

## **10. DETERMINACION DEL AREA DE INFLUENCIA O DE GESTION**

## CONTENIDO

10.1	Determinación del Área de Influencia.....	1
10.1.1	<i>Criterios para la determinación del área de influencia o de gestión .....</i>	1
10.1.2	<i>Área de Influencia Directa (AID) .....</i>	2
10.1.2.1	Área de Influencia Directa (AID). Etapa de construcción .....	2
10.1.2.2	Área de Influencia Directa (AID). Etapa de Operación .....	23
10.1.3	Área de influencia indirecta (AII).....	41
10.1.3.1	Área de Influencia Indirecta (AII). Etapa de construcción .....	41
10.1.3.2	Área de Influencia Indirecta (AII). Etapa de operación .....	42
10.1.3.2.1	Área de Desarrollo del Proyecto Estratégico (ADPE) .....	43
10.1.3.2.2	Área de Influencia Indirecta Regional (AIIR).....	45
10.2	Determinación de Áreas Sensibles .....	48
10.2.1	<i>Aspectos conceptuales .....</i>	48
10.2.2	<i>Metodología para definir Áreas Sensibles en el PH Santiago .....</i>	48
10.2.3	<i>Descripción y caracterización de Áreas Sensibles .....</i>	51
10.2.3.1	Áreas de sensibilidad física y de amenazas naturales.....	51
10.2.3.1.1	Sensibilidad geodinámica.....	51
10.2.3.1.2	Sensibilidad a actividad sísmica .....	63
10.2.3.1.3	Sensibilidad a actividad volcánica .....	80
10.2.3.1.4	Sensibilidad a eventos torrenciales .....	88
10.2.3.1.5	Sensibilidad atmosférica.....	99
10.2.3.2	Áreas de sensibilidad biótica .....	104
10.2.3.2.1	Áreas sensibles por ecosistemas naturales terrestres.....	104
10.2.3.2.2	Áreas sensibles por ecosistemas naturales acuáticos.....	108
10.2.3.3	Áreas de sensibilidad social y económica.....	112
10.2.3.3.1	Áreas sensibles por presencia de asentamientos poblacionales .....	113
10.2.3.3.2	Áreas sensibles por presencia de territorios indígenas y etnias nativas	122
10.2.3.3.3	Áreas sensibles relacionadas con la economía.....	130
10.2.3.4	Áreas de sensibilidad arqueológica .....	150

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 10- 1: Niveles de ruido generados por equipos .....	3
Tabla 10- 2: Áreas de afectación a suelos y geoformas.....	7
Tabla 10- 3: Red de drenaje potencialmente afectada en la etapa de construcción.....	11
Tabla 10- 4: Unidades de paisaje y afectaciones .....	13
Tabla 10- 5: Subunidades de paisaje y afectaciones .....	13
Tabla 10- 6: Ecosistemas afectados por obras en la construcción.....	16
Tabla 10- 7: Geoformas afectadas por obras y embalse.....	26
Tabla 10- 8: Superficie de geoformas afectadas.....	27
Tabla 10- 9: Red de drenaje potencialmente a ser afectada en la etapa de operación .....	28
Tabla 10- 10: Afectaciones a Unidades y Sub Unidades de Paisaje. Etapa de Operación.....	30
Tabla 10- 11: Drenajes de agua .....	33
Tabla 10- 12: Comunidades del Área de Influencia de Operación .....	34
Tabla 10- 13: Cotas NAME, NAMO y NAMINO del aprovechamiento G8 .....	38
Tabla 10- 14: Origen de mano de obra, bienes y servicios durante la etapa de construcción ...	41
Tabla 10- 15: Cantones y parroquias del Área de desarrollo del proyecto estratégico .....	43
Tabla 10- 16: Provincias y Cantones del Área de Influencia Indirecta Regional (AIIR).....	45
Tabla 10- 17: Grados de sensibilidad ambiental .....	50
Tabla 10- 18: Evaluación litológica del MVM, en base de características generales .....	52
Tabla 10- 19: Calificación de los promedios mensuales de precipitación máxima .....	53
Tabla 10- 20: Calificación del factor de humedad .....	54
Tabla 10- 21: Clasificación de pendiente .....	54
Tabla 10- 22: Clasificación litológica de las formaciones ante susceptibilidad geodinámica .....	56
Tabla 10- 23: Clasificación geomorfológica ante susceptibilidad geodinámica .....	56
Tabla 10- 24: Clasificación del aumento de humedad en función del área sumergida .....	57
Tabla 10- 25: Análisis de áreas y sus relaciones porcentuales sin el llenado del dique .....	60
Tabla 10- 26: Análisis de áreas y sus relaciones porcentuales con el llenado del dique .....	60
Tabla 10- 27: Magnitudes máximas y las profundidades de los hipocentros para las zonas fuente .....	68
Tabla 10- 28: Constantes de sismicidad. ....	69
Tabla 10- 29: Información general de los sismos utilizados .....	75
Tabla 10- 30: Principales parámetros utilizados en la modelación .....	75
Tabla 10- 31: Valores de la aceleración máxima del terreno (PGA) y meseta para los tres percentiles.....	77

Tabla 10- 32: Criterios de evaluación y la asignación de puntajes .....	81
Tabla 10- 33: Resumen de las características físicas estimadas de los peligros volcánicos (Modificado de Blong, 1996) .....	81
Tabla 10- 34: Tipo de daños ocasionados por peligros volcánicos directos (Modificado de Ortiz R., 1996) .....	82
Tabla 10- 35: Calificación de Indicadores .....	83
Tabla 10- 36: Tramos de estudio de la red hidrográfica del Área 1 del PHS .....	90
Tabla 10- 37: Caudales máximos aportados por el río Zamora y Namangoza .....	92
Tabla 10- 38: Caudales medios diarios y caudales máximos para diferentes periodos de retorno en las subcuencas de aporte a la red hidrográfica del Área 1 del PHS.....	97
Tabla 10- 39: Áreas propensas a inundación en los tramos de estudio del Área 1 del PHS .....	98
Tabla 10- 40: Indicador del grado de sensibilidad del Área 1 del PHS a eventos torrenciales.....	99
Tabla 10- 41: Indicadores de sensibilidad atmosférica.....	100
Tabla 10- 42: Puntos considerados para la valoración de los indicadores. ....	102
Tabla 10- 43: Área por categoría de sensibilidad atmosférica.....	104
Tabla 10- 44: Grado de sensibilidad de los ecosistemas naturales terrestres .....	105
Tabla 10- 45: Categoría de sensibilidad.....	107
Tabla 10- 46: Área en hectáreas de las diferentes categorías de sensibilidad de los ecosistemas terrestres.....	107
Tabla 10- 47: Indicadores para análisis de sensibilidad de cuerpos hídricos .....	109
Tabla 10- 48: Índice de Calidad físico química del agua WQI .....	110
Tabla 10- 49: Clases, valores y características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP.....	110
Tabla 10- 50: Grado de sensibilidad de cuerpos hídricos .....	111
Tabla 10- 51: Área en hectáreas de las diferentes categorías de sensibilidad de los ecosistemas terrestres.....	111
Tabla 10- 52: Criterios para definir la sensibilidad por presencia de asentamientos poblacionales. ....	115
Tabla 10- 53: Sensibilidad por presencia de asentamientos poblacionales.....	117
Tabla 10- 54: Principales actores sociales del Área 1 .....	123
Tabla 10- 55: Sensibilidad por presencia de territorios indígenas y etnias nativas. ....	124
Tabla 10- 56: Sensibilidad por presencia de territorios indígenas y etnias nativas .....	126
Tabla 10- 57: Sensibilidad agroproductiva. ....	132
Tabla 10- 58: Sensibilidad agroproductiva .....	134
Tabla 10- 59: Sensibilidad por presencia de minería artesanal. ....	139
Tabla 10- 60: Sensibilidad por presencia de minería artesanal.....	142

---

Tabla 10- 61: Sensibilidad por presencia de minería a gran escala.....	147
Tabla 10- 62: Sensibilidad por presencia de minería a gran escala. ....	149
Tabla 10- 63: Niveles de Sensibilidad Arqueológica de los sectores estudiados.....	151

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 10- 1: Niveles de exposición de ruido. Etapa de construcción .....	4
Figura 10- 2: Niveles de exposición de ruido ante explosiones. Construcción de obras subterráneas .....	5
Figura 10- 3: Ubicación de obras en el PHS .....	9
Figura 10- 4: Geoformas y obras del PHS .....	10
Figura 10- 5: Drenajes susceptibles de ser afectados por las obras de construcción.....	12
Figura 10- 6: Cuencas visuales de afectación en la etapa de construcción .....	14
Figura 10- 7: Recursos escénicos.....	15
Figura 10- 8: Incidencia de obras en ecosistemas terrestres .....	17
Figura 10- 9: Asentamientos poblacionales ubicados en el área de incidencia de ruidos y emisiones .....	18
Figura 10- 10: Áreas de minería artesanal ubicadas en los lechos de los ríos intervenidos .....	19
Figura 10- 11: Sitios con valor arqueológico que pueden verse alterados o destruidos por las obras constructivas.....	20
Figura 10- 12: Área de Influencia Directa de construcción.....	22
Figura 10- 13: Niveles de exposición de ruido. Etapa de operación PHS.....	24
Figura 10- 14: Área de afectación por emisión de H <sub>2</sub> S y olores indeseables.....	25
Figura 10- 15: Geoformas afectadas en el área de inundación.....	27
Figura 10- 16: Drenajes presentes en el área de influencia directa de operación .....	29
Figura 10- 17: Ubicación de cuencas visuales del área de operación.....	31
Figura 10- 18: Cuencas visuales en cotas mínimas y máximas .....	32
Figura 10- 19: Centros poblados del AID de Operación.....	36
Figura 10- 20: Afectación de Áreas de concesión minera .....	37
Figura 10- 21: Sitios de minería artesanal en el área de inundación.....	37
Figura 10- 22: Área de Influencia Directa fase de operación.....	40
Figura 10- 23: Área de influencia indirecta construcción.....	42
Figura 10- 24: Área de desarrollo del proyecto estratégico (ADPE) .....	44
Figura 10- 25: Área de Influencia Indirecta (AIIR). Etapa de Operación.....	47
Figura 10- 26: Resultado de la zonificación de amenazas sin dique .....	58
Figura 10- 27: Énfasis de la zona PHS, sin el llenado del dique .....	59
Figura 10- 28: Resultado de la zonificación de amenazas con dique.....	61
Figura 10- 29: Énfasis de la zona PHS, con el llenado del dique .....	62
Figura 10- 30: Geometría de las fuentes de subducción (Tomada de Beauval et.al., 2014).....	66

Figura 10- 31: Geometría de las fuentes de corteza (Tomada de Beauval et.al., 2014).....	67
Figura 10- 32: Localización y área de las fuentes sismogénicas que representan mayor peligro para el proyecto. ....	74
Figura 10- 33: Zonificación del peligro sísmico en el Ecuador. ....	80
Figura 10- 34: Ubicación del proyecto (recuadro rojo) en relación a los volcanes Tungurahua y Sangay. ....	84
Figura 10- 35: Peligro del volcán Sangay en aspecto regional.....	86
Figura 10- 36: Mapa de peligros del volcán Sangay .....	87
Figura 10- 37: Puntos de control en la red hidrográfica del Área 1 del PHS.....	90
Figura 10- 38: Tramos de estudio dentro de la red hidrográfica del Área 1 del PHS.....	98
Figura 10- 39: Área 1. Áreas de sensibilidad atmosférica .....	103
Figura 10- 40: Ecosistemas terrestres sensibles en el área 1 del PHS. ....	108
Figura 10- 41: Ecosistemas terrestres sensibles en el Área 1 del PHS.....	112
Figura 10- 42: Sensibilidad por presencia de asentamientos poblacionales .....	125
Figura 10- 43: Sensibilidad por actividades agroproductivas .....	133
Figura 10- 44: Sensibilidad por presencia de Minería Artesanal .....	141
Figura 10- 45: Sensibilidad por presencia de Concesiones Mineras .....	148
Figura 10- 46: Izq. Estampado de uña Porras (1987:387) Der. Artefacto con impresión de uña, 002-01 .....	154
Figura 10- 47: Borde con escisos transversales al labio. Artefacto 14-6 .....	154
Figura 10- 48: Fragmento de botella Duche y De Saulieu (2009:91) Artefacto 017-03, posible pico de botella D3, en Yukianza1 .....	155

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 10- 1: Relación entre amenazas sin el llenado y con el llenado del dique .....	63
Gráfico 10- 2: EPU´s para 144, 500 y 2000 años de periodo de retorno.....	71
Gráfico 10- 3: EPU´s para 50 y 100 años de periodo de retorno.....	71
Gráfico 10- 4: Se observa claramente que el espectro de respuesta asociado al sismo cortical tiene las mayores aceleraciones en periodos menores a 2 s.....	76
Gráfico 10- 5: Espectro de respuesta, para una fuente cortical.....	77
Gráfico 10- 6: Espectro de respuesta, para el sismo del 3 de octubre .....	78
Gráfico 10- 7: Esquema general que muestra la distancia alcanzada por los fenómenos volcánicos (Modificado de Thouret JC., com. Pers. 2009) .....	82
Gráfico 10- 8: Extrapolación de los caudales máximos aportados por el río Zamora al sitio del proyecto.....	96
Gráfico 10- 9: Extrapolación de los caudales máximos aportados por el río Namangoza al sitio del proyecto.....	96
Gráfico 10- 10: Distribución de la población total según unidad de análisis .....	114
Gráfico 10- 11: Escala de valores en la calificación de prospección arqueológica .....	151
Gráfico 10- 12: Resultados de sensibilidad arqueológica.....	152

## 10. DETERMINACION DEL AREA DE INFLUENCIA O DE GESTION

En el presente capítulo y acorde a las especificaciones técnicas definidas para los EIA de este tipo de proyectos en el Acuerdo Ministerial MAE No, 006, se desarrollan dos componentes del estudio:

1. Determinación del Área de Influencia; y,
2. Determinación de Áreas Sensibles

### 10.1 Determinación del Área de Influencia

El área de influencia o de gestión corresponde al territorio sobre el cual se presentarán y percibirán los probables impactos ambientales asociados a las diferentes actividades que se desarrollarán en las etapas del ciclo de vida del PH Santiago.

#### 10.1.1 Criterios para la determinación del área de influencia o de gestión

El área de Influencia o de gestión se define como la unidad espacial de análisis en la que se relacionan de forma integral la dinámica de los componentes ambientales frente a los elementos de presión que generarían impactos, daños y pasivos por el desarrollo del proyecto (MAE, 2013).

En base a lo que establece el Acuerdo Ministerial No. 006, los criterios a considerar para la determinación del área de influencia o de gestión están dados por los siguientes insumos que son generados en desarrollo del estudio:

- El diagnóstico o línea base del área referencial del proyecto
- La descripción y alcance de las actividades del proyecto
- La evaluación de impactos positivos o negativos

Para el presente estudio, se toman en cuenta además:

- Los criterios, directrices y lineamientos establecidos por el CONELEC (Guías 2005), y.
- Los resultados obtenidos en los estudios de Prefactibilidad (EIAP PHRZS. 2013).

De esta manera, se define el área de influencia o de gestión del PH Santiago, bajo dos niveles espaciales:

- *Área de Influencia Indirecta (AII)*: que es aquella que se ve afectada indirectamente por el proyecto; es decir, el área en la que se presentan impactos inducidos por las actividades del proyecto, o aquellas superficies que proporcionan los bienes y servicios ambientales requeridos para el desarrollo del proyecto; y,
- *Área de Influencia Directa (AID)*: que es aquella que se ve afectada ambientalmente, en cualquiera de sus recursos, por las actividades que se desarrollan u otros

impactos que se producen, tanto en la etapa de construcción como de operación, a través de acciones propias de la implementación y puesta en servicio del proyecto.

En este espacio territorial, el promotor tendrá la responsabilidad de ejecutar el PMA tendiente a restaurar y recuperar los daños ambientales ocasionados por efecto de la construcción y operación del proyecto.

Se considera que para cada factor ambiental que será impactado por una actividad, la magnitud del impacto así como su temporalidad serán diferentes y por tanto, el área de influencia, es analizada y definida en función a la etapas del ciclo de vida del proyecto, es decir, se definen áreas de influencia para cada etapa del proyecto: construcción y operación.

## **10.1.2 Área de Influencia Directa (AID)**

### **10.1.2.1 Área de Influencia Directa (AID). Etapa de construcción**

Comprende el área en donde se construirán las obras civiles previstas para el PH Santiago y en las que se prevé se presentarán de forma evidente las transformaciones sobre los factores físicos, bióticos, sociales, culturales y arqueológicos; es decir, en donde se generan relaciones directas de causa – efecto – impacto, producto de la construcción de las obras principales y complementarias, temporales y permanentes proyectadas, tales como: presa, canales de desvío, casa de máquinas, sistemas de captación y conducción, vías de acceso, línea de alimentación, subestaciones de la línea de alimentación, fuentes de materiales, escombreras, campamentos, bodegas, oficinas y otras de carácter temporal.

El área de influencia directa es definida por factor ambiental –físico, biótico, socioeconómico y cultural-. A continuación se analiza cada uno de ellos:

#### ***Área de influencia física***

Bajo este ámbito, el área de influencia toma en cuenta el componente físico y sus factores ambientales asociados, los mismos que se prevé serán potencialmente afectados durante el proceso constructivo. De esta manera se tiene:

1. El **ambiente atmosférico** a ser alterado durante la ejecución de las actividades de construcción. Este incluye:

Un radio de afectación por emisiones (gases, ruido, material particulado) que se generen en las actividades constructivas de movimientos de tierras, excavaciones, perforaciones, transporte, etc., aspecto que estará determinado por la intensidad en la fuente de emisión, dirección e intensidad de los vientos, posición fisiográfica del proyecto y los elementos vulnerables a estas acciones.

Para el efecto, se toma en cuenta el escenario previsto de impactos por efecto de las emisiones de equipamiento y maquinaria básica que se prevé será utilizado en los trabajos constructivos y cuyos resultados se obtienen a través de modelar el comportamiento de las distintas emisiones previstas, aspecto que se detalla en el

Apéndice 7.2.1 Modelamientos Emisiones y Apéndice 7.2.3 Modelamientos Ruido, y de los cuales se extrae las siguientes conclusiones:

- i) Radio de incidencia por ruido: analiza el ruido de la maquinaria y equipos a ser empleados en los frentes de trabajo así como el generado por las explosiones que sean requeridas para ejecutar el proceso constructivo.

Para estimar el ruido producido por equipo, maquinaria y explosiones, se adopta los valores determinados en el Capítulo 8 Evaluación de Impactos, donde se evaluó los niveles de ruido producido por maquinaria de construcción, y que se detallan en la Tabla 10- 1.

Tabla 10- 1: Niveles de ruido generados por equipos

Equipo	Niveles de ruido (dB)
Martillo neumático	103-113
Grúa	90-96
Compactador de talón	90-95
Aplanadora de tierra (rodillo)	90-96
Martillo	87-95
Retroexcavadora	84-93
Excavadora	84-93
Cargadora	86-94
Tractor	100
Volquetes	80-83
Explosiones de Dinamita	140

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda. / Elaborado por: ACOTECNIC Cía. Ltda.

El cálculo para la estimación de las distancias de incidencia por ruido, aplicando el modelo de difusión logarítmico de ruido se visualiza en el Apéndice 7.2 Modelamientos Ruido.

En la Figura 10- 1 y Figura 10- 2 se representa con color rojo la zona de mayor ruido, en donde se producirá la mayor actividad, mientras que en escalas cromáticas amarillas y verdes, se puede apreciar los niveles la difusión del ruido. Para la determinación del límite del área de afección se ha considerado un nivel de ruido de 55 dBA, de acuerdo a lo levantado en la línea base ambiental del estudio.

