puntuales para cuerpos de agua con ancho o diámetro inferior a 10 metros e integrados para longitudes o diámetros mayores o iguales a 10 metros.

Para los vertimientos, los muestreos serán de tipo compuesto en un tiempo de 8 horas, con alicuotas cada hora, para el caso de las descargas de lagunas o embalses, debe siempre procurar tomar las muestras en los eventos en donde estos sistemas generan caudales.

Respecto a las frecuencias, a continuación se describen las condiciones de acuerdo al tipo de punto de muestreo.

Tabla 4 Frecuencia de los monitoreos de acuerdo al tipo de puntos de muestreo

	<i>Frecuencia</i>
Puntos de Muestreo de Seguimiento de Concesiones de Agua	Dos veces al año abarcando dos periodos hidroclimáticos. El periodo seco entre los meses de enero a febrero y el periodo húmedo entre septiembre y octubre.
Puntos de Muestreo de Ocupaciones de Cauces	
Puntos de Muestreo de Seguimiento a cuerpos de agua lénticos y lóticos no intervenidos pero que se encuentran en el área de influencia	
Puntos de Muestreo de Seguimiento a Permisos de Vertimiento	Para los metales y metaloides, realizar el muestreo dos veces al año abarcando dos periodos hidroclimáticos. El periodo seco entre los meses de enero a febrero y el periodo húmedo entre septiembre y octubre. Para los demás parámetros, se debe realizar el muestreo con una temporalidad mensual.

Fuente: ANLA, 2015

4.3 Criterios para la codificación de puntos

La definición de criterios claros y específicos para la codificación de los puntos de monitoreo, permite el entendimiento y trazabilidad de los mismo, puesto dichos criterios corresponden a la naturaleza, objetivo y alcance del punto, con lo cual es posible establecer filtros de búsqueda de datos que permitan realizar análisis delimitados para un área y/o condición de alteración precisa.

A continuación se presenta cada uno de los criterios definidos con una breve descripción y en la Figura 1 se muestra el esquema de codificación:

- **Código LAM (I):** Corresponde al código que desde ANLA se le asigna a un proyecto específico, con lo cual es posible identificar qué proyecto es el directamente responsable del punto de monitoreo.
- **Tipo de punto de monitoreo (II):** Hace referencia a si el punto de monitoreo se ubica en una corriente lentic, lotica o es agua residual.
- **Permiso Asociado (III):** Concieme al tipo de trámite de uso y aprovechamiento del recurso hídrico bajo el cual se definió el punto de monitoreo.
- **Ubicación del Punto (IV):** Este criterio solo aplica cuando el punto de monitoreo es definido sobre una fuente hídrica receptora en el marco de un permiso de vertimiento.

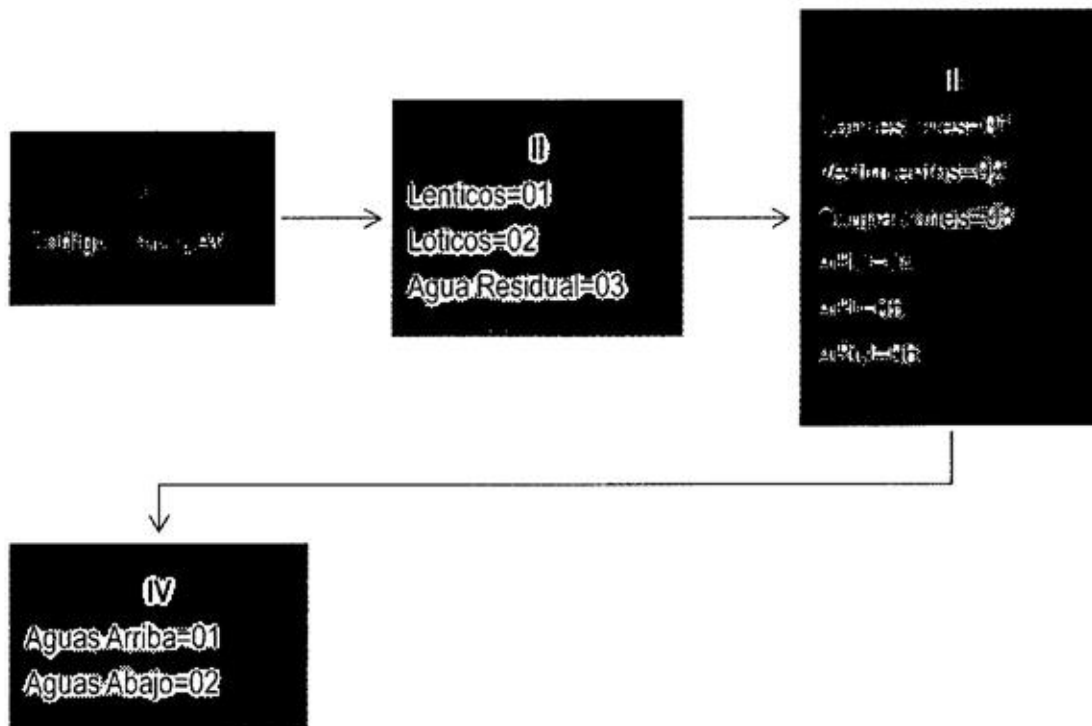


Figura 1 Esquema de codificación de puntos de monitoreo

5 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE MEZCLA

En esta sección se presenta el procedimiento que se debe seguir para estimar la distancia aguas abajo del punto de vertimiento sobre la corriente receptora que se considera directamente influenciada por la descarga de aguas residuales de los proyectos mineros.

A continuación se presenta el esquema general para implementar la metodología en relación a la información requerida para completar cada paso. Es importante señalar que la mayoría de la información necesaria para estimar la longitud de influencia directa sobre corrientes superficiales, pudo haber sido levantada en la línea base y para la modelación de la capacidad de asimilación de los cuerpos receptores.

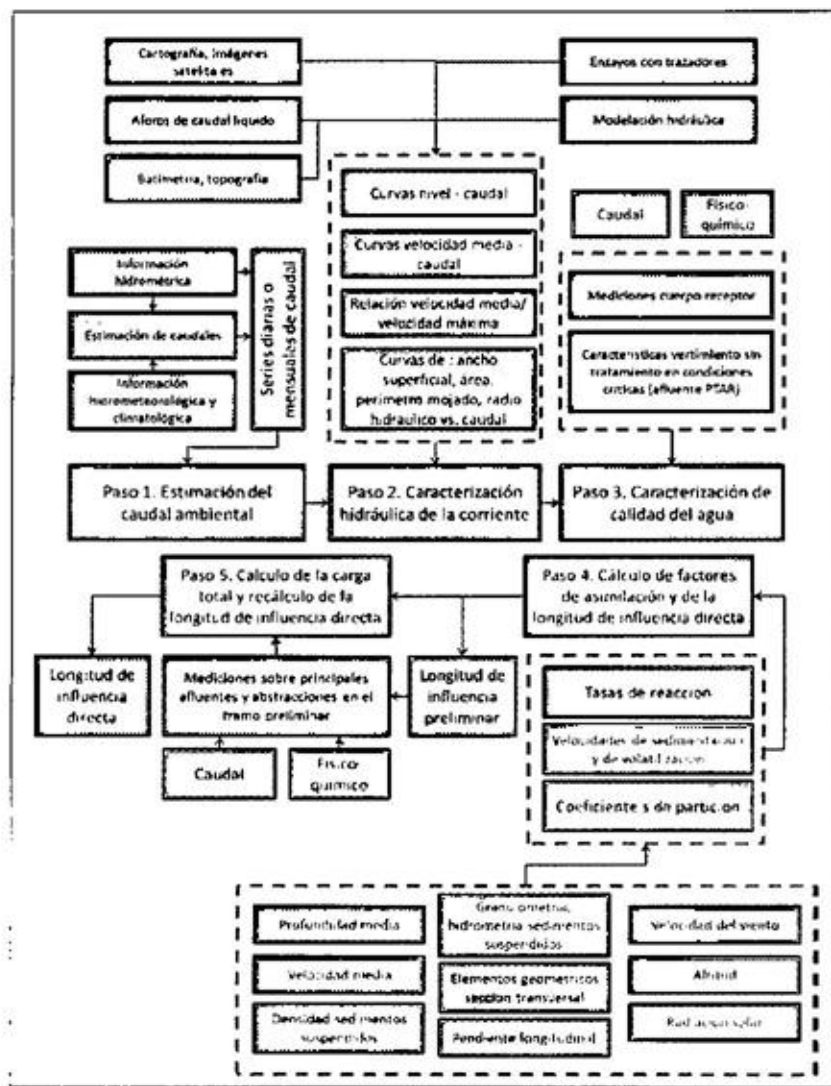


Figura 2 Esquema general de la metodología en relación a la información requerida

5.1 Definiciones

Caudal ambiental (Q_{amb}): volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de una fuente.