De esta manera se determina un perímetro circundante como área de afección directa ubicado a 420 m de distancia de los sitios en donde existan movimientos de tierras o construcción de estructuras de gran tamaño como la presa.

De igual forma se analizó las entradas (bocas) de los túneles en donde será necesario realizar explosiones para su construcción, determinándose que el área de incidencia directa será de 2.800 m alrededor de estos.

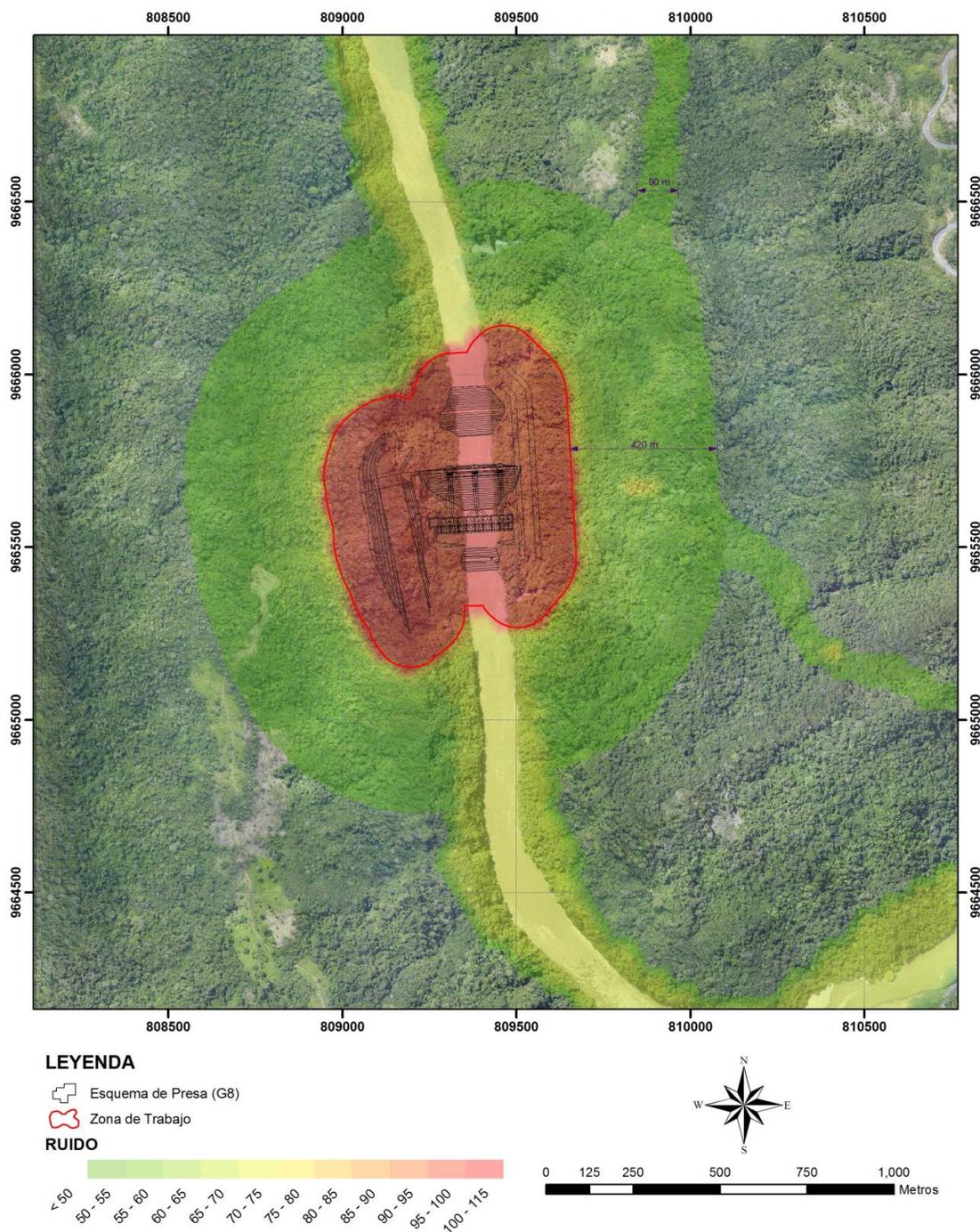


Figura 10- 1: Niveles de exposición de ruido. Etapa de construcción  
Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

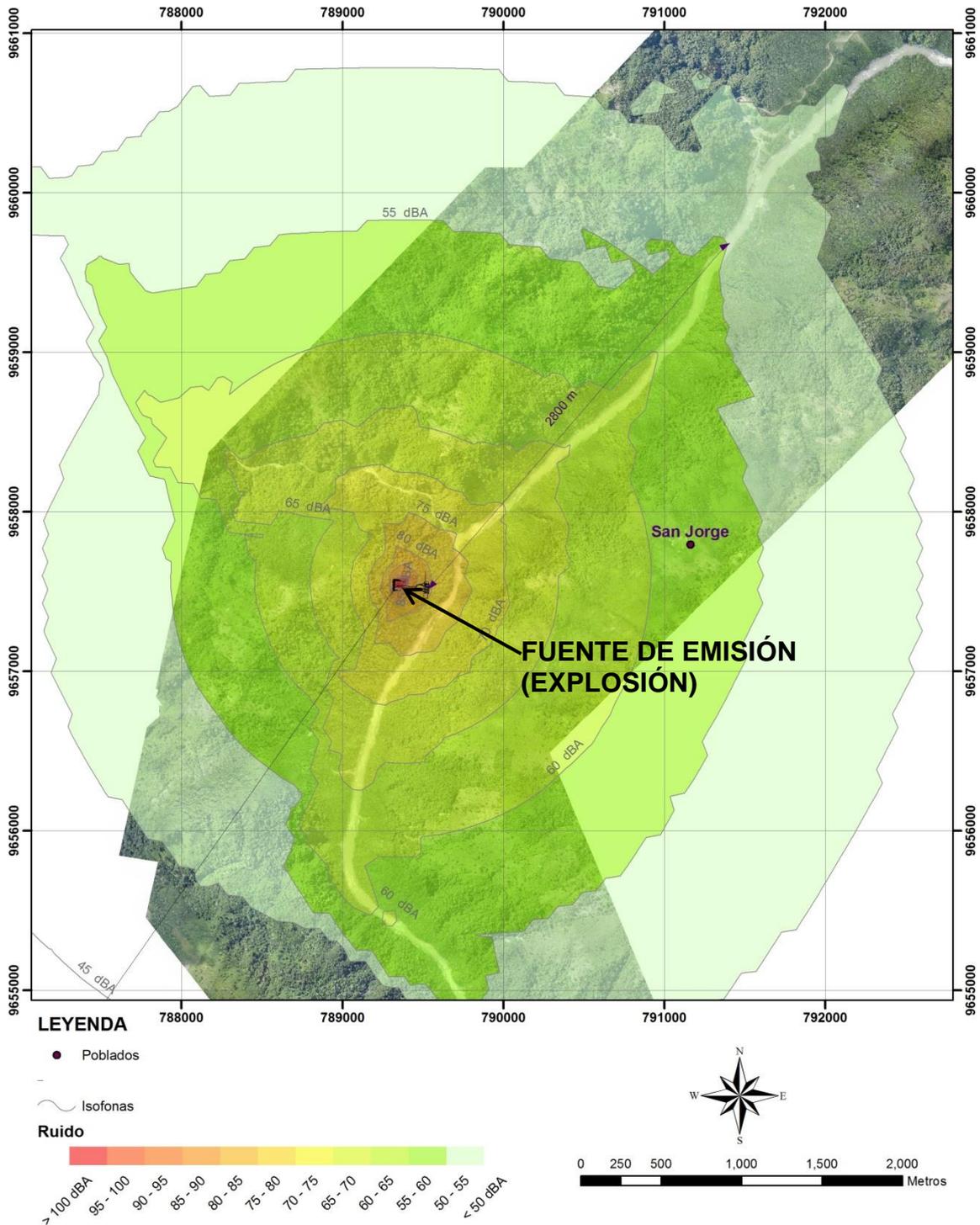


Figura 10- 2: Niveles de exposición de ruido ante explosiones. Construcción de obras subterráneas  
Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

- ii) Radio de incidencia por emisiones de gases: la emisiones generadas en el proceso de combustión y producidos por el equipo y la maquinaria no son relevantes, no así las emisiones de material particulado que se puedan dar en las explosiones y movimientos de tierras que se realicen en las que la zona de incidencia estará ligada a

la dirección del viento. Esta área de incidencia prácticamente sería la que cubre el área de incidencia del ruido, es decir, 2.800 m de las fuentes de emisión.

REF: Apéndice 7.2.1 Modelamientos Emisiones

- iii) Radio de incidencia por campos electromagnéticos: La incidencia de los campos electromagnéticos está determinada por la presencia de la línea de alimentación de 69kV, así como de las subestaciones que operarán durante el periodo constructivo. De acuerdo a la normativa nacional para líneas de 69kV se establece una franja de seguridad determinada por la franja de servidumbre de 16 metros en la que estarían presentes las radiaciones no ionizantes con densidad y carácter bajos (Tabla O5-1. Criterios de magnitud, del capítulo 8 Impactos ambientales); para el caso de las subestaciones se establece una franja de seguridad de 16 metros, DE ACUERDO A LOS resultados de los modelamientos realizados para los campos eléctricos y magnéticos para la línea de alimentación eléctrica y subestaciones que se detallan en el Apéndice 7.2.4 Modelamiento Campos Electromagnéticos\_Construcción.

Es importante anotar que para la etapa constructiva que para la etapa constructiva se considera una línea de alimentación que parte de la subestación existente en el centro poblado Bella Unión, la que será ampliada, y posteriormente la línea de conducción se emplaza en el derecho de vía del eje Méndez - Patuca - Puerto Morona y finaliza en una subestación a construirse junto al campamento de operación del PHS. Esta línea tendrá una longitud total de 43,66 kilómetros

#### *Conclusiones:*

A partir de los 420 m y de los 2800 m (sitios donde se generen ruidos y emisiones por las diversas fuentes antes analizadas) el efecto de las emisiones se verá atenuado y los valores alcanzarán registros que se enmarcan dentro de los límites permisibles que determina la normativa nacional.

Como sustento a lo anteriormente señalado, se ha considerado un indicador dentro del componente faunístico y que corresponde al grupo de mayor sensibilidad a perturbaciones ante ruidos y emisiones, y corresponde al grupo de la avifauna.

Varios estudios han considerado a las aves como un indicador, dentro del componente faunístico, tomando en cuenta su sensibilidad hacia las perturbaciones antropogénicas como el ruido y/o el efecto de borde, ya que pueden ser fuertemente afectadas tanto en su diversidad, abundancia y distribución, así como en su forma de comunicación, lo cual tiene repercusiones directas sobre su éxito reproductivo, defensa del territorio y llamadas de alarma (Arévalo & Newhard 2011; Slabbekoorn & Ripmeester 2007; Arroyave et al 2006; Kaseloo 2004; Seiler 2001).

Varios de los estudios referidos a los efectos del ruido sobre las aves se han realizado en torno a carreteras de primer y segundo orden. Se ha reportado que varias especies (p.ej. especies de interior) evitan las carreteras rurales a una distancia de entre 500 y 600 m (Kaselloo 2004), así como se menciona también que las poblaciones de especies de bosque se ven afectadas a niveles de ruido de entre 40dB y 42dB, mientras que las especies que prefieren áreas abiertas, como pastizales, se ven afectadas entre los 48dB y 50dB (Arroyave et al 2006; Seiler 2001).

2. Los **suelos y geoformas** existentes en los sitios de obra y que serán removidos y modificados por efecto de las actividades de movimientos de tierras y excavaciones requeridas para el emplazamiento de las obras civiles (presa, casa de máquinas, campamentos y anexas, fuentes de materiales, escombreras, subestación del campamento de operación, etc.

Estos elementos ambientales tendrán un marco espacial de afectación que se circunscribe puntualmente a las superficies requeridas para el emplazamiento de estas obras e instalaciones y un área de potencial incidencia de estas obras, cuyo detalle se registra en la Tabla 10- 2 y su localización espacial se visualiza en la Figura 10- 3 y Figura 10- 4.

Tabla 10- 2: Áreas de afectación a suelos y geoformas

OBRA / INSTALACION	Área de intervención directa sobre suelos y geoformas	Área de incidencia perimetral
Presa y anexas	Ladera moderada, Ladera suave, Masa deslizada, Masa deslizada irregular, Meseta alta, Meseta intermedia, zona escarpada	Un área buffer de 250 m alrededor del perímetro de obras
Campamento de construcción	Ladera suave.	Un área buffer de 100 m alrededor del perímetro de las instalaciones que pueden ser intervenidos durante la implementación y operación de cada una de ellas
Campamento de operación y anexas	Ladera moderada, Ladera suave, Vértice irregular	
Escombreras	Coluvión, Ladera fuerte, Ladera moderada, Masa deslizada irregular, Meseta alta, Meseta intermedia, Vértice irregular	
Fuentes de materiales	Coluvión, Ladera fuerte, Ladera moderada, Ladera suave, Masa deslizada, Vértice irregular, Zona escarpada	
Plantas: trituradora, asfalto, hormigón	Áreas incluidas en el área de presa y anexas	

Vías de acceso	Ladera moderada, Ladera suave, Masa deslizada, Masa deslizada irregular, Meseta alta, Meseta intermedia, zona escarpada	Una franja de 25 m a cada lado de los accesos viales que serán utilizados durante el proceso constructivo.
----------------	---	--

Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

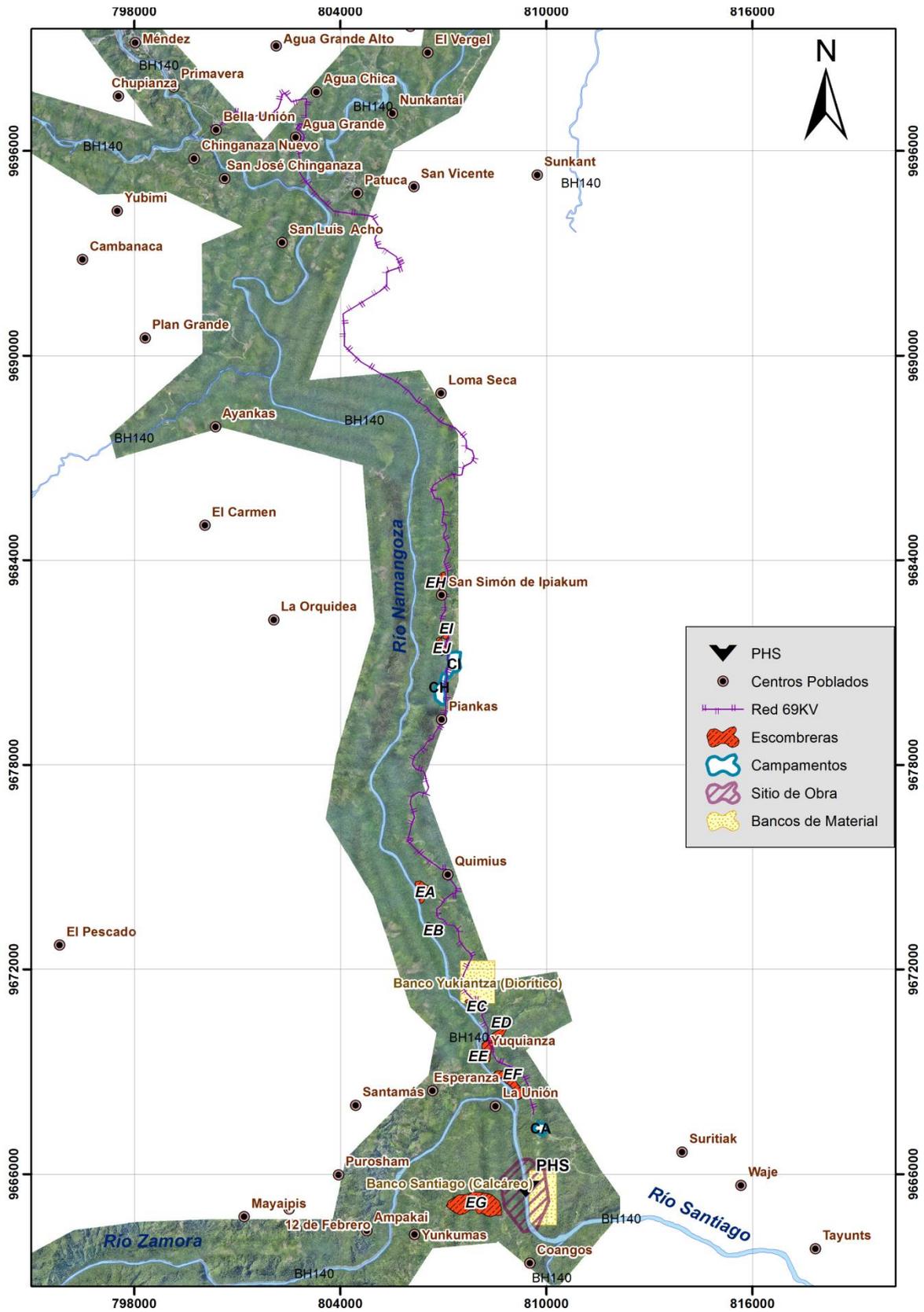


Figura 10- 3: Ubicación de obras en el PHS  
Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

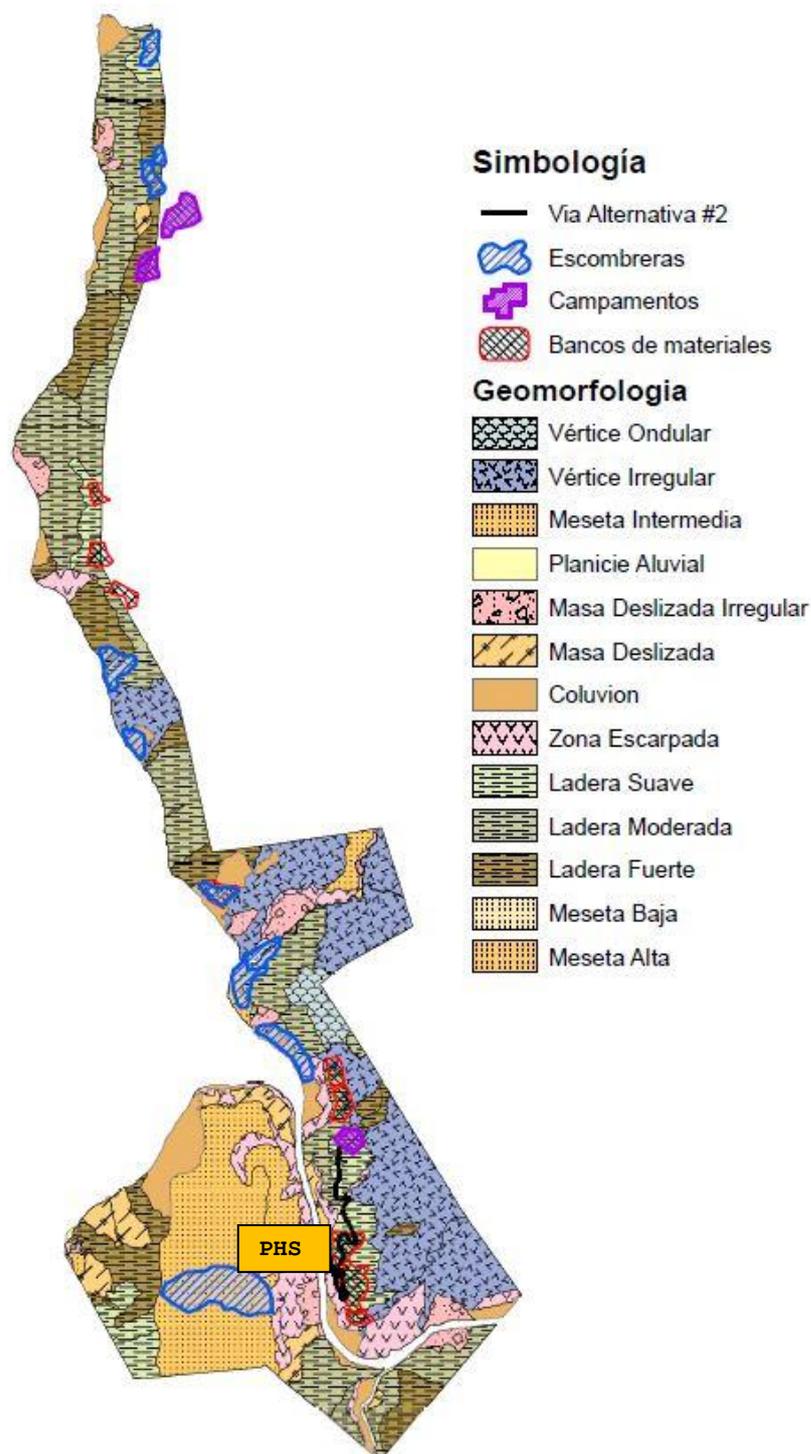


Figura 10- 4: Geoformas y obras del PHS

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

3. Los **drenajes naturales superficiales**, corresponden a los cuerpos de aguas superficiales susceptibles de ser afectados por acciones contaminantes y de alteración de líneas de flujo durante las diversas actividades constructivas. Estos corresponden a los cauces de los ríos en donde se interviene directamente por efecto

de las obras del proyecto y que se registran en la Tabla 10- 3 y se visualizan en la Figura 10- 5.

Tabla 10- 3: Red de drenaje potencialmente afectada en la etapa de construcción

OBRA / INSTALACION	DRENAJE	AREA DE INCIDENCIA
Presa y anexas	Río Santiago, Quebradas s/n: 22, 19, 17, 20, 21, 24, 33, 25, 26, 38, 39, 37, 18, 31, 30, 29.	Tramo del río Santiago entre el Q. 22 y la Q.29
Campamento de construcción	Río Namangoza; Río Ipiakuim Chico; Río Piankas Quebradas S/N: 15, 16, 54	Tramo del río Namangoza entre los poblados de San Simón y Piankas
Campamento de operación	Río Santiago, Quebrada s/n 23	Tramo del río Santiago en la zona de obras
Escombreras	Río Santiago, EG: Quebradas s/n: 32 EF: Río Namangoza; Quebradas s/n: 6, 40 EE: Río Namangoza , Río Yuquianza, ED: Río Yuquianza; Quebrada s/n: 42. EC: Río Santiago, Quebradas s/n: 43, 44. EB: Río Santiago, Quebrada s/n: 49 EA: Río Santiago, Quebradas s/n: 50, 51, 52, 55 EJ: Río Namangoza; Quebradas s/n: 10, 12 EI: Río Namangoza; Quebradas s/n: 12, 13 EH: Río Namangoza; Quebrada s/n: 53	Río Santiago y Río Namangoza
Fuentes de materiales	Banco Santiago: Río Santiago; Quebradas s/n: 26, 27, 28, 35, 36 Banco Yuquianza: Río Santiago; Quebradas s/n: 43, 44, 45, 48.	Tramo de los ríos Namangoza y Santiago entre el Río Yuquianza y el río Coangos
Vías de acceso	Río Santiago, Quebradas s/n: 18, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31.	Tramo del río Santiago entre el Q. 22 y la Q.29

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

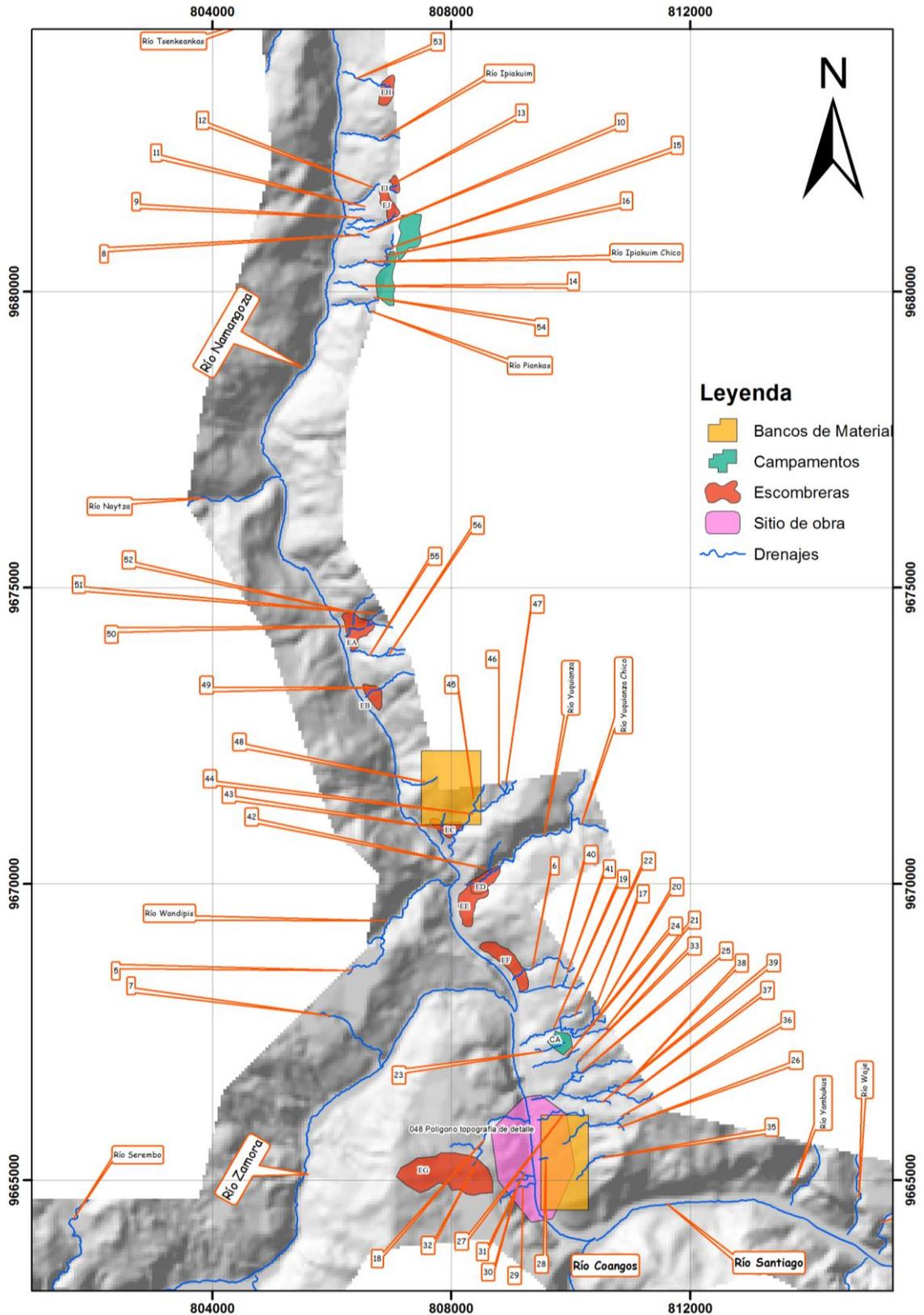


Figura 10- 5: Drenajes susceptibles de ser afectados por las obras de construcción

Fuente y Elaborado por: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

4. El **paisaje natural y recursos escénicos**, representados por las unidades y subunidades de paisaje existentes en los sitios de obra que serán alterados, modificados o destruidos por efecto de las actividades de movimientos de tierras y excavaciones requeridas para el emplazamiento de las obras civiles (presa, casa de máquinas, campamento y anexas, fuentes de materiales, escombreras, línea de alimentación y subestaciones, etc., cuyo dimensionamiento se detalla en la Tabla 10-4 y la Tabla 10-5.

Estos elementos ambientales tendrán un marco espacial de afectación que se circunscribe a las superficies requeridas para el emplazamiento de estas obras e instalaciones y que abarcan los recursos escénicos y sus respectivas cuencas visuales. Su localización espacial se visualiza en las Figura 10-6 y Figura 10-7.

Tabla 10- 4: Unidades de paisaje y afectaciones

UNIDAD DE PAISAJE	DESCRIPCIÓN	ÁREA ha	Porcentaje del A1
Colinas Escarpadas	Campamento y anexas	11,38	1,82%
	Escombrera	159,95	25,54%
	Fuente Material	186,31	29,75%
	Sitio de Obra	180,02	28,74%
Colinas Suaves	Campamento y anexas	7,04	1,12%
	Escombrera	23,62	3,77%
	Fuente Material	17,65	2,82%
	Sitio de Obra	11,82	1,89%
Corredor del Río	Escombrera	3,91	0,62%
	Fuente Material	1,21	0,19%
	Sitio de Obra	22,09	3,53%
Terrazas	Escombrera	1,33	0,21%
TOTAL		626,33	100,00%

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

Tabla 10- 5: Subunidades de paisaje y afectaciones

SUBUNIDAD	DESCRIPCIÓN	Área ha	Porcentaje del A1
Agropecuario	Campamento y anexas	9,86	1,57%
	Escombrera	81,05	12,94%
	Fuente Material	23,36	3,73%
	Sitio de Obra	38,65	6,17%
Urbano	Escombrera	3,12	0,50%
Valle Abierto	Escombrera	1,55	0,25%
	Fuente Material	0,94	0,15%
	Sitio de Obra	19,10	3,05%
Valle en V (Encañonado)	Escombrera	2,36	0,38%
	Fuente Material	0,27	0,04%
	Sitio de Obra	2,99	0,48%
Vegetación Natural	Campamento y	8,56	1,37%

SUBUNIDAD	DESCRIPCIÓN	Área ha	Porcentaje del A1
Alterada	anexas		
	Escombrera	100,74	16,08%
	Fuente Material	180,60	28,83%
	Sitio de Obra	153,19	24,46%
<b>TOTALES</b>		<b>626,34</b>	<b>100%</b>

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

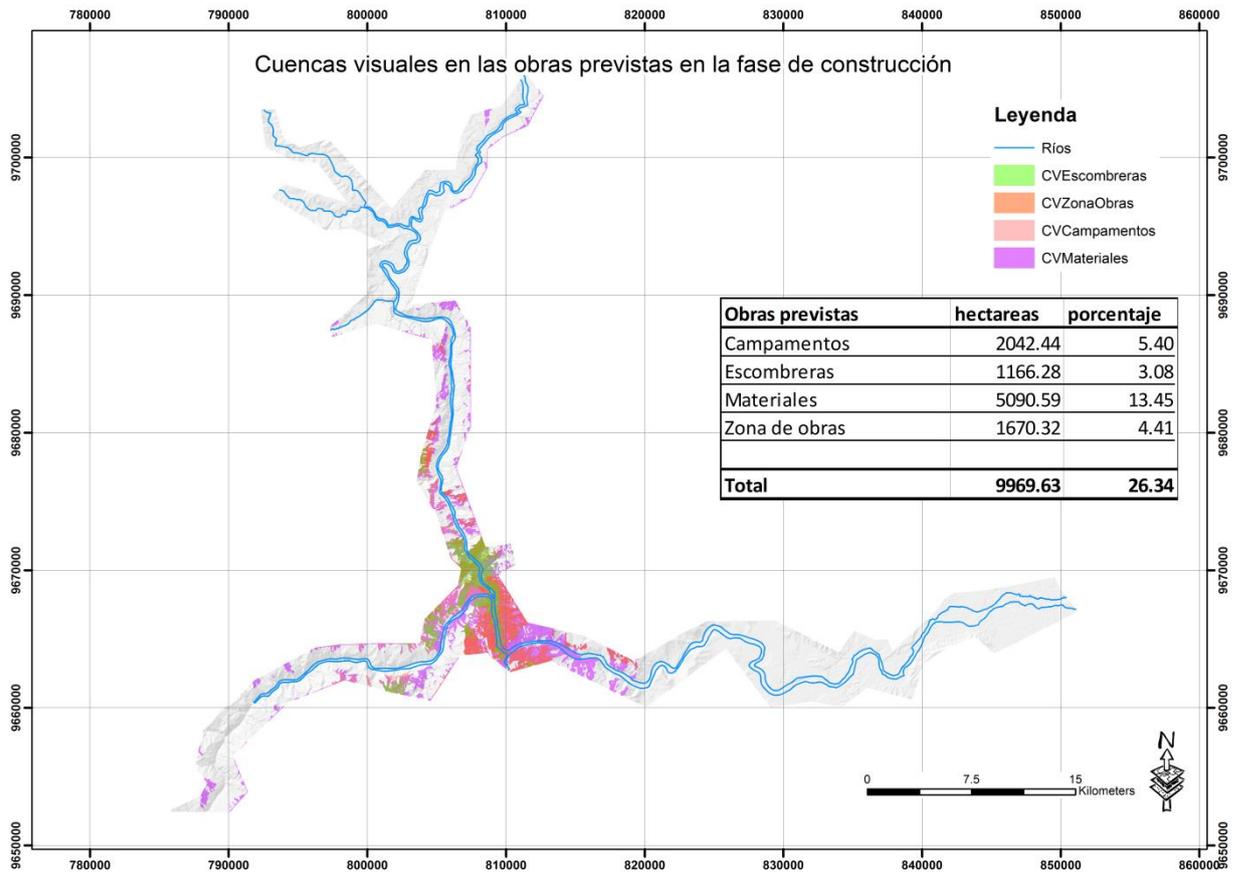


Figura 10- 6: Cuencas visuales de afectación en la etapa de construcción

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

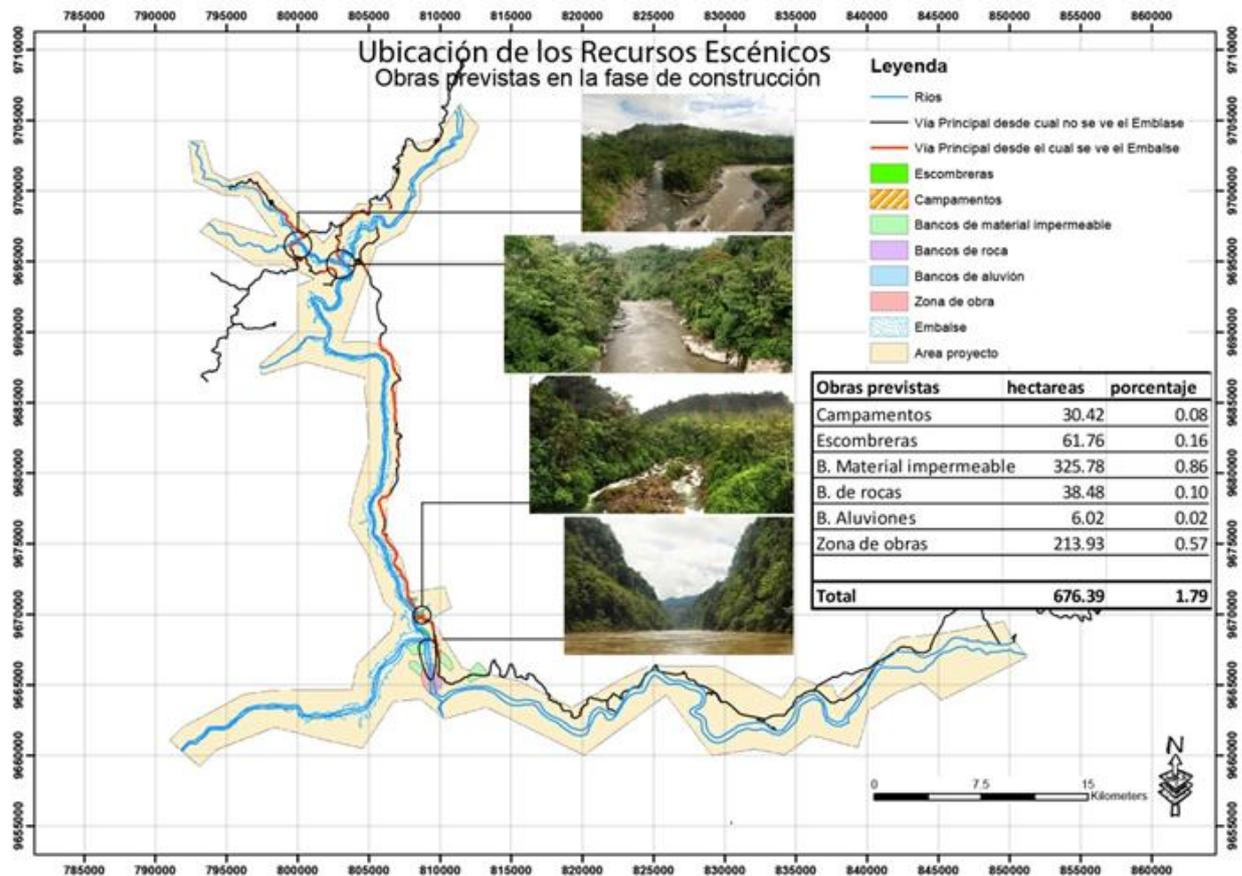


Figura 10- 7: Recursos escénicos  
Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

### Área de influencia biótica

Dentro de este análisis, el área de influencia directa considera el componente biológico que será alterado o está sujeto a la incidencia del proceso constructivo así como también los factores ambientales que la conforman.

De esta manera se incluyen los ecosistemas naturales, terrestres y acuáticos, que se prevé serán potencialmente afectados como consecuencia de las actividades de desbroce y remoción de suelos y geoformas, incidiendo así en los hábitats naturales de la fauna silvestre presente en el área de estudio.

Los ecosistemas terrestres están representados por la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea húmeda amazónica, distribuida en los taludes y márgenes formados por los ríos Zamora, Namangoza y Santiago; y, los ecosistemas acuáticos que comprenden los cuerpos de agua de los ríos antes mencionados en los tramos a ser intervenidos por las obras del proyecto.

Serán estas áreas las que se involucrarán como zonas de impacto directo, debido a la necesidad de realizar el desbroce y desbosque de la vegetación y como consecuencia la reducción de áreas boscosas, la fragmentación de hábitats, el desplazamiento o muerte de la fauna terrestre (mastofauna, avifauna, herpetofauna, entomofauna) y fauna acuática (peces, macroinvertebrados, plancton, perifiton).

El marco espacial de afectación se circunscribe a las superficies requeridas por las obras, cuyo detalle se registra en la Tabla 10- 6 y su ubicación puede ser visualizada en la Figura 10- 8.

Tabla 10- 6: Ecosistemas afectados por obras en la construcción

OBRA	INCIDENCIA EN ECOSISTEMAS TERRESTRES	INCIDENCIA EN ECOSISTEMAS ACUATICOS	OBSERVACIONES
Presa y anexas	Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del Cóndor - Kutukú	Río Santiago, Quebradas s/n: 18, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31.	
Campamento de construcción	Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del Cóndor - Kutukú	Río Namangoza; Río Ipiakuim Chico; Río Piankas Quebradas S/N: 15, 16, 54	
Campamento de operación y subestación	Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del Cóndor - Kutukú	Río Santiago, Quebrada s/n 23	
Escombreras	Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del Cóndor - Kutukú	Río Santiago, EG: Quebradas s/n: 32 EF: Río Namangoza; Quebradas s/n: 6, 40 EE: Río Namangoza , Río Yuquianza, ED: Río Yuquianza; Quebrada s/n: 42. EC: Río Santiago, Quebradas s/n: 43, 44. EB: Río Santiago, Quebrada s/n: 49 EA: Río Santiago, Quebradas s/n: 50, 51 ,52, 55 EJ: Río Namangoza; Quebradas s/n: 10, 12 EI: Río Namangoza; Quebradas s/n: 12, 13 EH: Río Namangoza; Quebrada s/n: 53	
Fuentes de materiales	Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del cóndor - Kutukú	Banco Santiago: Río Santiago; Quebradas s/n: 26, 27, 28, 35 Banco Yuquianza: Río Santiago; Quebradas s/n: 43, 44, 45, 48.	
Vías de acceso	Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del cóndor - Kutukú	Río Santiago, Quebradas s/n: 18, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31.	