Carga contaminante (W): cantidad de sustancia contaminante por unidad de tiempo. Se calcula como el producto entre el caudal vertido Q_v y la concentración de la sustancia contaminante vertida c_v .

$$W = Q_v \cdot c_v \quad \text{Ecuación 1}$$

Factor de asimilación (a): razón entre la carga del contaminante a la entrada del tramo W y la concentración resultante aguas abajo c sobre el cuerpo receptor (Chapra, 1997),

$$a = \frac{W}{c} \quad \text{Ecuación 2}$$

Tiempo de arribo (τ): tiempo que tarda una sustancia disuelta en ser conducida exclusivamente por el movimiento del medio solvente (advección). Se puede estimar a partir de ensayos con trazadores o aproximadamente como la razón entre la longitud del tramo y la velocidad máxima del agua en la sección transversal de la corriente.

$$\tau = \frac{L}{v_{max}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Tiempo medio de viaje ($\bar{t}$): tiempo que tarda una sustancia disuelta en ser conducida por el movimiento del medio y ser dispersada. Se puede estimar a partir de ensayos con trazadores o aproximadamente como la razón entre la longitud del tramo y la velocidad media del agua

$$\bar{t} = \frac{L}{\bar{v}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Tiempo de residencia (T_r): tiempo que tarda una sustancia disuelta en ser dispersada por efecto de las zonas muertas o almacenamiento temporal y la dispersión longitudinal de la corriente principal. Se calcula como la diferencia entre el tiempo medio de viaje y el tiempo de arribo.

$$T_r = \bar{t} - \tau \quad \text{Ecuación 5}$$

Fracción dispersiva (DF): representa la fracción del volumen total del tramo que participa en el flujo que se considera completamente mezclada, o la fracción del tiempo de retención en el cual la sustancia disuelta es dispersada. Un valor de DF de 0 representa advección pura y de 1, dispersión pura. Se puede estimar a partir de ensayos con trazadores de la siguiente forma (Camacho y Lees, 2000):

$$DF = 1 - \frac{\tau}{\bar{t}}$$

Ecuación 6

También se puede estimar, de manera aproximada, utilizando las velocidades medias $\bar{v}$ y máximas del agua v_{max} medidas en la sección transversal en el tramo de la corriente:

$$DF = 1 - \frac{\bar{v}}{v_{max}}$$

Ecuación 7

5.2 Paso 0: Revisión de la información histórica

Como primer paso se debe realizar la compilación de la información histórica de monitoreos de calidad del agua, estudios hidráulicos, hidrológicos, entre otros, para la revisión y análisis para poder establecer si la información disponible es suficiente para la aplicación de la metodología o se requiere del levantamiento de información primaria.

Toda la información que se utilice en la metodología referente a la toma de muestras y análisis de aguas residuales y de aguas superficiales debe cumplir los debe cumplir lineamientos que para tal fin establece el IDEAM.

La información cartográfica debe estar acorde con lo establecido en la Resolución 1415 de 2012 expedida por el MADS, o aquella que la modifique, sustituya o derogue.

5.3 Paso 1: Estimación de caudal ambiental

Se deberá estimar el caudal ambiental de la corriente en el punto de vertimiento. Para la aplicación de la presente metodología, el caudal ambiental se podrá calcular de manera aproximada como el valor máximo entre: el índice Q10 utilizando caudales medios diarios, el Q95% de la curva de duración de caudales (CDC) medios diarios y 0.25 veces el caudal medio mensual (QMM) del mes más seco.

Las series de tiempo utilizadas deberán tener un periodo mínimo de 10 años de información y deberán someterse previamente a análisis de homogeneidad, consistencia y llenado. En el caso que no se disponga de información a nivel diario, el caudal ambiental será el valor máximo entre el Q95% de la Curva de Duración de Caudales (CDC) medios mensuales y 0.25 veces el QMM del mes más seco.

Si no está disponible información de series de caudales, se podrá emplear modelos de simulación hidrológica debidamente sustentados.

5.4 Paso 2: Caracterización hidráulica de la corriente

El cálculo de los factores de asimilación requiere la estimación del tiempo medio de viaje y del tiempo de primer arribo. Esto se puede hacer, para un rango amplio de caudales, mediante la información de ensayos Propuesta para la estandarización de los monitoreos de calidad del agua superficial para los proyectos mineros de la zona centro del departamento del Cesar de competencia de la ANLA

con trazadores (en el caso de haberse realizado), información de campo (aforos y levantamiento de secciones transversales representativas) o modelación hidráulica. De cualquier forma, se deben obtener las características hidrodinámicas de la corriente como la profundidad del agua, la velocidad media y la velocidad máxima. Se debe tener en cuenta que estas características varían con el caudal y dependen de la geometría de la corriente (ancho superficial, área, perímetro mojado, radio hidráulico). Por tal motivo, es necesario construir la curva de calibración en función del caudal que describa la variación del nivel del agua (medido desde el punto más bajo de la sección transversal) y la velocidad media bajo diferentes condiciones de flujo y establecer la relación entre la velocidad media y la velocidad máxima. También se deberán obtener las curvas que describan la variación de los principales elementos geométricos (ancho superficial, área, perímetro mojado, radio hidráulico) con el caudal.

Utilizando el caudal ambiental calculado en el Paso 1, la curva de calibración velocidad media - caudal y la relación $v_{max}/\bar{v}$, se obtiene la velocidad media y máxima correspondiente para las condiciones de caudal mínimo o ambiental sobre la corriente. La fracción dispersiva DF se puede estimar directamente a partir de ensayos con trazadores (en caso de disponer de dicha información) o calcular aplicando la ecuación.

5.5 Paso 3: Caracterización de la calidad del agua del cuerpo receptor y del vertimiento

Para el cálculo de los factores de asimilación requeridos para que el cuerpo de agua receptor recupere sus condiciones de calidad de agua sin vertimiento, se debe conocer la carga contaminante a la entrada del tramo (directamente aguas abajo de la descarga) y la concentración esperada aguas abajo al final del tramo cuya longitud es el propósito de esta metodología.

Para el cálculo de la carga contaminante a la entrada del tramo se deben conocer las características promedio de calidad del agua de la corriente en el sitio de vertimiento antes de la intervención propuesta y las características de concentración y caudal máximas en el vertimiento. Las muestras de calidad del agua recogidas durante el monitoreo deben ser integradas en la sección transversal siguiendo los lineamientos establecidos por el IDEAM.

Para el sector de minería de carbón, se deberán monitorear como mínimo los parámetros de calidad del agua establecidos en la Resolución 631 de 2015, en objetivos de calidad establecidos para las corrientes receptoras, y aquellos adicionales que se enumeran en el presente documento, específicamente para vertimientos.

Es posible descartar algunas sustancias específicas en los sectores mencionados si se demuestra que no son relevantes según las actividades desarrolladas en el proyecto.

La carga a la entrada del tramo se calculará haciendo el balance de masa entre la carga que tiene la corriente originalmente antes de la descarga de las aguas residuales y la carga vertida:

$$W = W_o + W_v = Q_{amb}c_o + Q_v c_v \quad \text{Ecuación 8}$$

Siendo Q_{amb} el caudal ambiental calculado en el paso 1, c_0 la concentración del determinante específico medido sobre la corriente sin intervención, Q_v el caudal máximo de vertimiento y c_v la concentración máxima esperada del determinante específico en las aguas residuales. El cálculo de la carga contaminante a la entrada del tramo se deberá hacer para todos los determinantes de calidad del agua definidos anteriormente.

La concentración esperada c_{est} aguas abajo será el valor máximo entre la condición medida sobre la corriente a la entrada del tramo y el estándar de calidad ambiental dado por la autoridad ambiental competente o según las metas y objetivos de calidad correspondientes de acuerdo con los usos actuales y prospectivos del agua en la cuenca hidrográfica (la prelación la tiene la autoridad ambiental local). Este análisis se deberá hacer para cada sustancia contaminante considerada. En caso de no contar definitivamente con un estándar de calidad ambiental (objetivo, meta de calidad) sobre el recurso hídrico para una sustancia en particular, c_{est} se tomará como la condición medida sobre la corriente a la entrada del tramo (sin contemplar el vertimiento).