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

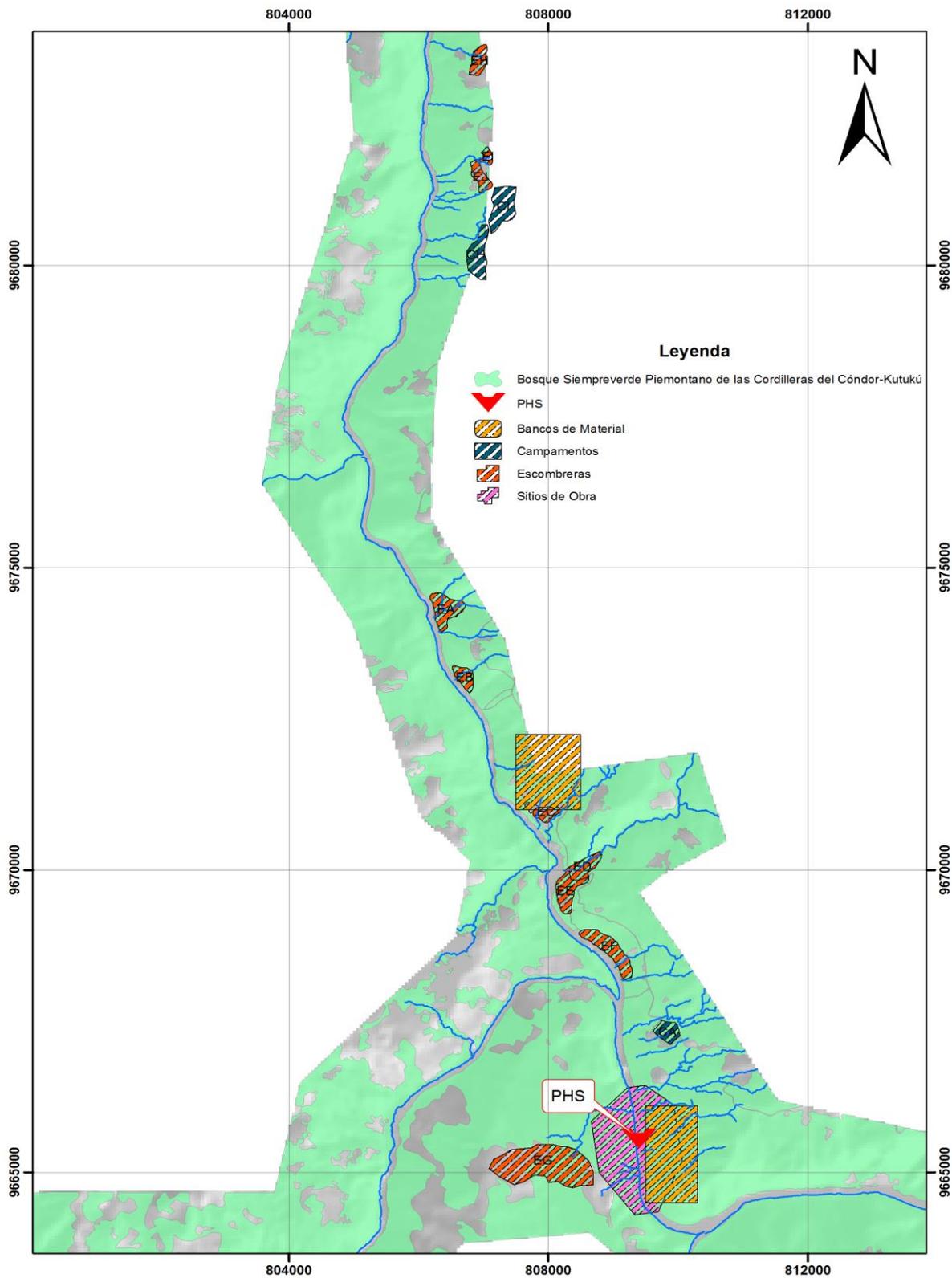


Figura 10- 8: Incidencia de obras en ecosistemas terrestres

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

### Área de influencia socioeconómica y cultural

Está relacionada con los asentamientos humanos y presencia poblacional a ser potencialmente afectados durante el proceso constructivo y sus actividades asociadas.

El área de afectación social y cultural está circunscrita a los sitios en donde se realizarán los trabajos constructivos y en donde pueden generarse impactos sobre áreas adyacentes y que comprenden:

- Asentamientos poblacionales, nucleados o dispersos, ubicados en el área de incidencia de ruidos y emisiones a ser generados por efecto de las actividades constructivas y cuyo radio de incidencia fue determinada en el Acápite Área de Influencia física, numeral 1 El ambiente atmosférico. Los poblados afectados son: San Simón de Ipiakum, Yuquianza, La Unión y Coangos y su localización se visualiza en la Figura 10- 9.

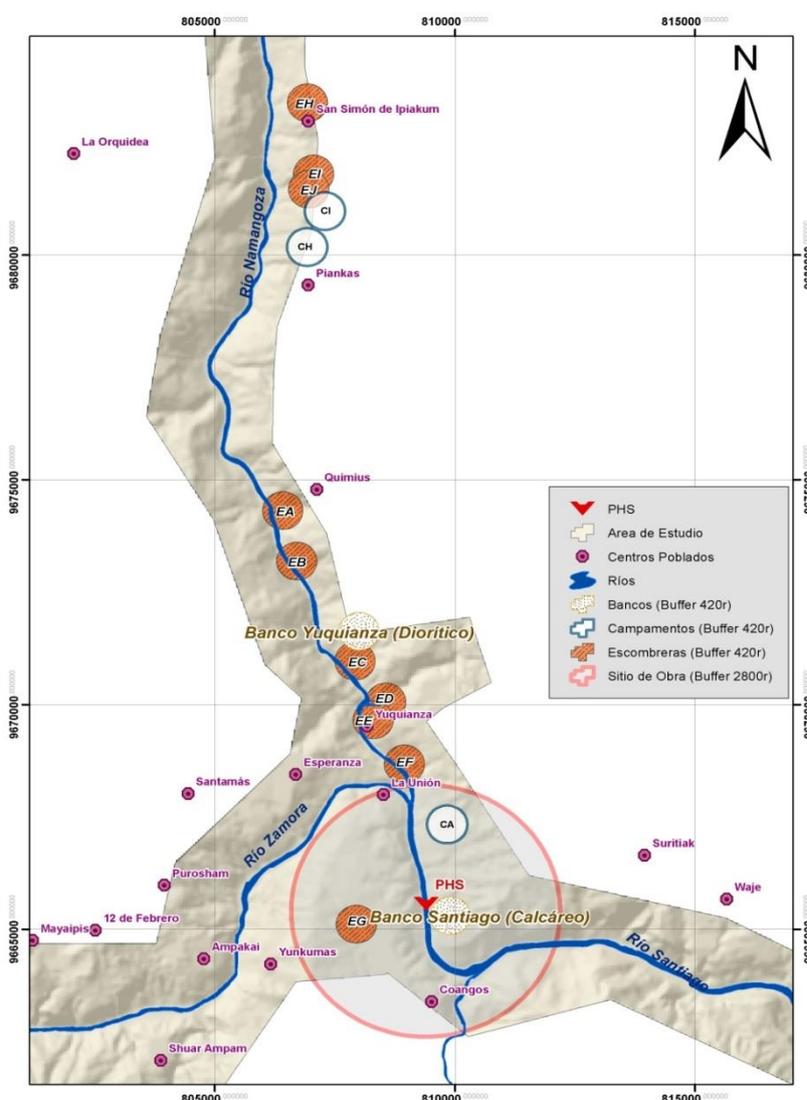


Figura 10- 9: Asentamientos poblacionales ubicados en el área de incidencia de ruidos y emisiones  
Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

- Superficies de los predios, privados o comunitarios, requeridos para el emplazamiento de obras, instalaciones y facilidades del PH Santiago y que serán sujetos de expropiación.
- Áreas y frentes de trabajo en donde jornaleros y trabajadores de la obra desarrollan sus actividades y por tanto están sujetos a riesgos laborales.
- Áreas de minería artesanal ubicadas en los lechos de los ríos intervenidos: Zamora, Namangoza y Santiago. Figura 10- 10.

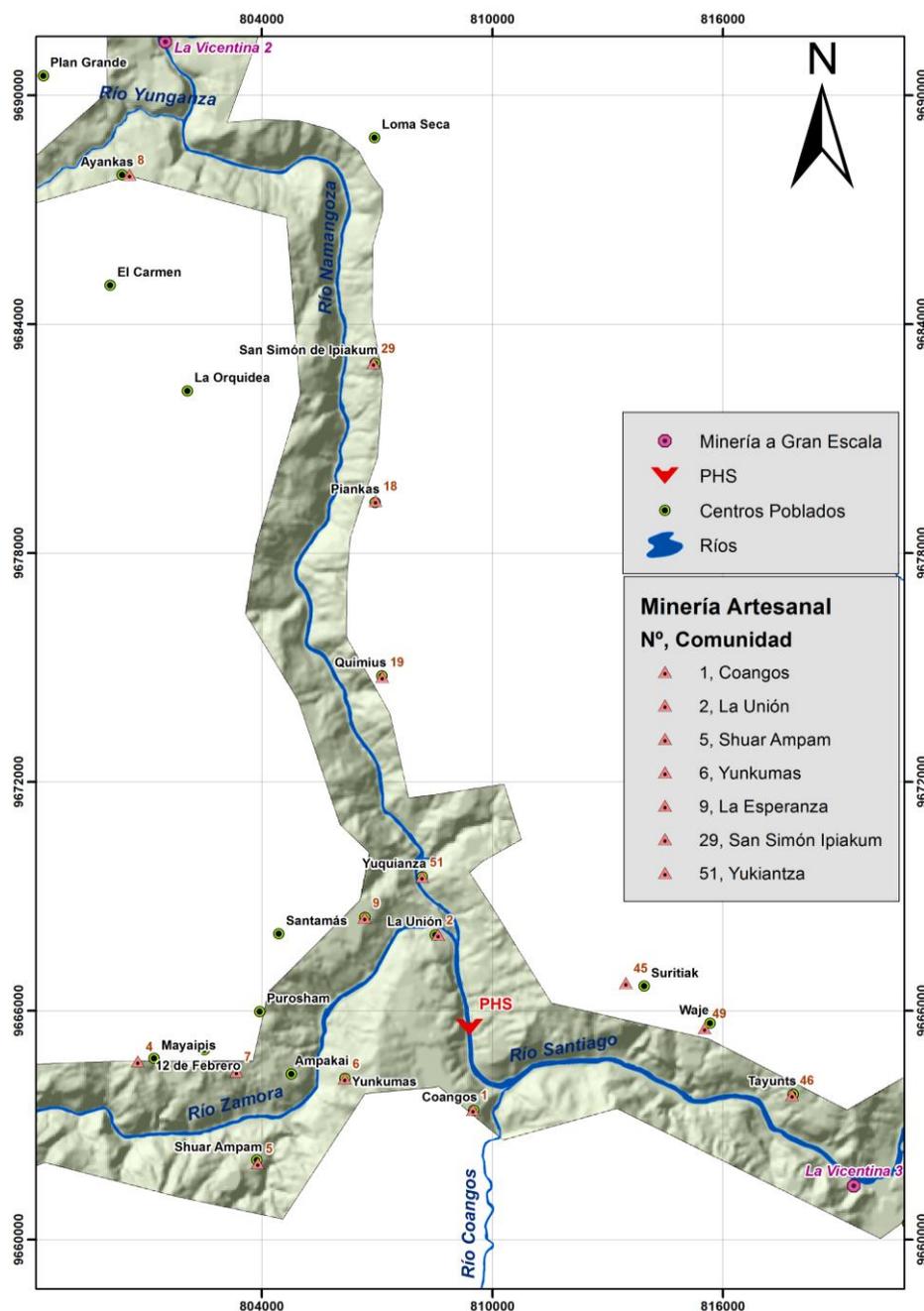


Figura 10- 10: Áreas de minería artesanal ubicadas en los lechos de los ríos intervenidos  
Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

- Concesiones mineras legalizadas que se interceptan con los sitios de obra. Para el área de influencia directa de construcción no tenemos concesiones mineras que sean afectadas, se tienen 2 concesiones cercanas La Vicentina 2 al Norte ubicada aguas arriba de la confluencia de los ríos Namangoza y el Yungantza, y La Vicentina 3 al Este, aguas abajo del PHS.
- Sitios con valor arqueológico que pueden verse alterados o destruidos por las obras constructivas. Figura 10- 11.

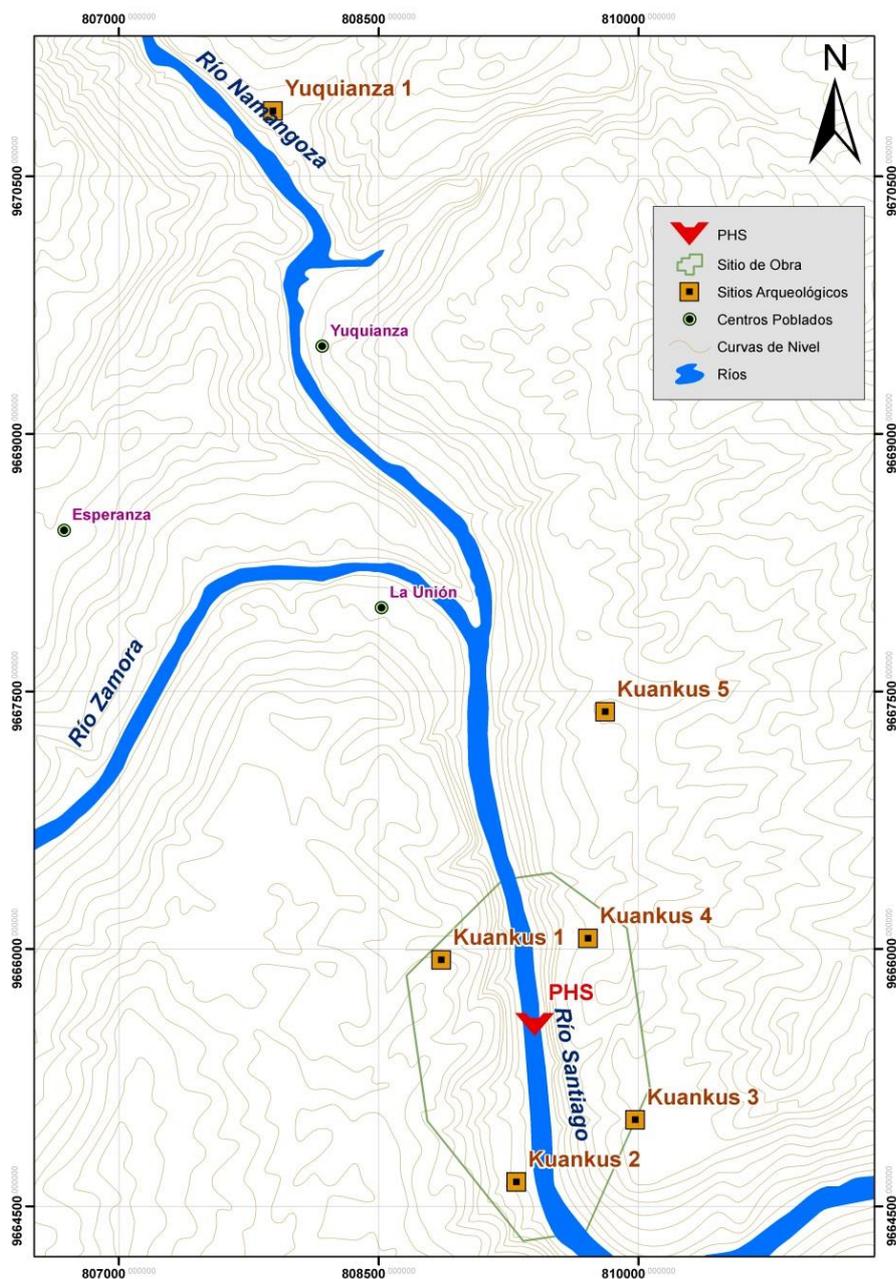


Figura 10- 11: Sitios con valor arqueológico que pueden verse alterados o destruidos por las obras constructivas.

Fuente y elaborado por: ACOTECNIC. Cía Ltda.

### ***Territorialidad del AID en la etapa de construcción***

Bajo las consideraciones y análisis anteriormente detallados, la territorialidad del Área de Influencia Directa (AID) para la etapa de construcción del PH Santiago, queda definida de la siguiente manera:

En la parte Norte se inicia con un buffer de 25 metros que enmarca la franja de servidumbre de la línea de alimentación y el derecho de vía del eje Méndez – Patuca - Puerto Morona, en el tramo Bella Unión – Patuca – Punto 12 UTM 805103,82E; 9691823,79N; 840msnm, en donde esta franja se desvía del eje vial hacia el Oeste en el tramo comprendido entre el Punto UTM anterior y el Punto 13 UTM 807505,53E; 9687754,13N; 876 msnm; a efectos de no ingresar al bosque protector Kutukú y Shaimi a partir del punto UTM 13, el buffer de 25 metros continua hacia el Sur hasta el Punto 2 UTM 806874,94E; 9684917,1N; 750 msnm, en donde la franja correspondiente al AID se amplía al ancho definido para el área de estudio 1, a efectos de enmarcar las obras puntuales y lineales del PHS. La franja que alcanza un ancho de 2.400 metros se inicia en el río Namangoza, en el punto 10 de coordenadas UTM X: 805955 Y: 9685049 a 400 msnm, ubicado en la confluencia del río Namangoza con el río Tsenkenakas, punto que está a 1,0 km aguas arriba de la escombrera EH. De esta manera la franja del AID está delimitada en su parte occidental por la línea definida para el Área 1 y en sector oriental por el derecho de vía del eje Patuca – Puerto Morona y franja de servidumbre eje de la línea de transmisión, ampliándose únicamente en los sitios de las escombreras EH, EI y EJ, campamento de construcción y banco de materiales de Yuquianza.

En el cauce del río Zamora, la franja se direcciona hacia el Suroeste, manteniendo los linderos del Área de estudio 1, y se extiende hasta el punto de coordenadas UTM X: 804239 Y: 9663246 a 360 msnm, debido a la incidencia que el proyecto tendrá a los pobladores del sector por el acceso a su territorio.

Hacia el Sureste, la franja territorial del AID en el sector occidental mantiene los linderos del área de estudio 1 hasta el punto de coordenadas UTM X: 815091 Y: 9663723 a 320 msnm en la confluencia del río Santiago con el río Samanda y en la parte oriental el lindero continúa por el eje vial Patuca – Puerto Morona hasta el río San Francisco en la margen izquierda. En este punto se considera que cualquier efecto contaminante en el río producto de las actividades constructivas, se verá completamente atenuado o diluido debido a los aportes del río Coangos y demás drenajes superficiales, garantizando la calidad del recurso hídrico aguas abajo.

El área así definida comprende una superficie total de 9.116,03 ha. REF: Mapa AID-001 Área de Influencia Directa; Etapa de Construcción.

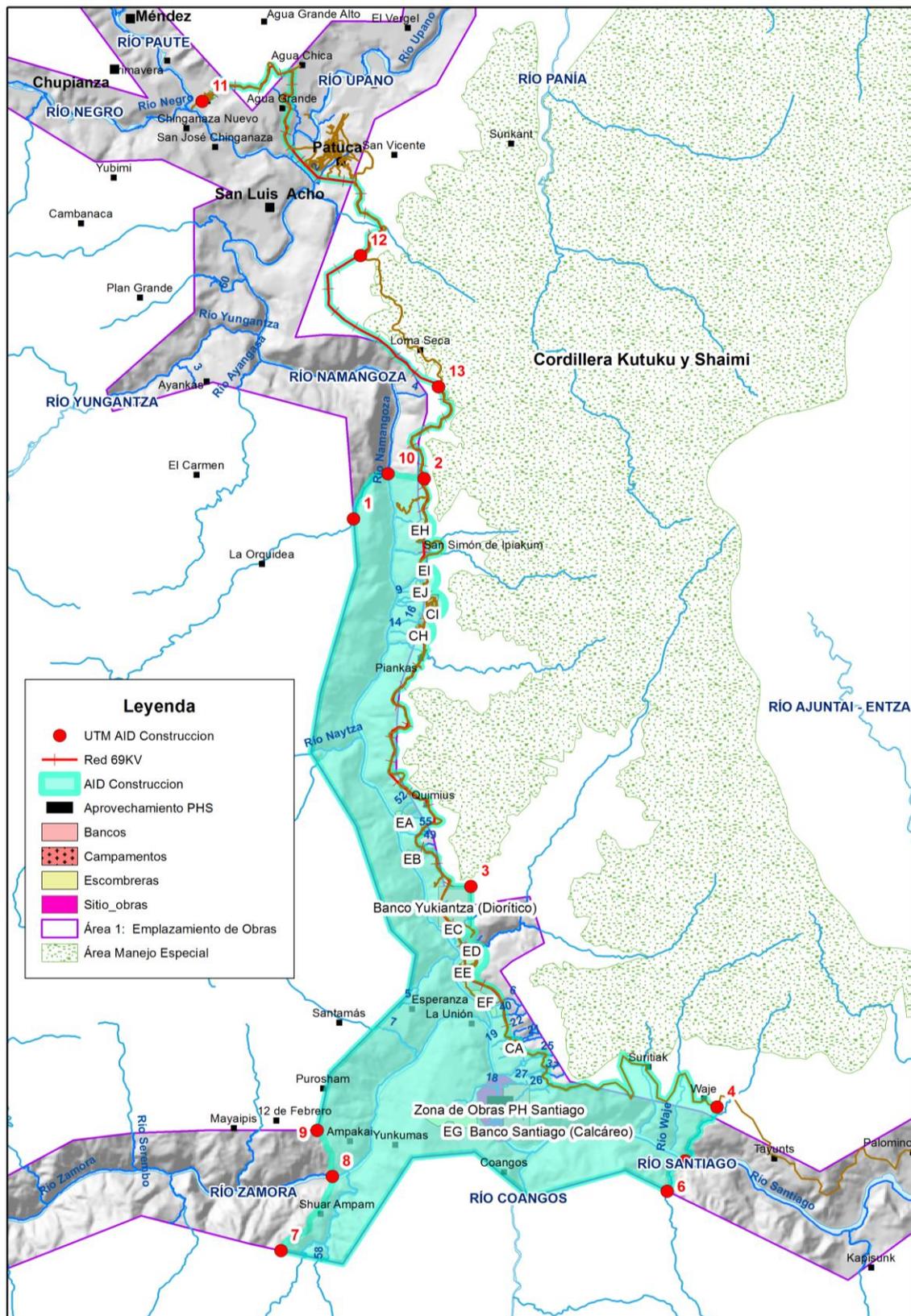


Figura 10- 12: Área de Influencia Directa de construcción

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

### 10.1.2.2 Área de Influencia Directa (AID). Etapa de Operación

Corresponde al área que será afectada directamente por las actividades del proyecto durante su fase operativa; es decir, el área en la cual, las actividades de la central de generación hidroeléctrica actúan sobre el medio ambiente y pueden, causar perturbaciones sobre él.

Comprende por tanto, los espacios territoriales que se requieren para el desempeño de las facilidades de operación de la central del PHS. Estas áreas se circunscriben a las estrictamente relacionadas con las estructuras en superficie y a las comunidades localizadas dentro de ellas así como al área del embalse y vaso de presa y área de descarga.

Para su delimitación, se considera los criterios expuestos en el Manual de Procedimientos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental del Sector Eléctrico del CONELEC (Guías 2005), el cual establece que para el AID en la fase operacional de proyectos hidroeléctricos se debe tomar en cuenta los siguientes espacios territoriales:

- El área afectada por las obras, por el área inundada por el embalse y una faja ribereña necesaria para la protección y operación del mismo, estructura de presa, casa de máquinas, túneles de carga, canales de descarga, vías de acceso, áreas de campamento de operación y otras obras de carácter permanente.
- La parte situada aguas abajo de la presa, donde ocurren los efectos de la calidad del agua y del régimen de descarga sobre tierras antes inundables y sobre los consumidores agrícolas, urbanos e industriales del agua; sobre la pesca, la estabilidad del lecho y de las márgenes de los sitios de descarga y en los tramos entre la presa y los puntos de descarga.

A continuación se analiza la definición del área de influencia directa por factor ambiental – físico, biótico, socioeconómico y cultural-, para la etapa operativa del proyecto.

#### ***Área de influencia física***

Para la delimitación del área de influencia directa bajo el criterio físico se toman en cuenta como principales elementos de afectación directa, los siguientes:

1. El **ambiente atmosférico** a ser alterado durante la ejecución de las actividades de operación. Este incluye:

Un radio de afectación por emisiones (ruido, gases, olores, emisiones electromagnéticas) que se generen en la operación de la central y que está determinado por la ubicación de las fuentes generadoras y los elementos vulnerables a estos eventos (personal del PHS). El área de afectación se circunscribe a los siguientes sitios:

Por efectos de **ruido**, alrededor de la casa de máquinas (área de generadores eléctricos), se considera como área de incidencia directa un perímetro de 420 m alrededor de dicha fuente de emisión. REF; Apéndice 7.2.3 Modelamientos Ruido.

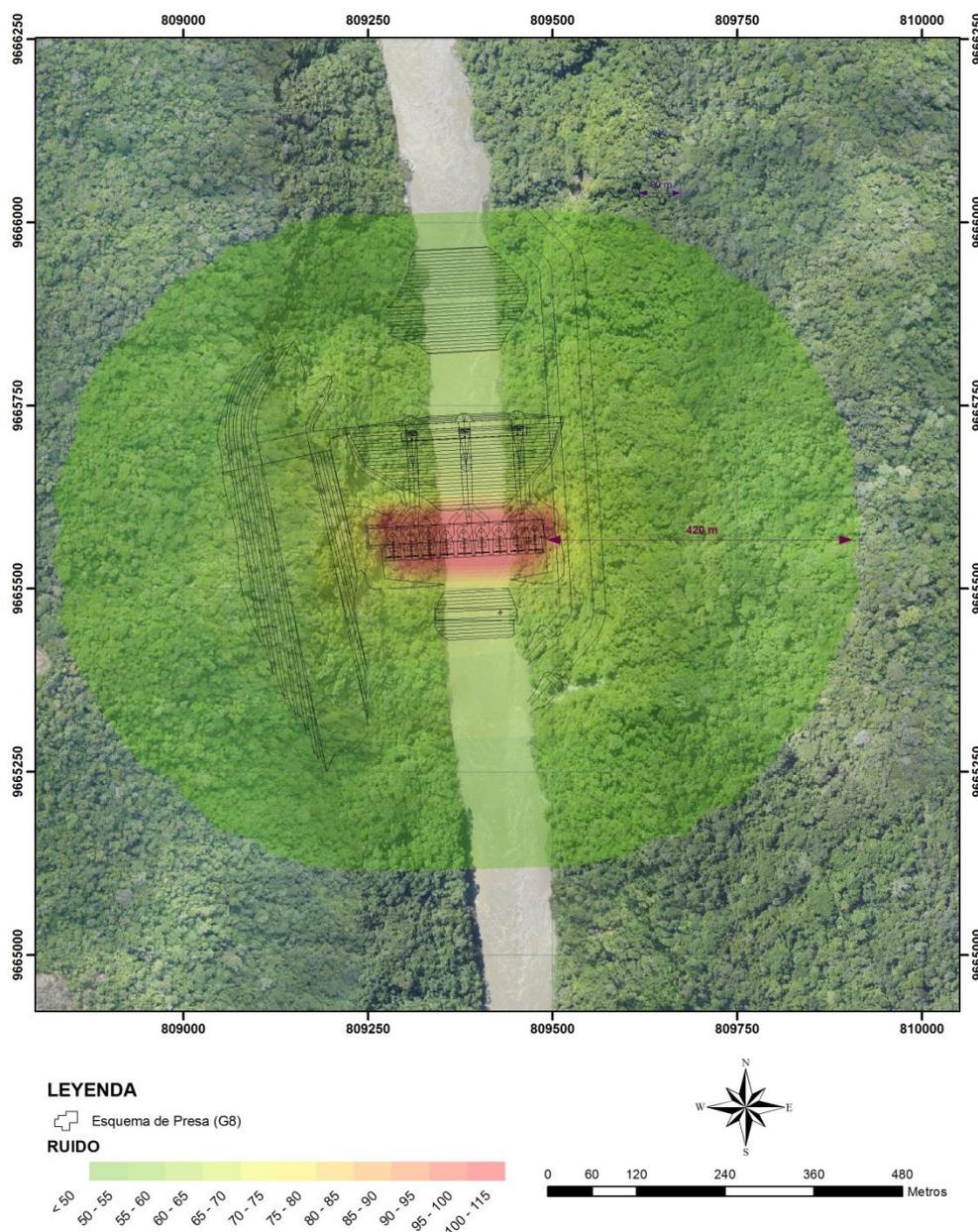


Figura 10- 13: Niveles de exposición de ruido. Etapa de operación PHS  
Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

Un radio de afectación por **emisión de gases y olores** generados por la descomposición de la biomasa en el embalse de los ríos Negro, Paute, Upano, Yungantza, Zamora, Namangoza y Santiago, a darse en el área de inundación.

Para ello se considera la concentración de  $H_2S$  (ácido sulfhídrico) a darse en el agua por problemas de descomposición de la materia orgánica, así como su transferencia hacia el aire.

En función de las concentraciones de este gas conjuntamente con la dirección y velocidad del viento, se determinó las concentraciones alrededor del embalse mediante el empleo del

software AERMOD-ISC7, obteniéndose las zonas en las que el olor supera el umbral de percepción odorífera. Vale la pena indicar que las concentraciones determinadas causarán molestia a la población, sin embargo, no producirán afección a la salud de los pobladores que se encuentren en el interior de esta área.

La determinación de la dirección y velocidad del viento se realizó mediante simulaciones a partir de los valores medios, máximos y mínimos de los diferentes meses de año, considerando para su análisis un período de tres años consecutivos.

En la Figura 10- 14 se visualiza el área de influencia directa por estas variables. REF Apéndice 7.2.2 Modelamientos Olores.

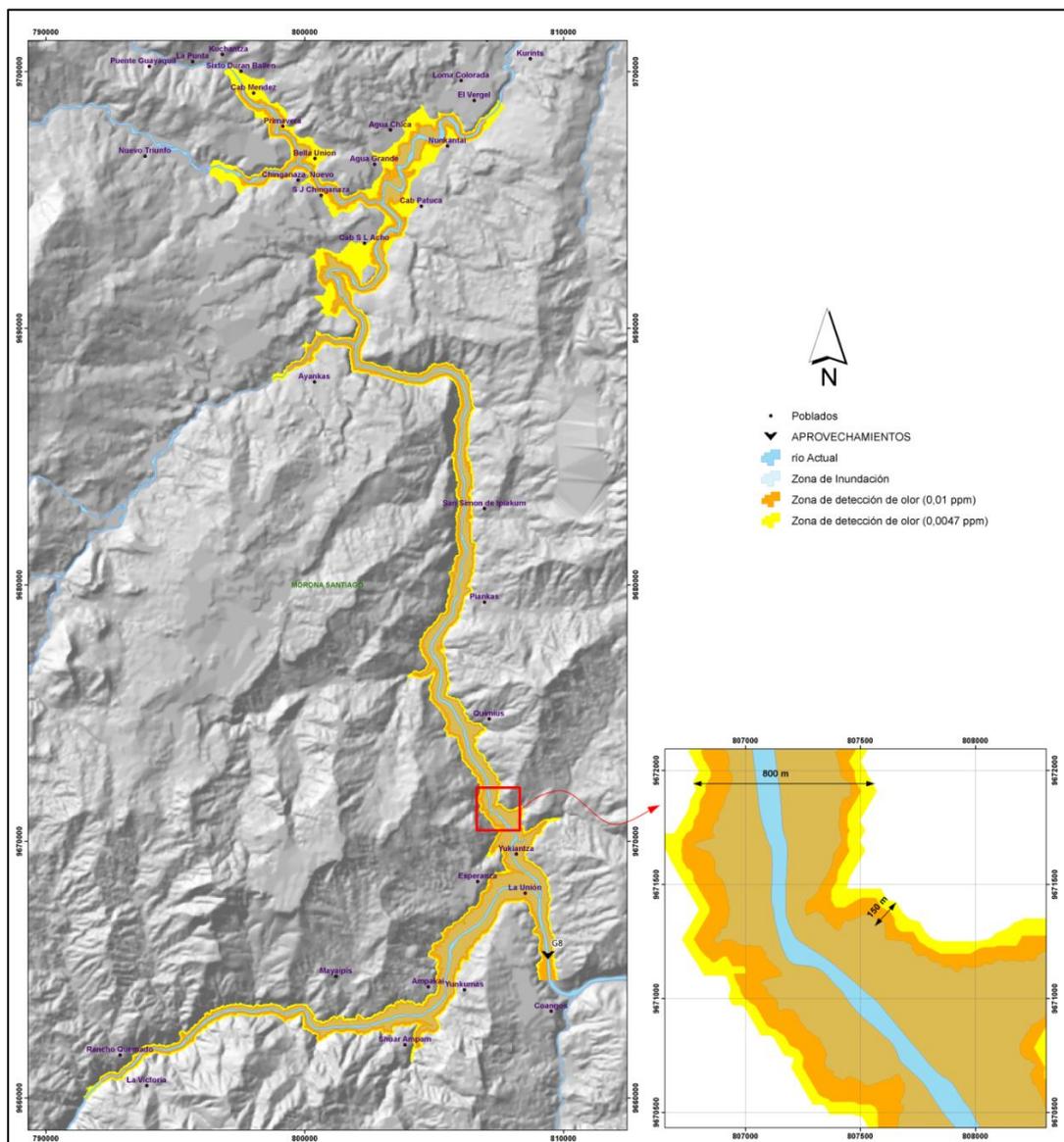


Figura 10- 14: Área de afectación por emisión de H2S y olores indeseables  
Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. / Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

2. Los **suelos y geofomas** adyacentes a las obras de la central y sujetos a alteraciones debido a la operación del vaso de presa y embalse (fluctuaciones del nivel del espejo de agua), que son generadores y activadores de procesos morfodinámicos (deslizamientos).

Estos elementos ambientales tendrán un marco espacial de afectación que se circunscribe puntualmente a las superficies donde se emplazan estos elementos del proyecto que se las detalla en la y cuya localización espacial se visualiza en la Figura 10- 15.

Tabla 10- 7: Geoformas afectadas por obras y embalse

OBRA	GEOFORMA	AREA DE INCIDENCIA
Embalse y Vaso de presa	Coluvión	Zona aledaña al embalse.
	Ladera Fuerte	
	Ladera Moderada	
	Ladera Suave	
	Masa Deslizada	
	Masa Deslizada Irregular	
	Meseta Alta	
	Meseta Baja	
	Meseta Intermedia	
	Planicie Aluvial	
	Vértice Irregular	
	Vértice Ondular	
	Zona Escarpada	
Presa y anexas	Coluvión	Zona aledaña a sitio de ubicación del PHS, sector G8
	Ladera Moderada	
	Ladera Suave	
	Masa Deslizada	
	Masa Deslizada Irregular	
	Meseta Alta	
	Meseta Intermedia	
	Zona Escarpada	
Campamento de operación	Ladera suave	Zonas aledañas al campamento
Vías de acceso	Ladera suave y zona escarpada	Zona aledaña a las vías

Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

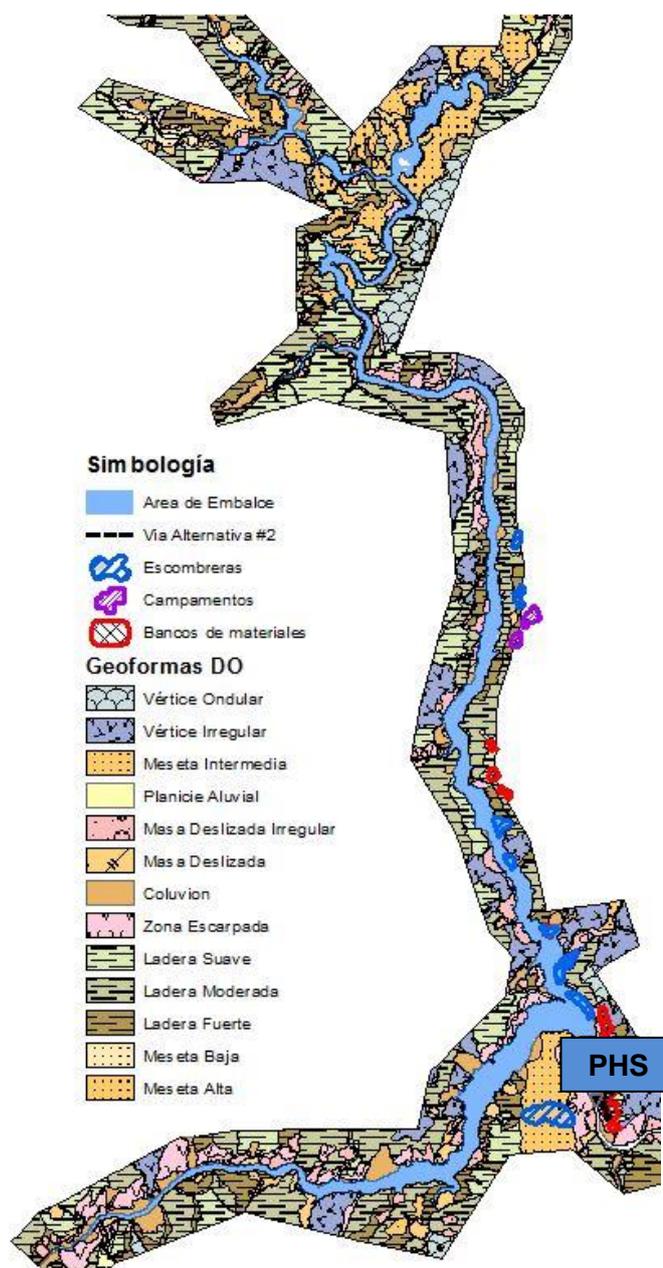


Figura 10- 15: Geformas afectadas en el área de inundación  
Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

Tabla 10- 8: Superficie de geformas afectadas

NOMBRE	Antes de Operación	Después de Operación	Diferencias	
	Área (km2)	Área (km2)	Área (km2)	Área (%)
Coluvión	17,42	12,02	5,40	1,43%
Ladera Fuerte	32,27	30,30	1,96	0,52%
Ladera Moderada	65,53	62,51	3,02	0,80%
Ladera Suave	51,31	50,53	0,78	0,21%
Masa Deslizada	6,89	4,80	2,08	0,55%
Masa Deslizada Irregular	13,74	9,31	4,43	1,17%
Meseta Alta	15,27	15,18	0,09	0,02%
Meseta Baja	22,08	20,57	1,52	0,40%

NOMBRE	Antes de Operación	Después de Operación	Diferencias	
	Área (km2)	Área (km2)	Área (km2)	Área (%)
Meseta Intermedia	72,29	71,19	1,10	0,29%
Planicie Aluvial	4,58	4,02	0,56	0,15%
Vértice Irregular	30,69	29,76	0,93	0,25%
Vértice Ondular	5,56	5,53	0,03	0,01%
Zona Escarpada	20,44	17,84	2,59	0,69%
Embalse	0,00	30,37	-	0,00%
Hidrología y Otros	20,57	14,71	5,86	1,55%
<b>SUMA</b>	<b>378,64</b>	<b>378,64</b>	<b>30,37</b>	<b>8,02%</b>

Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

**3. Los drenajes superficiales** vulnerables y potencialmente susceptibles de ser afectados por las actividades y procesos de operación y mantenimiento del PHS, y que están definidos por potenciales efluentes a ser vertidos a los drenajes circundantes al proyecto durante la fase operativa. Estos corresponden a los siguientes cuerpos de agua:

Tabla 10- 9: Red de drenaje potencialmente a ser afectada en la etapa de operación

OBRA / INSTALACION	DRENAJE	AREA DE INCIDENCIA
Presa y anexas	Río Santiago, Quebradas s/n: 22, 19, 17, 20, 21, 24, 33, 25, 26, 38, 39, 37, 18, 31, 30, 29.	Tramo del río Santiago entre el Q. 22 y la Q.29
Campamento de operación	Río Santiago, Quebrada s/n 23	Tramo del río Santiago en la zona de obras
Descarga	Río Santiago	Río Santiago desde la presa hasta el límite con el Perú.
Vías de acceso	Río Santiago, Quebradas s/n: 18, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31.	Tramo del río Santiago entre el Q. 22 y la Q.29

Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

Los lechos y cuerpos fluviales de los ríos Negro, Paute, Yungantza, Zamora, Namangoza y Santiago, en donde se producen los efectos negativos generados por la construcción de la presa y la formación del embalse, como son: rompimiento de la conectividad fluvial, creación de barreras, efectos de alteración de la calidad de las aguas (eutrofización, crecimiento de macrófitas, contaminación física y química por arrastre de sedimentos, vertidos y efluentes domésticos e industriales, etc.).