5.6 Paso 4 Cálculo de factores de asimilación y de la longitud de influencia directa

5.6.1 Esquema general de cálculo

El valor del factor de asimilación correspondiente a cada determinante de calidad del agua se calcula como el cociente entre la carga contaminante a la entrada del tramo W y el valor de concentración esperada aguas abajo c_{est} .

$$a_i = \frac{W_i}{c_{est\ i}} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde el subíndice i corresponde a cada determinante de calidad del agua considerado de acuerdo con el paso 3.

Contemplando dispersión longitudinal, reacción de primer orden y estado estable, utilizando como marco el modelo ADZ-QUASAR (Lees et al., 1998), se tiene la siguiente ecuación general de balance de masa para un determinante de calidad del agua:

$$0 = \frac{1}{T_r} \left(\frac{W}{Q} e^{-kt} - c \right) - kc \quad \text{Ecuación 10}$$

La concentración aguas abajo sobre el cuerpo receptor (a la salida del tramo), en función de la carga a la entrada del tramo W , se puede despejar y calcular como:

$$c = \frac{e^{-kt}}{(1 + kT_r)Q} W \quad \text{Ecuación 11}$$

Q es el caudal a la entrada del tramo, es decir:

$$Q = Q_{amb} + Q_v \quad \text{Ecuación 12}$$

De la Ecuación 9 y Ecuación 10, y teniendo en cuenta la relación entre el tiempo de residencia T_r , el tiempo medio de viaje $\bar{t}$, el tiempo de primer arribo τ y la fracción dispersiva DF , se puede deducir que el factor de asimilación α es:

$$\alpha = [(1 + DF * k\bar{t})e^{(1-DF)k\bar{t}}]Q \quad \text{Ecuación 13}$$

Si en la Ecuación 13 el valor de α es conocido (igual al factor de asimilación calculado con la información de calidad del agua), se tiene una ecuación con una incógnita, la cual es el tiempo medio de viaje $\bar{t}$. Esta ecuación no lineal se puede resolver iterativamente con el método de Newton – Raphson, así:

$$\bar{t}_{i+1} = \bar{t}_i - \frac{(1 + DF * k\bar{t}_i)Q e^{-(1-DF)k\bar{t}_i} - \alpha}{k[1 + DF (1 - DF)k\bar{t}_i]Q e^{(1-DF)k\bar{t}_i}} \quad \text{Ecuación 14}$$

El método se detiene cuando $\bar{t}_{i+1} \approx \bar{t}_i$. Conocido el tiempo medio de viaje, la longitud aguas abajo para la cual se alcanza el factor de asimilación definido, es decir, la longitud de influencia directa del vertimiento, se calcula utilizando la velocidad media $\bar{v}$ correspondiente a Q_{amb} como:

$$L_{IV} = \bar{t} * \bar{v} \quad \text{Ecuación 15}$$

Esta longitud se deberá calcular para cada uno de los determinantes de calidad del agua contemplados para el monitoreo y seguimiento de la calidad del agua para el sector minero. La longitud definitiva, entendida como aquel sobre la cual existe influencia directa por parte del vertimiento, será la máxima entre todas las calculadas.

5.6.2 Factor de asimilación por determinante

El factor de asimilación en función del caudal, los parámetros de transporte y de calidad del agua, se calcula de diferente manera para cada determinante y depende de los procesos físicos, químicos y biológicos a los que está sometida cada sustancia en particular. Para el caso de las sustancias tóxicas se deben tener en cuenta su respectiva fracción disuelta y particulada, las cuales están sujetas a procesos de degradación y transformación específicos. En esta sección se explicará sucintamente cómo se pueden estimar cada una de las tasas más representativas de cada determinante, así como las simplificaciones introducidas para la implementación de la presente metodología y la forma definitiva de la expresión del factor de asimilación para ser resuelta numéricamente.

5.6.2.1 Estimación de tasas de reacción de determinantes convencionales de la calidad del agua

La Tabla 5 indica los procesos de degradación y transformación considerados en la presente metodología, y las tasas de reacción que se tienen en cuenta para modelar los determinantes básicos de calidad del agua. Por simplificación, no se consideran explícitamente los procesos involucrados en la interface sedimento-agua (resuspensión, demanda béntica de oxígeno, fuentes bénticas y sedimentación de fracciones particuladas de nitrógeno y fósforo) a excepción de la sedimentación de material particulado carbonáceo y de los SST, ni el efecto ejercido por las algas (medidas regularmente como Clorofila-a) como crecimiento y respiración.

Tabla 5 Procesos de degradación y transformación considerados en la metodología

Determinantes	Procesos	Tasas de Reacción (d ⁻¹)
Materia orgánica carbonácea (DBO)	Dispersión – advección, descomposición de la DBO k_d , sedimentación de la materia orgánica particulada v_s	$k_r = k_d + \frac{v_s}{H}$ (*)
Nitrógeno total Kjeldahl (NTK)	Dispersión – advección, nitrificación k_n	k_n
Fósforo total	Dispersión – advección, hidrólisis k_p	k_p
Coliformes Fecales	Dispersión – advección, decaimiento por muerte k_b	k_b
SST	Dispersión – advección, velocidad de sedimentación v_{ss}	$k_s = \frac{v_{ss}}{H}$ (*)
Oxígeno disuelto	Dispersión – advección, reaireación k_a , descomposición DBO k_d , nitrificación k_n	k_a, k_d, k_n

* H es la profundidad media del agua en el tramo

Para la estimación de las tasas de reacción, se puede acudir a valores reportados por la literatura, estudios de campo y laboratorio o a modelación matemática (calibración utilizando datos medidos en campo). Un documento base y útil para la definición inicial de las tasas de reacción mencionadas es *Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling, Second Edition* (Bowie et al., 1985) de la Agencia de Protección Ambiental de E.E.U.U. (USEPA). Para propósitos de implementar esta metodología, se recomienda el uso de valores medios o típicos encontrados en ríos con características morfológicas, hidrológicas y de calidad del agua, similares a los de la corriente bajo estudio.

Existen expresiones matemáticas obtenidas empíricamente que permiten calcular algunas de las tasas mencionadas. Generalmente, la información requerida para el uso de estas ecuaciones consiste en caudales, niveles y velocidades medias, algunas otras utilizan características geométricas como área, perímetro mojado o radio hidráulico. En caso que se utilicen estas expresiones, se deben considerar las condiciones de caudal mínimo o ambiental sobre la corriente, así como tener en cuenta sus límites de aplicación. Para esta metodología, no es necesario corregir las tasas de reacción por temperatura. A continuación se presentan

aproximaciones para estimar de manera preliminar algunas de las tasas de reacción antes mencionadas. En cualquier caso, el modelador tiene la facultad de asignar los valores correspondientes de acuerdo con su criterio y experiencia. Si el modelador considera el uso de otras expresiones o valores de tasas de reacción, podrá hacerlo siempre y cuando justifique plenamente su selección y fuente.

5.6.2.1.1 Tasa de reaireación k_a

Para la estimación de la tasa de reaireación, se proponen las siguientes ecuaciones de acuerdo con el tipo de corriente y sus condiciones hidrodinámicas.

Cuando la corriente bajo estudio es característica de montaña (e.g. Holguín, 2003; Arenas, 2005; Gélvez y Camacho, 2008), se recomienda utilizar la siguiente expresión formulada por Tsivoglou y Neal (1976, tomado de Chapra, 1997):

$$k_a = c \frac{\Delta H}{\bar{t}} \quad \text{Ecuación 16}$$

Siendo ΔH el cambio en la elevación de la superficie del agua en metros en un subtramo seleccionado y $\bar{t}$ el tiempo medio de viaje en días en el elemento, calculado como el cociente entre la longitud y la velocidad media del agua en el subtramo. La constante c depende del caudal y se define de la siguiente forma:

$$c = 0.36 \text{ Para } 0.028 \leq Q \leq 0.28 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$c = 0.177 \text{ Para } 0.708 \leq Q \leq 85 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para el caso de ríos de planicie, se podrá seleccionar la ecuación de reaireación más apropiada de acuerdo con los rangos de profundidad y velocidad media (Chapra, 1997) establecidos en la Tabla 6, en condiciones de caudal ambiental sobre la corriente:

Tabla 6 Ecuaciones de reaireación para ríos de planicie

Parámetro	O' Connor – Dobbins	Churchill	Owens – Gibbs
Profundidad (m)	0.30 – 9.14	0.31 – 3.35	0.12 – 0.73
Velocidad media (m/s)	0.15 – 0.49	0.55 – 1.52	0.03 – 0.55
Expresiones	$k_a = 3.93 \frac{U^{0.5}}{H^{1.5}}$	$k_a = 5.026 \frac{U}{H^{1.67}}$	$k_a = 5.32 \frac{U^{0.67}}{H^{1.85}}$

En las expresiones de la Tabla 6, H es la profundidad media del agua en metros y U es la velocidad media del flujo en m/s.