Se suma además los cuerpos de agua tributarios a estos ríos y en los cuales se alcanzarían niveles de inundación. Estos son además de los citados en el punto anterior los ríos Wandipis, Yukiántza, Naytza, Piankas, Ipiakuim Chico, Ipiakuim, Tsenkeankas, Pau Grande, Ayangasa, El Churo, en el río Namangoza, además tenemos los ríos Nungande, Agua Grande, Agua Chica, agua Chuza Chica, sobre el río Upano; además de todas las quebradas sin nombre que han sido numeradas. (Cartografía IGM 1:50.000).

El cauce del río Santiago en el tramo situado aguas abajo del aprovechamiento PHS hasta el límite internacional con el Perú, en donde ocurren los efectos de caudal ecológico, calidad del agua y el régimen de descarga sobre las formas aluviales y sobre los usuarios del agua, sobre la pesca, la estabilidad del lecho, navegabilidad y de las márgenes de los sitios de descarga así como también corresponde al área de frontera con el Perú, en donde serán entregadas las aguas acorde a las normativas de calidad ambiental suscritas en los convenios internacionales.

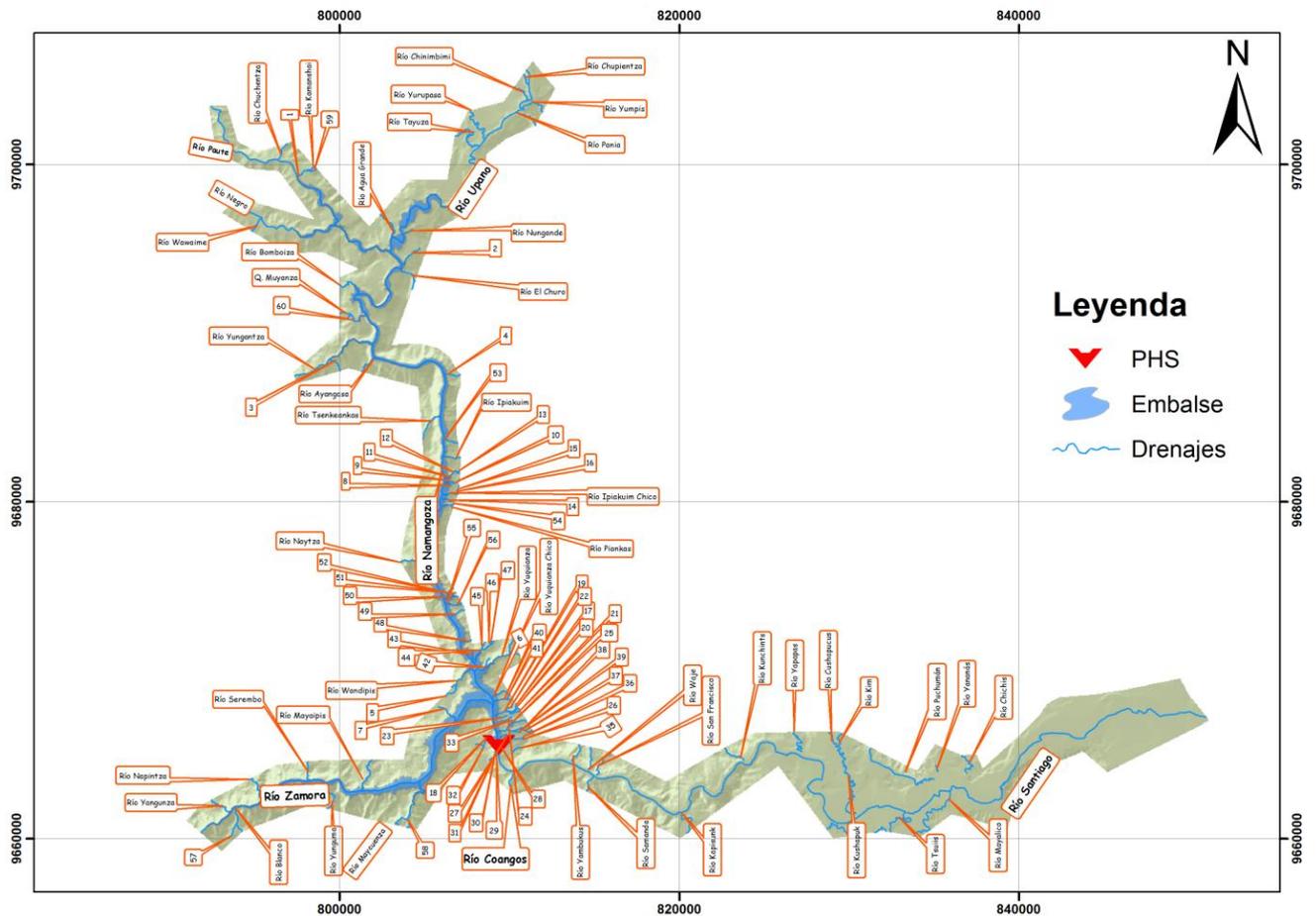


Figura 10- 16: Drenajes presentes en el área de influencia directa de operación  
Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

**4. El paisaje natural y recursos escénicos**, representados por las unidades y subunidades de paisaje existentes en los sitios que serán alterados, modificados o cubiertos por efecto de la inundación en el área del embalse, cuyo dimensionamiento se detalla en la Tabla 10- 10.

Estos elementos ambientales tendrán un marco espacial de afectación que se circunscribe a las superficies requeridas para el área del embalse y que abarcan los recursos escénicos y sus respectivas cuencas visuales. Estas se las visualiza en las Figuras 10-17 y 10-18 y la Tabla 10-10

Tabla 10- 10: Afectaciones a Unidades y Sub Unidades de Paisaje. Etapa de Operación

Simulación de los impactos en las Unidades de paisaje	Pérdida de unidades de paisaje		En el área de estudio
	ha	%	%
Corredor del río	764,32	26,69	2,02
Colinas escarpadas	1975,2	8,55	5,22
Colinas suaves	229,37	3,07	0,61
Terrazas	68,34	1,55	0,19
Agropecuario	786,98	5,43	2,08
Vegetación (alterada)	1478,98	7,38	3,91
Urbano	6,95	1,52	0,02
Valle abierto	627,41	24,30	1,66
Valle en "v"	136,91	48,70	0,36
Afloramiento Rocoso	0	0	0
Laguna	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>3037,23</b>		<b>8,03</b>

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

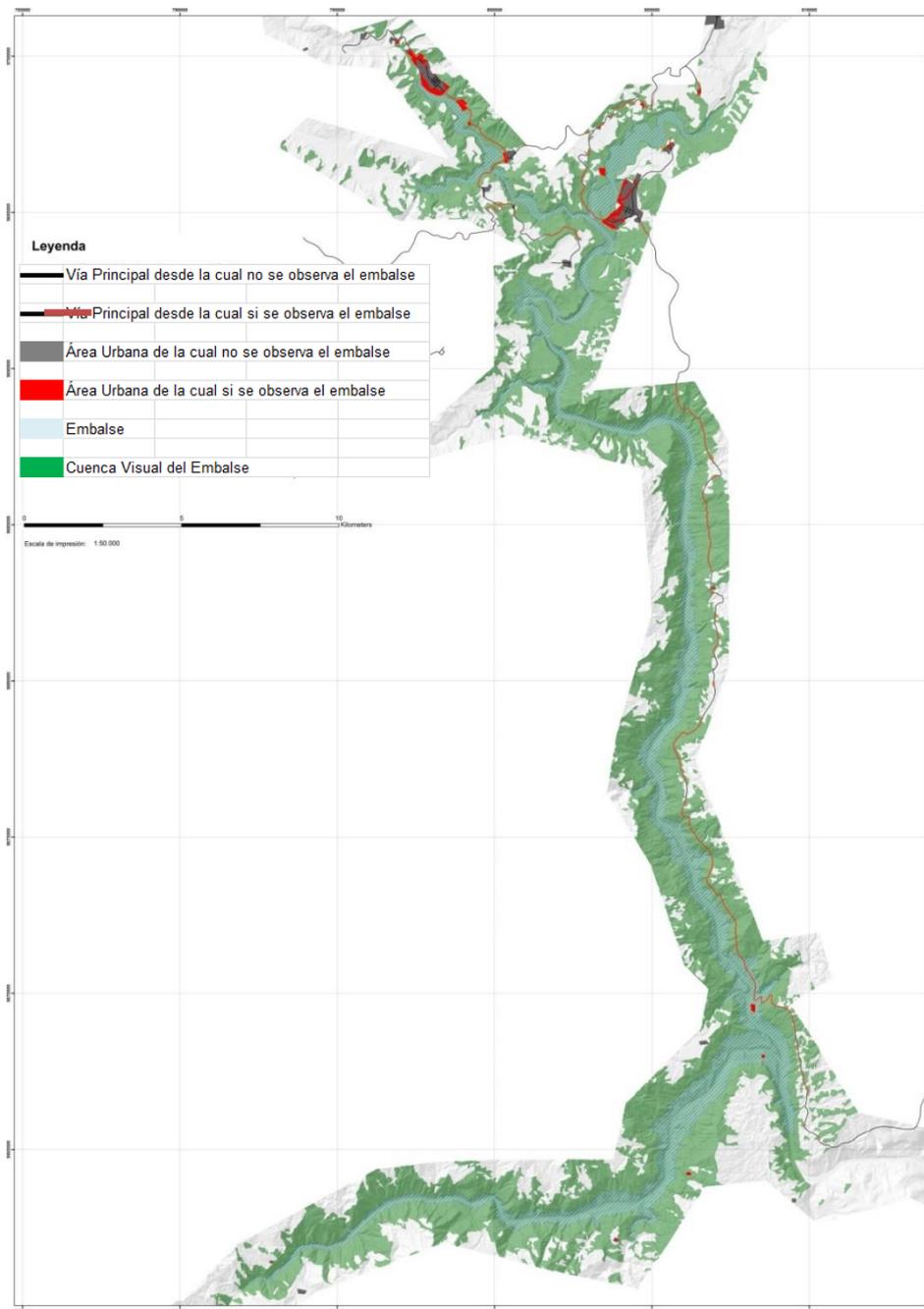


Figura 10- 17: Ubicación de cuencas visuales del área de operación  
Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

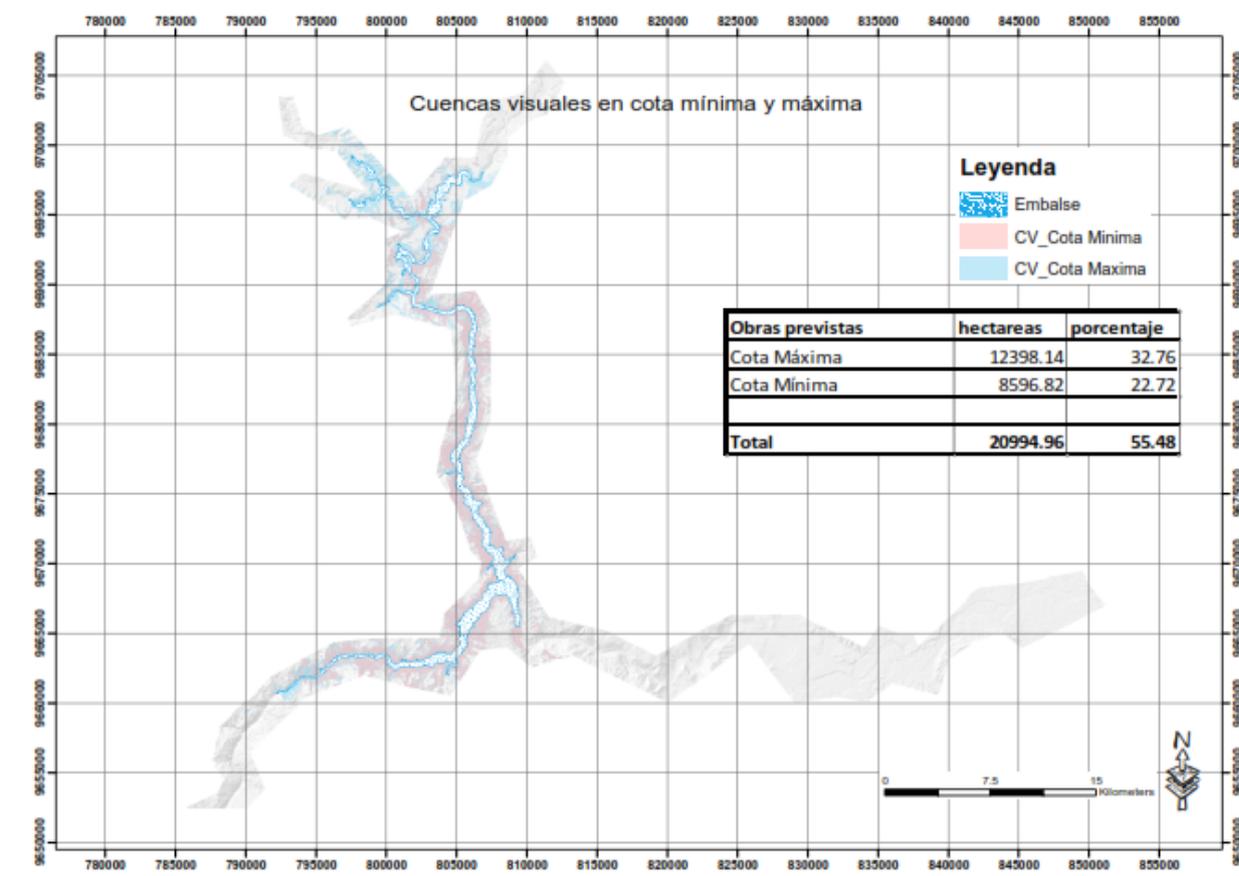


Figura 10- 18: Cuencas visuales en cotas mínimas y máximas

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

### Área de influencia biótica

El área de afectación biológica durante la etapa de operación del proyecto, se circunscribe a los ecosistemas, terrestres y acuáticos y fauna asociada, presentes y adyacentes a las facilidades lineales y puntuales del PHS. Estos son:

1. **Ecosistemas terrestres:** Los ecosistemas terrestres están representados por la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea húmeda amazónica, distribuida en los taludes y márgenes formados por los ríos Negro, Paute, Upano, Yungantza, Namangoza, Zamora y Santiago, sujetos a afectaciones por las fluctuaciones del nivel de las aguas así como por la inundación de sus cauces. Estos ecosistemas son:
  - Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú
  - Bosque siempreverde piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
  - Bosque siempreverde piemontano sobre mesetas de arenisca de las cordilleras del Cóndor-Kutukú
2. **Ecosistemas acuáticos:** lechos y cuerpos fluviales de los ríos Zamora, Namangoza y Santiago, en donde se producen los efectos negativos generados por los procesos de embalse, rompimiento de la conectividad fluvial, barreras físicas por la construcción de las presas, alteración y destrucción de hábitats acuáticos,

potenciales efectos de alteración de la calidad de las aguas (eutrofización, desarrollo de macrófitas, contaminación físico-química y bacteriológica), debido al arrastre de sedimentos, vertidos de efluentes domésticos e industriales que afectan la vida acuática (macroinvertebrados, bentónica e ictiológica).

Se suman además los cuerpos de agua tributarios a estos ríos y en los cuales se alcanzarían niveles de inundación.

Tabla 10- 11: Drenajes de agua

Drenaje de agua	Nombre - Código	Observaciones
Río Principal	Santiago	
	Zamora	Afluente del río Santiago
	Namangoza	Afluente del río Santiago
	Upano	Afluente del río Namangoza
	Paute	Afluente del río Namangoza
	Negro	Afluente del río Paute
	Yungantza	Afluente del río Namangoza
Río Secundario	Agua Grande	Afluente del río Upano
	Nungande	Afluente del río Upano
	Bomboiza	Afluente del río Namangoza
	Ayangaza	Afluente del río Namangoza
	Tsenkeankas	Afluente del río Namangoza
	Ipiakuim	Afluente del río Namangoza
	Ipiakuim Chico	Afluente del río Namangoza
	Piankas	Afluente del río Namangoza
	Naytza	Afluente del río Namangoza
	Wandipis	Afluente del río Namangoza
	Yuquianza	Afluente del río Namangoza
	Blanco	Afluente del río Zamora
	Yangunza	Afluente del río Zamora
	Napintza	Afluente del río Zamora
	Serembo	Afluente del río Zamora
	Maycuenza	Afluente del río Zamora
	Mayaipis	Afluente del río Zamora
	Yunguma	Afluente del río Zamora
	Coangos	Afluente del río Santiago
	Yambukus	Afluente del río Santiago
	Waje	Afluente del río Santiago
	Samanda	Afluente del río Santiago
	San Francisco	Afluente del río Santiago
	Kapisunk	Afluente del río Santiago
	Kunchints	Afluente del río Santiago
	Yapapas	Afluente del río Santiago
	Kushapuk	Afluente del río Santiago
	Kiim	Afluente del río Santiago
	Tsuiis	Afluente del río Santiago
	Mayalico	Afluente del río Santiago
Puchumán	Afluente del río Santiago	

Drenaje de agua	Nombre - Código	Observaciones
	Chichis	Afluente del río Santiago
Ríos y Quebradas S/N	1, 59	Afluentes del Río Paute
	2	Afluente del Río Upano
	3	Afluente del río Yungantza
	4, 8, 9, 10, 12, 13, 14,	Afluentes del río Namangoza entre los ríos Ayangaza y Piankas
	16, 49, 50, 51, 52, 55, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 5,	Afluentes del río Namangoza entre los ríos Piankas y Yuquianza
	6, 40, 41,	Afluentes del río Namangoza entre los ríos Yuquianza y Zamora
	7,	Afluente del río Zamora
	18, 19, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 33, 37, 38, 39,	Afluentes del río Santiago entre los ríos Zamora y Coangos

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

### **Área de influencia socioeconómica y cultural**

Bajo este ámbito, se consideran los siguientes elementos sujetos a potenciales impactos a ser generados en la fase operativa del PH Santiago:

- Las áreas de trabajo del personal técnico, administrativo y de jornaleros, que operarán el proyecto durante su etapa de producción energética y que por tanto, se hallan bajo riesgos laborales. Incluye la central hidroeléctrica y sus facilidades asociadas
- Comunidades y asentamientos poblacionales ubicados en el área de incidencia a los impactos de la central y el embalse y han sido identificadas en la Tabla 10- 12. Son las comunidades locales ubicadas en las superficies de entorno inmediato a las obras del proyecto y que mantendrán una relación de vecindad permanente con el PHS durante su etapa productiva. Estas se enumeran a continuación y su localización se visualiza en la Figura 10- 19.

Tabla 10- 12: Comunidades del Área de Influencia de Operación

Nombre Comunidad	COORD_X	COORD_Y	CABECERA
La Victoria	793895	9660485	
Tsuiis	828609	9661081	
Mayaik	834056	9661358	
Rancho Quemado	792869	9661679	
Kusumas	838728	9662030	
Shuar Ampam	803874	9662078	
Tiwintza	832897	9662502	Cantonal
Kushapuk	829586	9662705	
Coangos	809517	9663383	
Tayunts	817828	9663805	
Chichis	837366	9663915	
Palomino	822086	9663989	

Nombre Comunidad	COORD_X	COORD_Y	CABECERA
Yunkumas	806163	9664222	
Ampakai	804772	9664338	
San Miguel	838989	9664379	
Paantam	826729	9664713	
Kaputina	842121	9665784	
Yapapas	826670	9665848	
Kiim	829246	9666054	
San Ramón	844811	9666346	
Las Peñas	840844	9666801	
San Luis	845504	9666918	
La Unión	808516	9667986	
Esperanza	806684	9668438	
Yukiantza	808174	9669510	
San Simón de Ipiakum	806946	9682975	
Ayankas	800370	9687913	
San Luis Acho	802309	9693315	Parroquial
Patuca	804502	9694760	Parroquial
San José Chinganaza	800632	9695189	
Chinganaza Nuevo	799746	9695778	
Agua Grande	802701	9696397	
Bella Unión	800389	9696620	
Nunkantai	805519	9697107	
Agua Chica	803308	9697730	
Primavera	799151	9697875	
El Vergel	806549	9698884	
Méndez	798027	9699174	Cantonal
Sixto Durán Ballén	797541	9700022	

Fuente y elaborado por: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

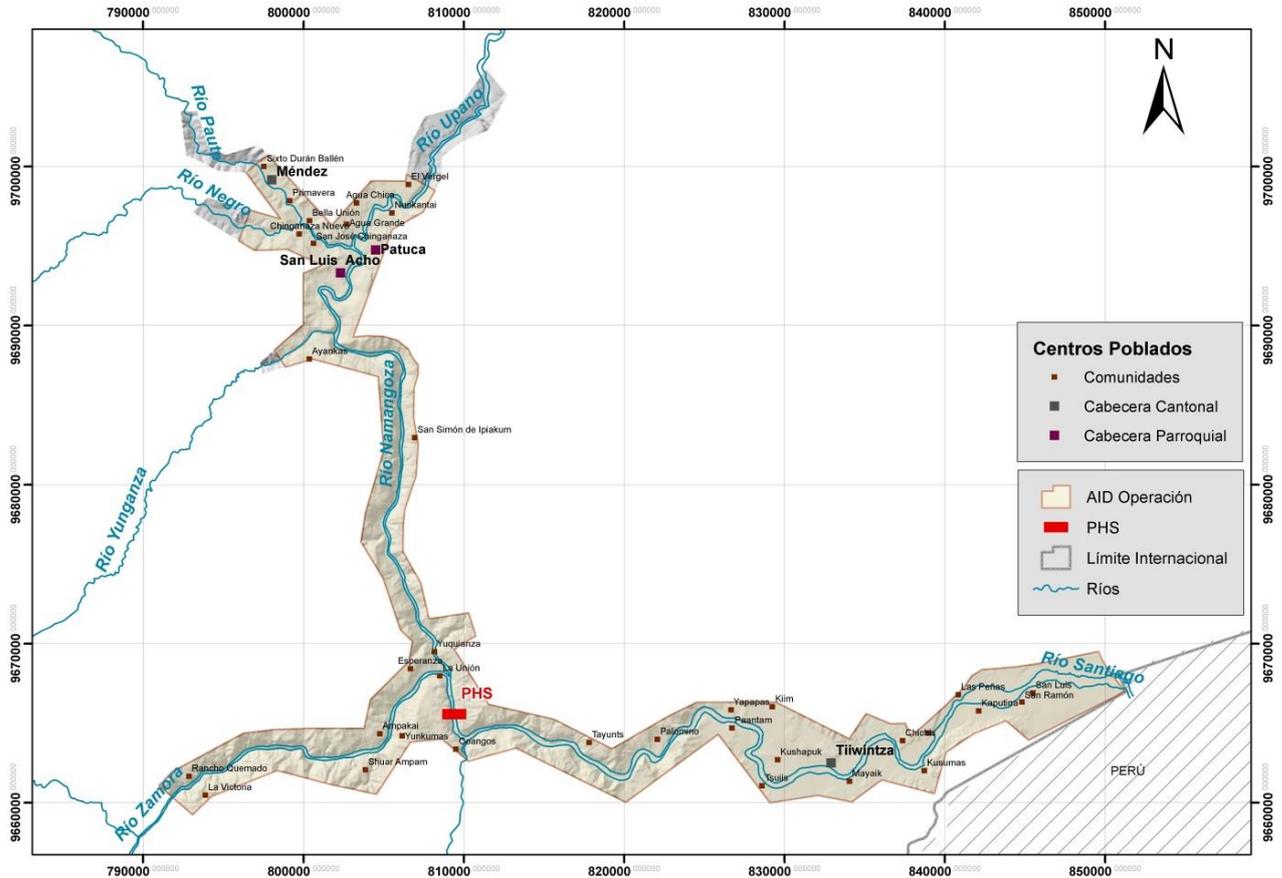


Figura 10- 19: Centros poblados del AID de Operación

- Comunidades que serán sujetas de reubicación y/o reasentamiento, debido a la inundación de superficies en las áreas de embalse. Se citan: La Unión, Yuquianza y el corredor Méndez – Bella Unión.
- Áreas agroproductivas (cultivos y pastizales) que se encuentran en las zonas de inundación.
- Concesiones mineras que se hallan en la zona de inundación y desfogue. Afectación de Áreas de concesión minera. Figura 10- 20.

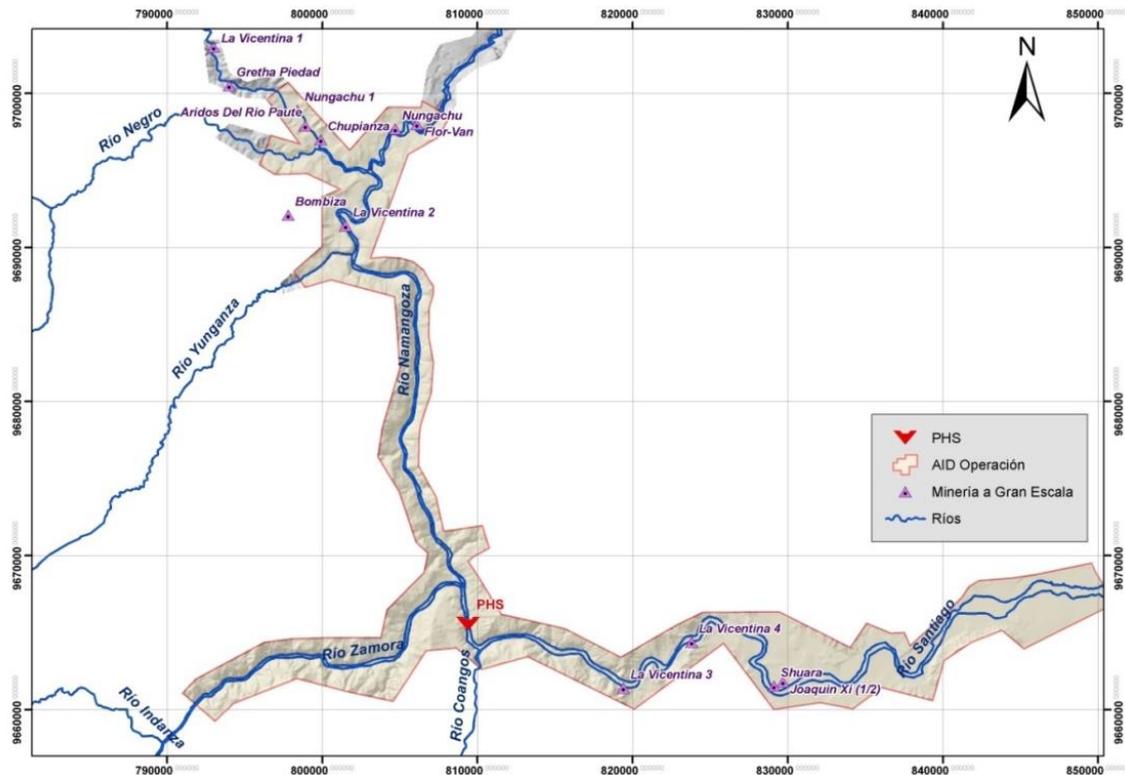


Figura 10- 20: Afectación de Áreas de concesión minera  
Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

- Sitios de minería artesanal en el área de inundación. Figura 10-21.

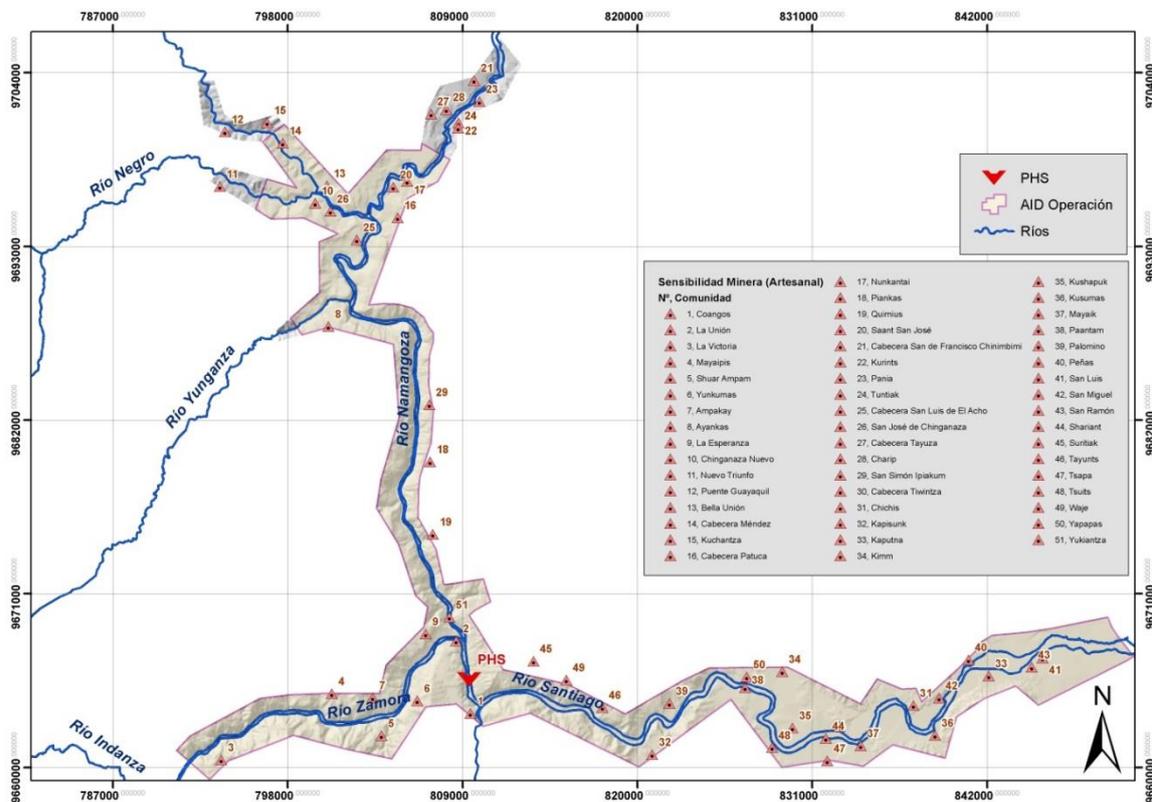


Figura 10- 21: Sitios de minería artesanal en el área de inundación  
Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

### ***Territorialidad del AID para la etapa de operación***

En base a estas consideraciones, se concluye que las perturbaciones en esta etapa del proyecto pueden ser generadas en los siguientes espacios territoriales y que son definidos como parte del Área de Influencia Directa (AID):

- 1) El área circundante a las obras puntuales permanentes, que comprende la presa, casa de máquinas, conducciones, campamento de operación y facilidades anexas; la misma que estará expuesta a potenciales acciones contaminantes y degradativas durante la fase operativa del proyecto.
- 2) El área de inundación (embalse y vaso de presa), que comprende los tramos de los encañonados de los ríos Zamora, Namangoza y Santiago, enmarcados en los siguientes niveles altitudinales:

Tabla 10- 13: Cotas NAME, NAMO y NAMINO del aprovechamiento G8

APROVECHAMIENTO	NAME	NAMO	NAMINO
	msnm	msnm	msnm
<b>PHS</b>	453	448	434

Elaborado por: CFE/Fuente: CFE

NAME: Nivel de agua máximo extraordinario; NAMO: Nivel de agua máximo de operación; NAMINO: Nivel de agua mínimo de operación

- 3) La faja ribereña necesaria para la protección de los sistemas fluviales utilizados en el proyecto, cuya conformación tiende a lograr la estabilidad morfodinámica en las paredes del embalse y vaso de presa (franja de protección). Esta área ha sido definida en 40 m, a partir de la cota 453 msnm.
- 4) Las áreas situadas aguas abajo del aprovechamiento PHS que tendrán influencia en la estabilidad del lecho y de las márgenes del sitio de la descarga; y de posibles usos del agua. Incluye el área entre el punto de descarga o devolución al río, en la cual se producen alteraciones al régimen de flujo.
- 5) El tramo del río Santiago, ubicado entre la descarga del aprovechamiento PHS y el límite internacional con el Perú, considerando las obligaciones internacionales de entrega del recurso hídrico, en volumen y calidad, acorde a lo estipulado en los compromisos ambientales internacionales.
- 6) Las zonas de peligro geodinámico hacia las obras del proyecto. Este segmento territorial corresponde a aquel que se relaciona específicamente con las áreas de peligro a deslizamientos, inmediatamente adyacentes a las obras e instalaciones del PHS, áreas de inundación de embalse y vaso de presa, y cuya activación dependerá de las actividades humanas que se desarrollan sobre las cotas de inundación, ya que un mal manejo del suelo y de las aguas define un alto riesgo potencial de movimientos en masa y cuya ocurrencia tendría una afectación catastrófica sobre el proyecto y sus actividades operativas, debido al represamiento que podría ocurrir en los cauces de los ríos Zamora, Namangoza o Santiago, de producirse tales eventos. Se incluyen además los sectores de taludes inestables formados durante la etapa constructiva.

Bajo estas consideraciones, la territorialidad de las Área de Influencia Directa (AID) para la etapa de operación del PHS, queda definida por una franja que enmarca las obras lineales y puntuales y embalse del PHS. Esta franja se inicia al Norte, en las colas del embalse sobre los ríos Upano, Paute y Negro, en los puntos de coordenadas P2 UTM X: 807580,55 Y: 9698853,32 a 480 msnm, P17 UTM X: 797031,91 Y: 9700152,99 a 480 msnm, y P14 UTM X: 796272,51 Y: 9696164,11 a 480 msnm; desciende hacia el Sur siguiendo el curso del río Namangoza y delimitada en la parte occidental los linderos definidos para el área de estudio 1 hasta llegar a la confluencia con el río Zamora. Por el sector Oriental esta franja hasta el punto UTM 4 considera los linderos del área de estudio 1 y desde este punto continúa siguiendo el eje vial Patuca – Puerto Morona por la margen izquierda del río Namangoza hasta la confluencia con el río Zamora.

En punto de confluencia el área se extiende hacia el Este enmarcando el río Zamora por los linderos definidos por el área de estudio 1 hasta el punto de coordenadas P8 UTM X: 791842,92 Y: 9660325,41 a 480 msnm, hasta donde llega la incidencia del embalse, aguas arriba de los poblados Rancho Quemado y La Victoria,

De otro lado en el punto de confluencia de los ríos Namangoza y Zamora, la franja del AID continua en dirección Oeste - Este siguiendo el cauce del río Santiago y está delimitada en su margen derecha por los linderos definidos para el área de estudio 1 y en su margen izquierda por el eje vial Patuca – Puerto Morona hasta llegar al límite con el Perú en el punto de coordenadas P5 UTM X: 850484,55 Y: 9667970,39 a 200 msnm.

El área así definida comprende una superficie total de 32.160,42 ha. REF: Mapa AID-002 Área de Influencia Directa; Etapa de Operación



### 10.1.3 Área de influencia indirecta (AII)

Es el área donde se esperan transformaciones y cambios (impactos positivos y negativos) activados, estimulados o inducidos por la ejecución del PH Santiago, y que ha sido diferido espacial o temporalmente fuera del área donde se produjo la implantación del proyecto y sus relaciones sociales directas.

Los impactos de una manera amplia pueden no ser generados de forma exclusiva por el proyecto, pero están vinculados al desarrollo del mismo, y se la analiza para las fases de construcción y operación.

En este espacio territorial, el promotor tendrá la responsabilidad de participar en planes de compensación social y ambiental debido a impactos indirectos que son ocasionados por efecto de la implementación del proyecto.

#### 10.1.3.1 Área de Influencia Indirecta (AII). Etapa de construcción

El Área de Influencia Indirecta (AII) en la etapa de construcción está constituida por el espacio sobre el cual se desarrollan enlaces fundamentalmente de orden socioeconómico, debido a requerimientos propios de este tipo de obras (uso y/o demanda de infraestructura y servicios, demanda/oferta de mano de obra, accesibilidad, etc.); por lo mismo comprende un espacio territorial en el que se observarán los cambios o modificaciones sociales y ambientales derivados de la construcción del proyecto y que aparecen como efectos secundarios y multicausales que tienen que ver con esta fase del proyecto.

El concepto de influencia indirecta está relacionado principalmente por su incidencia geográfica en varios centros poblacionales, de donde el proyecto dependerá para la oferta de bienes y servicios así como la mano de obra requeridos en la etapa constructiva del mismo. El AII así definido, comprende los siguientes cantones y parroquias por demanda que ejercerá el proyecto, de mano de obra y bienes y servicios materiales, de acuerdo al registro de la Tabla 10- 14 y Figura 10- 23. El área así determinada se visualiza en el Mapa: AII-001. Área de Influencia Indirecta - Etapa de Construcción. (742.945,62 has, de las cuales 317,15 ha pertenecen al centro poblado de Macas).

Tabla 10- 14: Origen de mano de obra, bienes y servicios durante la etapa de construcción

BIENES Y SERVICIOS	Cantón	Parroquia
Mano de obra	Méndez	Tayuza
		San Francisco de Chinimbimi
		Chupianza
	Tiwintza	Santiago
	Limón Indanza	Gral. Leonidas Plaza
		Indanza
		San Antonio
		Santa Susana de Chiviaza
		San Miguel de Conchay
	Logroño	Logroño
Sucúa	Sucúa	
Morona	Macas	
Bienes y servicios	Morona	Cabecera cantonal Macas

Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. / Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.