5.6.2.1.2 Tasa de desoxigenación o descomposición de la DBO k_d

Siguiendo a Thomann y Mueller (1987), los valores de k_d están aproximadamente en un rango entre 0.1 a 0.5 d^{-1} para cuerpos de agua profundos (mayores a 1.5 m) y de 0.5 a 3.0 d^{-1} para corrientes someras (profundidades menores a 1.5 m).

Una expresión propuesta por Wright y McDonnell (1979, modificada de Bowie et al., 1985) para estimar la tasa de descomposición de la DBO en función del caudal es:

$$k_d = 1.796Q^{-0.49} \quad \text{Ecuación 17}$$

En la Ecuación 17 Ecuación 18, k_d está en d^{-1} y el caudal Q en m^3/s . El rango de aplicación de esta expresión es para caudales entre 0.3 y 23 m^3/s , por encima del mayor caudal, los autores de la ecuación demostraron que k_d es independiente del caudal y los valores son consistentes con las tasas encontradas por laboratorio. En este orden de ideas, para ríos grandes, la tasa de desoxigenación encontrada en laboratorio es representativa de las condiciones de la corriente de agua. Por encima del rango de la Ecuación 17, y para propósitos de este documento, puede suponerse un valor constante de 0.30 d^{-1} – es posible encontrar tasas aún más bajas, tal y como se indica en Bowie et al., 1985; su definición está sujeta al criterio del modelador teniendo en cuenta aspectos hidrológicos, geomorfológicos y de calidad del agua –; el máximo valor de k_d se sugiere de 3.5 d^{-1} . Para el mismo rango de caudales y como alternativa, se puede calcular la tasa de descomposición a partir del perímetro mojado P en metros como:

$$k_d = 14.597P^{-0.84} \quad \text{Ecuación 18}$$

Otra opción consiste en estimar directamente la tasa de remoción de DBO k_r a partir de datos medidos en campo o a partir de la literatura.

5.6.2.1.3 Tasa de nitrificación k_n

Una opción para estimar la tasa de nitrificación es a partir de únicamente parámetros hidráulicos, tal y como fue propuesto por Bansal (1976). De acuerdo con los resultados de este autor, la constante de nitrificación es función del número de Reynolds y del número de Froude, siendo la forma simplificada la que se presenta a continuación:

$$\text{Log} \left(\frac{k_n H^2}{\nu} \right) = -3.421 + 1.36 \text{Log} \left(\frac{\sqrt{gH^3}}{\nu} \right) \quad \text{Ecuación 19}$$

En la Ecuación 19, H es la profundidad media del agua (m) en el tramo, g es la aceleración de la gravedad, k_n es la tasa de nitrificación (s^{-1}) y ν es la viscosidad cinemática del agua (m^2/s).

Otra alternativa es considerar valores reportados en la literatura consistentes con la corriente bajo estudio. Pauer y Auer (2009, tomado de Medina, 2009) presentan las tasas de nitrificación indicadas en la Tabla 7 para diferentes casos de estudio:

Tabla 7 Tasas de nitrificación reportadas por Pauer y Auer (2009, tomado de Medina, 2009)

Río	k_n [d^{-1}]	Profundidad (m)	Reportado en
Mine Brook	8.00	0.2	Tuffey et al. (1974)
Barge	0.25	3.9	Bansal (1976)
Upper Mohawk	0.25	3.66	Bansal (1976)
Upper Mohawk	0.30	0.96	Bansal (1976)
Upper Mohawk	0.25	2.51	Bansal (1976)
Middle Mohawk	0.30	3.81	Bansal (1976)
Lower Mohawk	0.30	4.25	Bansal (1976)
Seneca River	0.05	6.24	Canale et al. (1995), y J.J. Pauer, M.T. Auer, (2009)
Trinity	0.51	1.53	McCutcheon (1987)
Ohio	0.25	8.15	Bansal (1976)
Flint	1.53	0.66	Bansal (1976) y O'Connor y Di Toro (1970)
Shenadoha	1.25	0.6	Deb y Bowers (1983) Deb (1985)
Shenadoha	0.2	1.74	Deb y Bowers (1983) Deb (1985)
Holston	0.23	1.3	Ruane and Krenkel (1977)
Grand	1.90	0.58	Bansal (1976) y O'Connor y Di Toro (1970)
Chattahoochee	0.25	1.5	McCutcheon (1987), Miller y Jennings (1979)
Sittl	0.70	0.64	Curtis (1983 y Maueger (1995)
Trukee	2.40	0.51	Bansal (1976) y O'Connor y Di Toro (1970)
Willamette	0.70	1.6	Dunnette y Avedovech (1983), Cooper (1985)
Anacostia	0.13	4	Sullivan y Brown (1988)
Speed	2.30	0.43	Gowda (1983)
Ootanaula	0.80	0.61	Cooper (1986)
Sweetwater	0.80	0.46	Cooper (1986)
Trace	2.20	0.46	Cooper (1986)
Mud	0.50	1	Cooper (1986)
Oroua	6.70	0.25	Cooper (1986)
Waiotapu	2.80	0.61	Cooper (1986)
Waiohewa	5.90	0.3	Cooper (1986)
Big Blue	0.12	1.25	Bansal (1976)
South Chickamauga	6.60	0.84	Cooper (1986)

Los valores de k_n generalmente están en un rango de 0.1 a 0.5 d^{-1} para aguas profundas, mientras que para aguas someras, valores por encima de 1 d^{-1} son encontrados frecuentemente (Chapra, 1997).

5.6.2.1.4 Velocidades de sedimentación v_s y v_{ss}

En cuanto a la velocidad de sedimentación de la materia orgánica particulada v_s y de los sedimentos suspendidos v_{ss} , se han encontrado los valores indicados en la Tabla 8 que varían de acuerdo con el diámetro de las partículas (Wetzel, 1975; Burns y Rosa, 1980, tomado de Chapra, 1997):

Tabla 8 Velocidades de sedimentación medidas para diferentes tipos y tamaños de partículas

Tipo de partícula	Diámetro (µm)	Velocidad de sedimentación (m d ⁻¹)
Carbono orgánico particulado	1-10	0.2
	10-64	1.5
	> 64	2.3
Arcilla	2-4	0.3-1
Limo	10-20	3-30

Las velocidades de sedimentación para sedimentos no cohesivos en función del tamaño de la partícula, se pueden obtener de la Figura 3 (basada en Cheng, 1997, tomado de Ji, 2008):

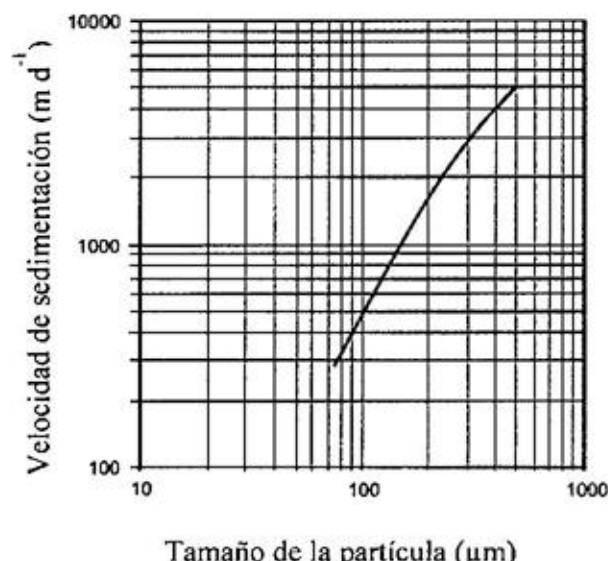


Figura 3 Velocidad de sedimentación para sedimentos no cohesivos

Para estimar la velocidad de sedimentación también se han encontrado ecuaciones empíricas de sedimentos cohesivos en función de su concentración y la intensidad de turbulencia. Un ejemplo es la expresión obtenida por Dyer et al. (2000, Modificado de Ji, 2008):

$$v_{sv} = -0.243 + 0.000567S + 0.981G - 0.0934G^2 \quad \text{Ecuación 20}$$

Siendo G el parámetro de turbulencia:

$$G = \sqrt{\frac{gUS_n}{\nu}} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde S es la concentración de sedimentos (g/L), U es la velocidad media del agua (m/s), g es la aceleración de la gravedad (m^2/s), S_o es la pendiente longitudinal del tramo y ν es la viscosidad cinemática del agua (m^2/s).

Otra opción es estimar el valor utilizando la ley de Stokes, aunque su implementación es muy limitada puesto que supone, entre otros aspectos, flujo laminar. Thomann y Mueller (1987) proponen la siguiente forma de la ecuación:

$$v_s = 0.033634\alpha(\rho_s - \rho_w)d^2 \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde la velocidad de sedimentación v_s está en $m\ d^{-1}$, las densidades de la partícula ρ_s y del agua ρ_w están en g/cm^3 , el diámetro efectivo de las partículas d está en μm y la viscosidad del agua se asume con un valor constante de $0.014\ g\ cm^{-1}\ s^{-1}$; α es un factor adimensional que representa el efecto de la forma de la partícula (igual a 1.0 para una esfera).

5.6.2.1.5 Tasa de decaimiento por muerte de patógenos k_b

Siguiendo a Chapra (1997), la tasa de pérdida total de patógenos en corrientes superficiales puede calcularse de la siguiente forma:

$$k_b = 0.8 \cdot 1.07^{T-20} + \frac{I_0}{0.55 \cdot SST \cdot H} (1 - e^{-0.55 \cdot SST \cdot H}) + F_p \frac{v_{ss}}{H} \quad \text{Ecuación 23}$$

Siendo T la temperatura del agua ($^{\circ}C$), I_0 la radiación solar (ly/hr), SST la concentración de sólidos suspendidos totales promedio en el tramo (mg/L), H la profundidad media del agua (m), F_p la fracción adsorbida de bacterias a las partículas sólidas y v_{ss} la velocidad de sedimentación de las partículas ($m\ d^{-1}$). Se puede suponer un valor típico de 0.7 para F_p o calcularlo de la siguiente forma:

$$F_p = \frac{K_d SST}{1 + K_d SST} \quad \text{Ecuación 24}$$

Siendo K_d un coeficiente de partición ($m^3\ g^{-1}$) que puede ser obtenido en laboratorio (Chapra, 1997).

5.6.2.2 Estimación de tasas de reacción de sustancias tóxicas y metales pesados

A diferencia de los determinantes convencionales de la calidad del agua, para modelar las sustancias tóxicas es muy importante distinguir sus fracciones disueltas y particuladas, ya que cada una está sometida a mecanismos que actúan selectivamente. Por ejemplo, la volatilización ocurre únicamente en la fracción disuelta mientras que la sedimentación lo hace solo sobre la fracción particulada (Chapra, 1997). Para propósitos de este documento, los principales mecanismos de depuración de sustancias tóxicas en la columna de agua que serán contemplados son los de advección-dispersión, adsorción y volatilización. No se

tendrán en cuenta las interacciones en la interface agua-sedimento más allá de la sedimentación de las partículas sólidas. No obstante, si el modelador considera contemplar procesos de transformación adicionales como hidrólisis, oxidación, fotólisis, transformación biológica y/o bioconcentración, e incluir interacciones agua-sedimento como resuspensión y enterramiento, podrá hacerlo siempre y cuando justifique plenamente la selección de las tasas de reacción correspondientes, la modificación de las expresiones de factor de asimilación y las referencias técnicas respectivas.

5.6.2.2.1 Fracciones y coeficientes de partición

Matemáticamente, la concentración total de una sustancia tóxica c está separada en dos componentes:

$$c = c_d + c_p \quad \text{Ecuación 25}$$

Siendo c_p el componente particulado y c_d el componente disuelto del contaminante. Se supone que estos componentes representan fracciones fijas de la concentración total:

$$\begin{aligned} c_d &= F_d c \\ c_p &= F_p c \end{aligned} \quad \text{Ecuación 26}$$

Las fracciones: disuelta F_d y particulada F_p dependen del coeficiente de partición del contaminante K_d ($\text{m}^3 \text{g}^{-1}$) y de la concentración de SST (g m^{-3}) en el río. El coeficiente de partición cuantifica la tendencia que tiene el contaminante de asociarse con la materia sólida. Las fracciones se pueden calcular de la siguiente forma:

$$F_d = \frac{1}{1 + K_d \text{SST}} \quad \text{Ecuación 27}$$

$$F_p = \frac{K_d \text{SST}}{1 + K_d \text{SST}} \quad \text{Ecuación 28}$$

$$F_p + F_d = 1 \quad \text{Ecuación 29}$$

Para las sustancias tóxicas orgánicas y metales pesados, el coeficiente de partición y la velocidad de volatilización se pueden estimar a partir de información disponible en la literatura. Dos documentos básicos para este propósito son *Processes, Coefficients, and Models for Simulating Toxic Organics and Heavy Metals in Surface Waters* (Schnoor et al., 1987) y *Partition Coefficients for Metals in Surface Water, Soil, and Waste* (Allison y Allison, 2005) de la Agencia de Protección Ambiental de E.E.U.U. (USEPA). Igualmente, hay software disponible que sirve para la estimación de algunos de estos parámetros como MINTEQA2 y bases de datos disponibles en la web como <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/>.

Siguiendo a Chapra (1997), el coeficiente de partición para contaminantes orgánicos se puede suponer como una función del contenido orgánico de los sólidos:

$$K_d = f_{oc} K_{oc} \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde K_{oc} es el coeficiente de partición del carbón orgánico y f_{oc} es la fracción en peso del carbono total en la materia sólida. El coeficiente de partición K_{oc} puede ser estimado en términos del coeficiente de partición agua-octanol K_{ow} :

$$K_{oc} = 6.17 \times 10^{-7} K_{ow} \quad \text{Ecuación 31}$$

Por lo tanto, al combinar la Ecuación 30 con la Ecuación 31 se obtiene, con $f_{oc}=0.05$:

$$K_d = 3.085 \times 10^{-8} K_{ow} \quad \text{Ecuación 32}$$

El coeficiente de partición agua-octanol se puede obtener de la Figura 4, la cual es una recopilación de los valores obtenidos experimentalmente para diferentes grupos de tóxicos orgánicos, en forma de diagramas de cajas y bigotes.

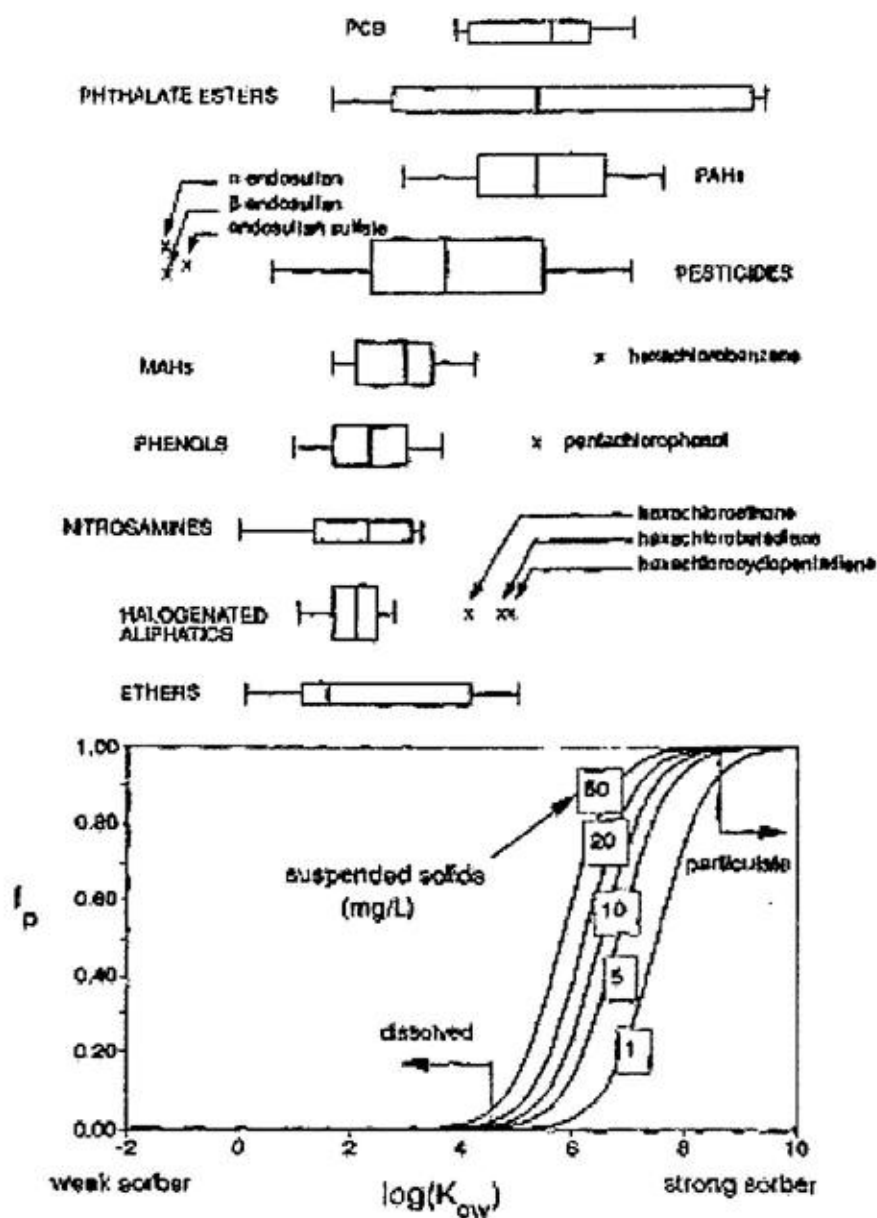


Figura 4 Gráfica de fracción disuelta y fracción particulada versus coeficientes de partición (Chapra, 1991)

5.6.2.2.2 Velocidad de volatilización v_v

Para el cálculo de la velocidad de volatilización de los contaminantes orgánicos, se deben determinar los valores de la constante de Henry H_e y los coeficientes de transferencia de lámina-líquido y lámina-gas. Utilizando la Figura 5 es posible estimar la constante H_e para los diferentes grupos de sustancias tóxicas.

Propuesta para la estandarización de los monitoreos de calidad del agua superficial para los proyectos mineros de la zona centro del departamento del Cesar de competencia de la ANLA

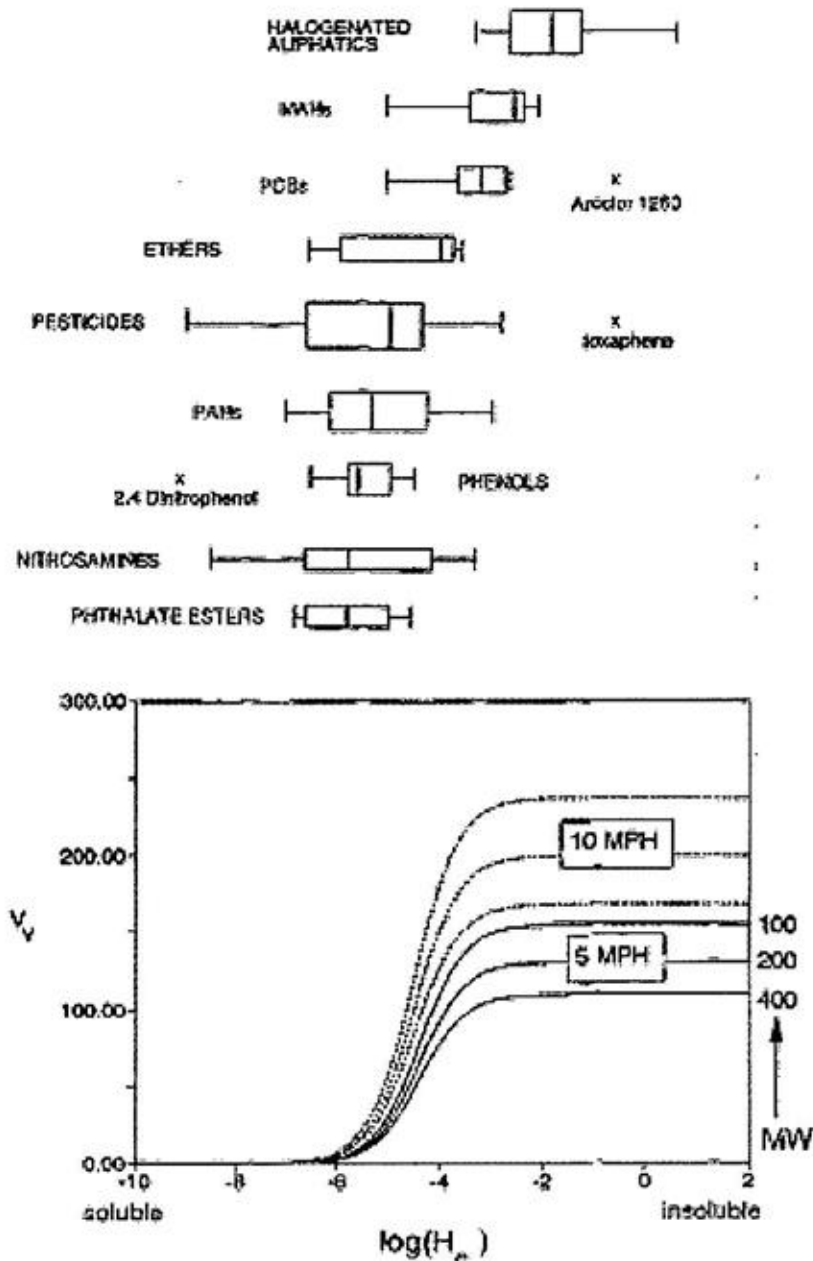


Figura 5 Gráfica de velocidad de volatilización contra constante de Henry (Chapra, 1991)

Los coeficientes de transferencia son convencionalmente estimados correlacionándolos con los procesos de transferencia comúnmente estudiados. El coeficiente de transferencia en la interfaz líquido-gas K_L está típicamente correlacionado con el transporte del vapor de agua. El coeficiente de transferencia de masa en la lámina-líquido ($m \text{ yr}^{-1}$) puede estar relacionado con el coeficiente de transferencia de oxígeno por:

$$K_L = K_{L,O_2} \left(\frac{32}{M} \right)^{0.25}$$

Ecuación 33

Donde M es el peso molecular (g mol) del componente y K_{L,O_2} es el coeficiente de transferencia de oxígeno. Dicho coeficiente de transferencia (reaireación) puede ser calculado a partir de las fórmulas presentadas anteriormente (ver Ecuación 16 y Tabla 6) para la tasa de reaireación k_a , de la siguiente forma:

$$K_{L,O_2} (m d^{-1}) = k_a H$$

Ecuación 34

Siendo H la profundidad media del agua (m). Para la tasa de transferencia lámina-gas K_g en $m d^{-1}$, Mills et al. (1982) sugirieron:

$$K_g = 168W \left(\frac{18}{M} \right)^{0.25}$$

Ecuación 35

Siendo W la velocidad del viento (m/s). La velocidad de volatilización se calcula como:

$$v_v = K_L \frac{H_e}{H_e + RT_a \left(\frac{K_L}{K_g} \right)}$$

Ecuación 36

Siendo v_v la velocidad de volatilización ($m yr^{-1}$), R la constante de gas universal [$8.206 \times 10^{-5} atm m^3 (K mol)^{-1}$] y T_a la temperatura absoluta del agua (K).

5.6.2.2.3 Otras tasas

Para propósitos de esta metodología, la velocidad de sedimentación de las partículas adsorbidas a los sólidos puede suponerse igual a la estimada para los SST.

Para el caso particular de los cianuros, se recomienda consultar el caso del río Mahoning (USEPA, 1977) y Botz y Mudder (2000).

5.6.2.3 Resumen de factores de asimilación

A partir de la ecuación general de balance de masa del modelo ADZ-QUASAR (Lees et al., 1998) y de los mecanismos de transformación considerados para la presente metodología, se presenta la Tabla 9 con el resumen de ecuaciones para los factores de asimilación de cada determinante de la calidad del agua considerado.

Tabla 9 Factores de asimilación para los determinantes de calidad del agua

Determinante	Factor de asimilación
Oxígeno disuelto (mg/L O)	$a_{OD} = \left[\frac{1 + DF \cdot k_a \bar{t}_{OD}}{e^{-k_a(1-DF)\bar{t}_{OD}} + \xi \cdot DF \cdot \bar{t}_{OD}} \right] Q$ $\xi = k_a \frac{O_s}{OD_u} - 4.57 k_n \frac{NTK}{OD_u} - k_d \frac{DBO}{OD_u}$ $O_s = \left[14.652 - 0.41022T + 0.0079910T^2 - 0.000077774T^3 \right] (1 - 0.1148Alt)$ <i>T</i> es la temperatura del agua (°C), <i>Alt</i> la altitud promedio del tramo (km), <i>OD_s</i> la concentración de oxígeno disuelto calculada a la entrada del tramo (aguas abajo del vertimiento). Las concentraciones de NTK y DBO son las definidas a la salida del tramo.
DBO (mg/L O)	$a_{DBO} = \left[(1 + DF \cdot k_r \bar{t}_{DBO}) e^{(1-DF)k_r \bar{t}_{DBO}} \right] Q$
NTK (mg/L N)	$a_{NTK} = \left[(1 + DF \cdot k_n \bar{t}_{NTK}) e^{(1-DF)k_n \bar{t}_{NTK}} \right] Q$
Fósforo Total (mg/L P)	$a_{PT} = \left[(1 + DF \cdot k_p \bar{t}_{PT}) e^{(1-DF)k_p \bar{t}_{PT}} \right] Q$
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	$a_{CF} = \left[(1 + DF \cdot k_b \bar{t}_{CF}) e^{(1-DF)k_b \bar{t}_{CF}} \right] Q$
SST (mg/L)	$a_{SST} = \left[(1 + DF \cdot k_s \bar{t}_{SST}) e^{(1-DF)k_s \bar{t}_{SST}} \right] Q$ $k_s = \frac{v_{ss}}{H}$
Fenoles (mg/L)	$a_F = \left[(1 + DF \cdot k_f \bar{t}_{DBO}) e^{(1-DF)k_f \bar{t}_{DBO}} \right] Q$ $k_f = \frac{v_{vF}}{H} F_{dF}$
Benceno (mg/L)	$a_B = \left[(1 + DF \cdot k_B \bar{t}_B) e^{(1-DF)k_B \bar{t}_B} \right] Q$ $k_B = \frac{v_{sB}}{H} F_{pB} + \frac{v_{vB}}{H} F_{dB}$
Tolueno (mg/L)	$a_T = \left[(1 + DF \cdot k_T \bar{t}_T) e^{(1-DF)k_T \bar{t}_T} \right] Q$ $k_T = \frac{v_{sT}}{H} F_{pT} + \frac{v_{vT}}{H} F_{dT}$
Etilbenceno (mg/L)	$a_E = \left[(1 + DF \cdot k_E \bar{t}_E) e^{(1-DF)k_E \bar{t}_E} \right] Q$ $k_E = \frac{v_{sE}}{H} F_{pE} + \frac{v_{vE}}{H} F_{dE}$

Xileno (mg/L)	$a_X = \left[(1 + DF \cdot k_X \bar{t}_X) e^{(1-DF)k_X \bar{t}_X} \right] Q$ $k_X = \frac{v_{sX}}{H} F_{pX} + \frac{v_{vX}}{H} F_{dX}$
HAP (mg/L)	$a_{HAP} = \left[(1 + DF \cdot k_{HAP} \bar{t}_{HAP}) e^{(1-DF)k_{HAP} \bar{t}_{HAP}} \right] Q$ $k_{HAP} = \frac{v_{sHAP}}{H} F_{pHAP} + \frac{v_{vHAP}}{H} F_{dHAP}$
Arsénico (mg/L)	$a_{As} = \left[(1 + DF \cdot k_{As} \bar{t}_{As}) e^{(1-DF)k_{As} \bar{t}_{As}} \right] Q$ $k_{As} = \frac{v_{sAs}}{H} F_{pAs}$
Bario (mg/L)	$a_{Ba} = \left[(1 + DF \cdot k_{Ba} \bar{t}_{Ba}) e^{(1-DF)k_{Ba} \bar{t}_{Ba}} \right] Q$ $k_{Ba} = \frac{v_{sBa}}{H} F_{pBa}$
Cadmio (mg/L)	$a_{Cd} = \left[(1 + DF \cdot k_{Cd} \bar{t}_{Cd}) e^{(1-DF)k_{Cd} \bar{t}_{Cd}} \right] Q$ $k_{Cd} = \frac{v_{sCd}}{H} F_{pCd}$
Plomo (mg/L)	$a_{Pb} = \left[(1 + DF \cdot k_{Pb} \bar{t}_{Pb}) e^{(1-DF)k_{Pb} \bar{t}_{Pb}} \right] Q$ $k_{Pb} = \frac{v_{sPb}}{H} F_{pPb}$
Mercurio (mg/L)	$a_{Hg} = \left[(1 + DF \cdot k_{Hg} \bar{t}_{Hg}) e^{(1-DF)k_{Hg} \bar{t}_{Hg}} \right] Q$ $k_{Hg} = \frac{v_{sHg}}{H} F_{pHg} + \frac{v_{vHg}}{H} F_{dHg}$
Selenio (mg/L)	$a_{Se} = \left[(1 + DF \cdot k_{Se} \bar{t}_{Se}) e^{(1-DF)k_{Se} \bar{t}_{Se}} \right] Q$ $k_{Se} = \frac{v_{sSe}}{H} F_{pSe}$
Cromo (mg/L)	$a_{Cr} = \left[(1 + DF \cdot k_{Cr} \bar{t}_{Cr}) e^{(1-DF)k_{Cr} \bar{t}_{Cr}} \right] Q$ $k_{Cr} = \frac{v_{sCr}}{H} F_{pCr}$
Cobre (mg/L)	$a_{Cu} = \left[(1 + DF \cdot k_{Cu} \bar{t}_{Cu}) e^{(1-DF)k_{Cu} \bar{t}_{Cu}} \right] Q$ $k_{Cu} = \frac{v_{sCu}}{H} F_{pCu}$

Cinc (mg/L)	$a_{Zn} = \left[(1 + DF \cdot k_{Zn} \bar{t}_{Zn}) e^{(1-DF)k_{Zn}\bar{t}_{Zn}} \right] Q$ $k_{Zn} = \frac{v_{sZn}}{H} F_{pZn}$
Vanadio (mg/L)	$a_V = \left[(1 + DF \cdot k_V \bar{t}_V) e^{(1-DF)k_V \bar{t}_V} \right] Q$ $k_V = \frac{v_{sV}}{H} F_{pV}$
Cianuros (mg/L)	$a_{CN} = \left[(1 + DF \cdot k_{CN} \bar{t}_{CN}) e^{(1-DF)k_{CN}\bar{t}_{CN}} \right] Q$

* Las anteriores ecuaciones son dimensionalmente homogéneas, por lo cual las unidades de las diferentes cantidades deben ser consistentes.

La determinación del tiempo medio de viaje para cada determinante se hace según se explicó en el esquema general de cálculo (ver Ecuación 14) reemplazando el valor de k por la respectiva tasa de reacción neta que se puede obtener de la Tabla 9. La Ecuación 14 no aplica para el oxígeno disuelto, cuya expresión de factor de asimilación es diferente en estructura a la de los demás determinantes considerados. La ecuación respectiva es la siguiente:

$$\bar{t}_{i+1} = \bar{t}_i - \frac{(1 + DF \cdot k_a \cdot \bar{t}_i) Q \left(e^{-k_a(1-DF)\bar{t}_i} + \xi \cdot DF \cdot \bar{t}_i \right) - a \left(e^{-k_a(1-DF)\bar{t}_i} + \xi \cdot DF \cdot \bar{t}_i \right)^2}{\left[\left(e^{-k_a(1-DF)\bar{t}_i} + \xi \cdot DF \cdot \bar{t}_i \right) DF \cdot k_a - (1 + DF \cdot k_a \cdot \bar{t}_i) \left(\xi \cdot DF - k_a (1 - DF) e^{-k_a(1-DF)\bar{t}_i} \right) \right] Q} \quad \text{Ecuación 37}$$

5.7 Paso 5 Cálculo de la carga total y recálculo de la LIV

La longitud de influencia directa calculada en el paso 4 considera únicamente el efecto del vertimiento propuesto a la entrada del tramo, por lo tanto esta corresponde a una primera aproximación, si aguas abajo de dicho punto ocurren afluentes o abstracciones (naturales o antrópicas) de carga o caudal que pueden afectar la calidad del agua esperada al final del tramo. En este punto es importante haber realizado la identificación de usos y usuarios aguas abajo del vertimiento, en una longitud aproximadamente igual a la obtenida en la primera iteración del cálculo o aproximadamente a dos kilómetros aguas abajo, se recomienda que en las campañas de muestreo de calidad del agua se realicen en lo posible, evitando simultaneidad con otras fuentes de contaminación o abstracciones, y en caso de no ser posible se debe identificar las descargas ocurridas durante el muestreo a fin de poder establecer dificultades en la estimación de la LIV final.

Identificadas las principales entradas y salidas a los largo del tramo de la corriente, se deberá obtener información de calidad del agua (para los determinantes considerados según el sector) y de caudales (estimados a partir de registros históricos, de manera presuntiva, mediciones en campo o técnicas hidrológicas) sobre cada entrada y salida. Se deberá calcular la carga contaminante total sumando o restando, a la carga contaminante W calculada en la primera iteración a la entrada del tramo, las cargas individuales de cada afluente o abstracción. La nueva carga a la entrada del tramo W será la carga total recién calculada. Con esta nueva carga, se deberá repetir la metodología utilizando los mismos valores que en la primera iteración y corregir la LIV, aunque se podrán refinar los resultados de la caracterización

Propuesta para la estandarización de los monitoreos de calidad del agua superficial para los proyectos mineros de la zona centro del departamento del Cesar de competencia de la ANLA

hidráulica (Paso 2), haciendo una caracterización morfológica más detallada en el tramo preliminar acotado luego de la primera iteración.

6 ACTUALIZACIÓN DE USOS Y USUARIOS DE RECURSO HÍDRICO

Se debe realizar la identificación de los principales usos y usuarios del recurso hídrico en los cuerpos de agua en el área de influencia de los proyectos mineros, especialmente sobre aquellos ubicados en la influencia de los vertimientos realizados por los proyectos mineros, los cuales permitirán identificar y asociar resultados atípicos en el ejercicio de estimación de la longitud de mezcla.

El ID de cada punto de captación serán números consecutivos comenzando en uno (1); las coordenadas serán MAGNA SIRGAS Origen Bogotá; se debe identificar si el tipo de aprovechamiento es una captación o descarga en forma de vertimiento categorizando si es de tipo doméstica o industrial; el uso se refiere al tipo de actividad asociada al uso el recurso hídrico; el registro fotográfico de la identificación de los usos y usuarios debe contener como mínimo el registro visual de las estructuras de captación o descarga, y en lo posible el registro de las actividades asociadas al uso; finalmente en las observaciones se deben anotar aspectos relacionados con la frecuencia, temporalidad, características visuales u organolépticas de acuerdo a las observaciones realizadas en campo y al conocimiento de la zona.

Tabla 10 Formato para la identificación de usos y usuarios del recurso hídrico

ID	Coordenadas		TIPO DE APROVECHAMIENTO			USO (Agrícola, Pecuaria, Doméstico, Piscícola Abrevadero, Palma)	Registro fotográfico	Observaciones
	E	N	Captación	Vertimiento doméstico	Vertimiento industrial			

Fuente: ANLA, 2015

7 ENTREGABLES

El producto final corresponde a la propuesta del diseño de red de monitoreo, el cual se sustentará con tres entregables enlistados a continuación y los cuales son el producto de la aplicación de los lineamientos dados en el presente documento:

- Diagnóstico sobre la revisión de información asociada a los monitoreos del recurso hídrico disponible por las empresas mineras e identificación de la información faltante a ser levantada, con base en los requerimientos metodológicos.
- Documento técnico y memorias de cálculo con los resultados de la aplicación de la metodología para la estimación de la LIV.
- Actualización de usos y usuarios del recurso hídrico.
- Propuesta de diseño de red de monitoreo, con base en los parámetros definidos en la metodología.

Nota:

Si en la fase de diagnóstico se identifican parámetros de calidad del agua para vertimientos que no se consideran pertinentes para el análisis de la LIV de acuerdo a su comportamiento histórico o a la naturaleza del proyecto, la empresa puede justificar la exclusión de este; de igual manera, la empresa podrá proponer nuevos parámetros para el análisis de la LIV. Dichas modificaciones deberán informarse a la ANLA antes de dar inicio a la fase de aplicación de la metodología para la estimación de la LIV.

Una vez allegada esta información a la ANLA con base en el cronograma del siguiente punto, se evaluará la propuesta del diseño de red de monitoreo, realizando los ajustes pertinentes, y posterior se socializará con las empresas mineras para finalmente proceder al trámite administrativo del ajuste de las obligaciones.

8 BIBLIOGRAFIA

- [1] Arenas F., G. A. 2005. Estimación experimental de la tasa de reaeración en ríos de montaña. Bogotá D.C., Tesis de Maestría. Universidad de los Andes.
- [2] Bansal, M.K. 1976. Nitrification in natural systems. Journal of Water Pollution Control Federation. 48(10), pp. 2380-2393
- [3] Botz, M. y Mudder, T. 2000. Modeling of natural cyanide attenuation in tailings impoundments. Mineral and Metallurgical Processing, Vol. 17, No. 4, pp. 228-233.
- [4] Bowie, L. G., Mills, W. B., Porcella, D. B., Campbell, C. L., Pagenkopf, J. R., Rupp, G. L., 1985. Rates, constants, and kinetics formulations in surface water quality modeling. Athens, Georgia: Environmental Protection Agency.
- [5] Camacho, L. A., Lees, M. 2000. Modelación de transporte de solutos en ríos bajo condiciones de flujo no permanente: un modelo conceptual integrado. XIV Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología
- [6] Chapra, S.C. 1991. A toxicant loading concept for organic contaminants in lakes. ASCE Journal of Environmental Engineering 117(5), pp. 656-677.
- [7] Chapra, S.C. 1997. Surface Water-Quality Modeling, McGraw-Hill.
- [8] Gélves, R., Camacho, L. A. 2008. Metodología para determinar la tasa de reaeración por medio de trazadores volátiles en dos ríos de montaña colombianos. XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica.
- [9] Holguín G, J. E. 2003. Determinación de la tasa de reaeración en un río de montaña colombiano mediante el uso de trazadores. Bogotá D.C., Tesis de Maestría. Universidad de los Andes.
- [10] Ji, Z.G. 2008. Hydrodynamics and water quality. Modelling Rivers, Lakes, and Estuaries, Wiley-Interscience.
- [11] Lees, M.J., Camacho, L.A., Whitehead, P. 1998. Extension of the QUASAR river quality model to incorporate dead-zone mixing. Hydrology and Earth System Sciences, 2, pp. 353-365.
- [12] Medina, M. P. 2009. Propuesta metodológica para la estimación de la capacidad de nitrificación de los ríos de montaña. Casos de estudio río Teusacá y río Subachoque. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia: Tesis de Maestría.
- [13] Rojas, A.F. 2011. Aplicación de factores de asimilación para la priorización de la inversión en sistemas de saneamiento hídrico en Colombia. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia: Tesis de Maestría.
- [14] Schnoor, J. L., C. Sato, D. McKethnie, and D. Sahoo. 1987. Processes, coefficients, and models for simulating toxic organics and heavy metals in surface waters. EPA/600/3-87/015, U.S. EPA, Athens, GA, 30605.
- [15] U.S. Environmental Protection Agency. 1977. Mahoning River waste load allocation study. Michigan-Ohio District Office. West Lake, Ohio.
- [16] Thomann, R.V. and Mueller, J.A. 1987. Principles of surface water quality modeling and control. Addison-Wesley.
- [17] UN-MAVDT, Universidad Nacional de Colombia - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2008. Metodología para la estimación de caudales ambientales en proyectos licenciados. Bogotá: Contrato No. 0076-08 del Convenio Interadministrativo OEI-MAVDT No 004/07 de 2007.