### 10.1.3.2.1 Área de Desarrollo del Proyecto Estratégico (ADPE)

Esta área de influencia está determinada en función de lo dispuesto en el siguiente cuerpo legal:

Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, Capítulo III RÉGIMEN TARIFARIO, Art. 56 Costo del Servicio Público de Energía Eléctrica donde detalla lo siguiente *“Para los generadores de energía eléctrica, a cargo de empresas públicas, el 30% del superávit que se obtenga en la fase de operación comercial será destinado a proyectos de desarrollo territorial en el área de influencia del proyecto...”*

De esta manera, el ADPE responde a la aplicación de la Normativa antes indicada y por tanto representa a la zona donde las actividades económicas y los servicios sociales van a aumentar en los próximos años (vida útil del proyecto), más allá del aumento que ocurriría sin el proyecto, debido al aporte económico que se designa para los gobiernos autónomos.

Su definición toma como base el criterio de jurisdicción territorial o geográfica, es decir una superficie mayor a la que se considera para el AID, y en la que se observarán los cambios o modificaciones sociales y ambientales derivadas de la ejecución del proyecto y que aparecen como efectos secundarios y multicausales que tienen que ver con la fase operativa del proyecto y cuya delimitación corresponde a la delimitación del Área de estudio 2 y del diagnóstico social realizado en la misma.

Esta área se la delimita bajo el criterio de jurisdicción político-administrativa, y por tanto, se incluyen las parroquias y cantones que se encuentran en el entorno inmediato a las obras del proyecto (Área de estudio 2) y cuyo detalle se registra en la Tabla 10- 15 y su distribución espacial se la representa en la Figura 10- 24 y Mapa: AII-002. AII- Etapa de Operación- Área de desarrollo del proyecto estratégico (ADPE).

Tabla 10- 15: Cantones y parroquias del Área de desarrollo del proyecto estratégico

CANTONES	PARROQUIAS
MORONA	Macas
	ALSHI (Cab. en 9 de octubre)
	General Proaño
	San Isidro
	Sevilla Don Bosco
	Sinaí
	Zuñá (Zuñac)
	Cuchaentza
	Río Blanco
LIMON INDANZA	Gral. Leonidas Plaza Gutiérrez
	Indanza
	Sta. Susana de Chiviaza (Cab. en Chiviaza)
	San Antonio (CAB. en San Antonio Centro)
	San Miguel de Conchay
SANTIAGO	Yunganza (Cab. en el Rosario)
	Santiago de Méndez
	Copal
	Chupianza
	Patuca
	San Luis de El Acho (Cab. en el Acho)
	Tayuza
San Francisco de Chinimbimi	



### 10.1.3.2.2 Área de Influencia Indirecta Regional (AIIR)

Bajo este ámbito, el Área de Influencia Indirecta se la define como aquella en la cual el medio actúa sobre las obras del proyecto debido a que incidirá sobre la dotación del servicio ambiental, es decir, en el aporte del recurso hídrico para la generación hidroeléctrica.

El Área de Influencia Indirecta (AIIR), de esta manera concebida, toma en cuenta el criterio contenido en las Guías CONELEC 2005, que al respecto señala: ....toda la cuenca hidrográfica localizada aguas arriba del sitio de captación o del sitio de presa por tener influencia significativa con la cantidad y calidad del agua que llega a la toma o embalse, en relación con el desarrollo urbano y rural, con las derivaciones de agua y con los vertimientos de aguas residuales, con los represamientos y con los usos del suelo, especialmente en lo relativo a las prácticas predatorias de la vegetación y del suelo en general....

Esta área abarca por tanto la cuenca del río Santiago y las cuencas de los ríos Zamora, Namangoza e intercuenca Santiago, las subcuencas y microcuencas aportantes, que incrementan los caudales aprovechables del PHS. Se incluyen en ellas:

- Los principales factores ambientales que afectan el funcionamiento y la vida del proyecto relacionado con el uso de la tierra, el agua y los otros recursos, que pueden causar cambios en la cantidad y calidad del agua.
- Todos los sistemas biológicos y ecosistemas naturales constitutivos en las cuencas y subcuencas han sido identificados y agrupados según su fisonomía, cuyo detalle se encuentra en el numeral 5.1.2.4.1 Ecosistemas terrestres de la Línea Base de este estudio, y que son:

Ecosistemas terrestres:

- Ecosistemas de Bosque
- Ecosistemas de Arbustal
- Ecosistemas de Herbazal

Ecosistemas acuáticos:

- Los drenajes superficiales: ríos y quebradas continentales que fluyen en las cuencas y los bienes y servicios de estos ecosistemas.
- La población que se halla asentada en estos espacios geográfico, con sus tradiciones y prácticas de manejo de la tierra que pueden incidir en la preservación y sustentabilidad del servicio ambiental hídrico y por tanto de la vida útil del proyecto, y que forma parte de las provincias y sus cantones cuyo detalle se registra en la Tabla 10- 16.

Tabla 10- 16: Provincias y Cantones del Área de Influencia Indirecta Regional (AIIR)

PROVINCIA	CANTÓN
AZUAY	Cuenca
	Girón
	Gualaceo
	Paute

PROVINCIA	CANTÓN
	San Fernando
	Santa Isabel
	Sígsig
	Oña
	Chordeleg
	El Pan
	Sevilla de Oro
	Guachapala
	Nabón
CAÑAR	Azogues
	Biblián
	Cañar
	Déleg
CHIMBORAZO	Alausí
	Guamote
LOJA	Loja
	Catamayo
	Saraguro
MORONA SANTIAGO	Morona
	Gualaquiza
	Limón Indanza
	Santiago
	Sucúa
	San Juan Bosco
	Logroño
	Pablo Sexto
	Tiwintza
ZAMORA CHINCHIPE	Zamora
	Nangaritza
	Yacuambi
	Yantzaza
	El Pangui
	Centinela del Cóndor
	Palanda
	Paquisha

Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

Es importante destacar que en esta área de influencia regional, se enmarcan las áreas de influencia de los proyectos hidroeléctricos Paute-Mazar, Paute-Molino y Paute-Sopladora.

REF: Mapa: AII-002. AII – Etapa de Operación – Área de Desarrollo de proyectos estratégicos.

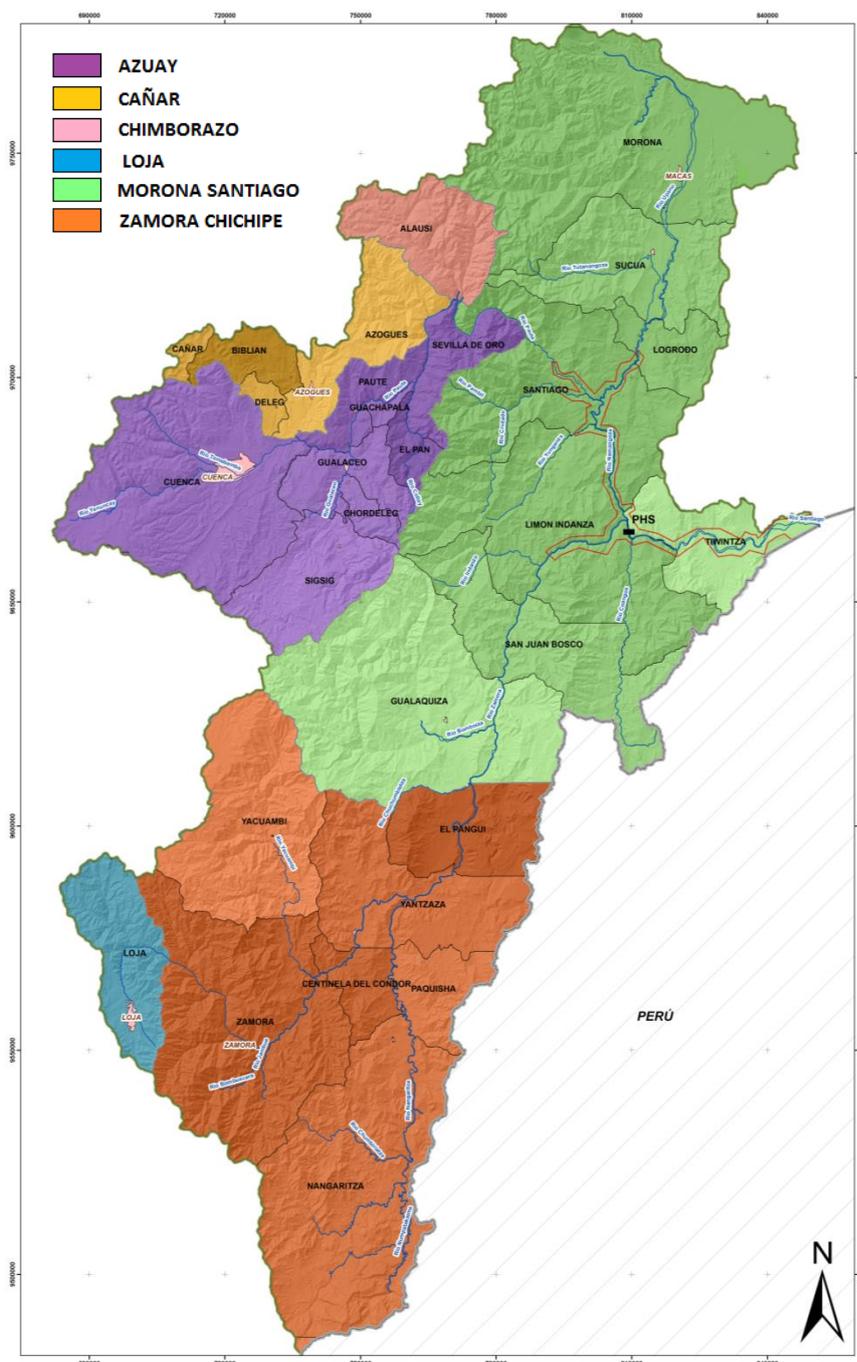


Figura 10- 25: Área de Influencia Indirecta (AIIR). Etapa de Operación  
Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

En este espacio geográfico el promotor ejecutará las acciones tendientes a compensar ecológicamente el servicio ambiental recibido mediante su participación en el manejo de los ecosistemas naturales de los cuales depende su operatividad y además cumpliendo con lo dispuesto en la Ley del Sector Eléctrico CAPÍTULO V. DE LOS PROCEDIMIENTOS Y REQUISITOS AMBIENTALES PARA CONCESIONES, PERMISOS O LICENCIAS. Sección IV. De los permisos previos para realizar actividades en áreas especiales

Art 43. Manejo de cuencas hidrográficas.

Las personas naturales o jurídicas, que cuenten con una concesión, permiso o licencia

otorgada por el CONELEC para la generación hidroeléctrica, observarán las disposiciones establecidas en el plan de manejo de la cuenca hidrográfica aportante, con el fin de preservar la calidad y cantidad del recurso hídrico, cuyo estudio y/o ejecución le corresponderá coordinar e impulsar con las entidades competentes, a través de un proceso participativo.

En igual forma, los interesados observarán las disposiciones establecidas en los planes de manejo de cada una de las zonas localizadas dentro del Patrimonio Nacional de Áreas Naturales Protegidas, del Patrimonio Forestal del Estado o de los Bosques y Vegetación Protectores.

## 10.2 Determinación de Áreas Sensibles

### 10.2.1 Aspectos conceptuales

**Áreas sensibles**, son superficies del área de estudio donde deben adoptarse medidas específicas o evitarse determinadas actividades (Acuerdo No. 006-MAE).

El análisis de sensibilidad ambiental permite establecer el vínculo entre las características del medio y los efectos de las intervenciones antrópicas, a través de la interpretación de las características de fragilidad o sensibilidad de las diferentes variables ambientales analizadas en el presente estudio.

El análisis de sensibilidad por tanto:

- Permite evaluar la susceptibilidad del medio a la implementación de actividades humanas.
- Brinda información sobre el diferente grado de restricción a la intervención que presenta una determinada área.
- Se realiza a partir de la información plasmada en la caracterización de los medios, donde se seleccionan a las variables sobre las cuales las acciones del proyecto pueden tener mayor incidencia.
- Se identifican áreas que requieren atención especial (alta sensibilidad) así como aquellas que requieren atención mínima (baja) pasando por áreas que requieren atención media (media).

### 10.2.2 Metodología para definir Áreas Sensibles en el PH Santiago

La sensibilidad ambiental es, necesariamente, un concepto global, pero sus características y su magnitud dependen de varios tipos de sensibilidad, que para los fines operativos del proyecto se la analiza desde la óptica de las múltiples disciplinas que conforman el análisis ambiental integral en el área de estudio. De esta manera, se caracterizan:

- Áreas de sensibilidad física y de amenazas o peligros naturales
- Áreas de sensibilidad biótica
- Áreas de sensibilidad socioeconómica
- Áreas de sensibilidad arqueológica

Cabe señalar que temáticas tales como: geodinámica, sismicidad, torrencialidad y arqueología, disponen de metodologías elaborados para definir la sensibilidad, y por tanto, se ha procedido a aplicar aquellas más adecuadas a las condiciones de la zona de estudio. En cambio, para el resto de temáticas, al no existir metodologías para el efecto, se ha procedido a estructurar una metodología basada en la información existente y en las condiciones del proyecto y del área bajo estudio, la misma que se la describe a continuación.

### Pasos metodológicos

Cuatro pasos metodológicos se cumplen para establecer la sensibilidad ambiental:

1. Selección de indicadores
2. Definición de criterios de evaluación de los indicadores
3. Categorización de sensibilidad
4. Cartografía de sensibilidad

#### *1. Selección de indicadores*

Consiste en identificar y seleccionar los indicadores que permitan evaluar la sensibilidad, considerando las características de los medios físico, biológico y socioeconómico-cultural en el área bajo análisis.

Estos INDICADORES se definen a partir de la información obtenida en la línea base ambiental y permiten interpretar las condiciones de sensibilidad ante acciones antrópicas.

La selección de indicadores requiere el que reúnan los siguientes requisitos:

- Que se puedan monitorear
- Que sean medibles
- Que representen tendencias significativas
- Que sean precisos y no-ambiguos, para que sean claramente definidos y entendidos de igual manera por diferentes actores
- Que estén dirigidos a evaluar las condiciones específicas del estudio
- Que sean susceptibles de muestreo-evaluación por no-especialistas, incluyendo a los usuarios o comunidades locales
- Que sean consistentes (que sigan midiendo lo mismo a lo largo del tiempo)

Debido a la naturaleza del presente estudio, se añaden como requisitos adicionales:

- Que estén disponibles (que existan datos sobre el indicador)
- Que sean cartografiables (capaces de ser ubicados y representados en un mapa en forma de polígonos y georreferenciados)
- Que sean apropiados a la escala de trabajo del estudio.

## 2. Valoración de indicadores

La evaluación de los indicadores para definir la sensibilidad se basa en establecer la correspondiente medición cuali-cuantitativa del territorio analizado (unidad de análisis) frente al proyecto y/o evento natural anómalo, lo cual depende de las condiciones o estado de situación ambiental del área y se lo realiza mediante la estratificación en rangos de valoración que establece una mayor o menor vulnerabilidad o susceptibilidad frente a una posible intervención antrópica.

Para cada indicador se conforman estratos con valores de 1 a 3; se asigna el mayor valor (3) a las situaciones de mayor vulnerabilidad mientras que el menor valor (1) se asigna a las situaciones de menor vulnerabilidad.

## 3. Categorización de sensibilidad

Posteriormente, para establecer la categoría de sensibilidad en las áreas bajo análisis, se procede a la sumatoria de los puntajes parciales asignados a cada indicador en el proceso de evaluación. Tomando en cuenta que el máximo valor de puntaje en la sumatoria es de 9, se procede a conformar 3 categorías de sensibilidad cuyos rangos de puntaje son los siguientes:

<u>Categoría</u>	Puntaje
ALTA	7 - 9
MEDIA	4 - 6
BAJA	3

## 4. Cartografía de Áreas Sensibles

Como última etapa del proceso, la sensibilidad ambiental es representada cartográficamente en mapas de sensibilidad como resultado de la aplicación de técnicas de análisis espacial (overlay), que consiste en la superposición de capas de información cartográfica de los indicadores utilizados en el proceso y en la que se aplica una simbología cromática representada por un gradación de colores que determinan los grados de sensibilidad: Alta (rojo), Media (anaranjado) y Baja (verde).

Tabla 10- 17: Grados de sensibilidad ambiental

CATEGORIA DE SENSIBILIDAD	PUNTAJE	REPRESENTACIÓN CROMATICA
BAJA	3	
MEDIA	4-6	
ALTA	7-9	

Fuente y Elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

La cartografía de Áreas Sensibles sirve posteriormente como herramienta para definir sitios de emplazamiento de instalaciones e infraestructura, etc., y asimismo permite visualizar las zonas en las que las medidas de protección ambiental deben intensificarse.

### 10.2.3 Descripción y caracterización de Áreas Sensibles

#### 10.2.3.1 Áreas de sensibilidad física y de amenazas naturales

Corresponden a las áreas sensibles a eventos naturales anómalos o inducidos, que podrían provocar afectaciones durante las actividades constructivas u operativas del proyecto; debiendo por tanto, considerarse las medidas tendientes a prevenir y evitar daños al ambiente y a la infraestructura a instalarse. Estas son:

- Sensibilidad geodinámica
- Sensibilidad a actividad sísmica
- Sensibilidad a actividad volcánica
- Sensibilidad a eventos torrenciales
- Sensibilidad atmosférica

##### 10.2.3.1.1 Sensibilidad geodinámica

Para la determinación de las zonas de amenaza o susceptibilidad geodinámica existen varios modelos, cada cual con un nivel de complejidad y detalle, cuya selección depende del tipo y calidad de datos disponibles, así como de utilidad de la información generada para la toma de decisiones.

Uno de los modelos más utilizados es el denominado Método Mora-Vahrson- Mora, que comprende una metodología para el estudio de la susceptibilidad a deslizamientos (Mora Chinchilla, 2004), permitiendo establecer los sectores con potencial a presentar deslizamientos. Este método se lo utiliza para realizar el análisis de sensibilidad a amenazas geodinámicas y se lo describe a continuación.

##### Modelo de Mora- Vahrson- Mora (MVM)

Este método permite obtener una zonificación de la susceptibilidad del terreno a deslizarse, mediante la combinación de la valoración y peso relativo de diversos indicadores morfodinámicos, la cual es sencilla de implementar en un sistema de información geográfica (SIG). (Mora Chinchilla, 2004). El método presenta un modelo para el análisis de la amenaza relativa de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos, teniendo como fin la definición y jerarquización de posibles áreas críticas, por medio de una estimación semiprobabilística del potencial de deslizamientos (Ramírez Navas , 2006).

La metodología requiere un inventario de laderas inestables, que consiste en identificar y cartografiar todos los indicios de inestabilidad del terreno (es decir un análisis morfológico). Aunque la metodología no involucra dentro de sus parámetros, el uso del suelo ni la intervención antrópica, es útil para conocer las áreas que, aún sin intervención del hombre, representen una amenaza natural. Sin embargo, debido a la facilidad del método, éste puede ser modificado según los criterios de especialistas.

La esencia de la metodología se halla en la combinación de factores intrínsecos de susceptibilidad, tales como el relieve relativo, las condiciones litológicas y la humedad

natural del suelo. La calificación de dichos factores se establece en términos de susceptibilidad a los deslizamientos (movimientos en masa), en el caso de los primeros, y de favorabilidad para la ocurrencia de los mismos en el caso de factores detonantes, siendo mayor el puntaje para las condiciones de mayor susceptibilidad y para las de mayor favorabilidad en la ocurrencia de movimientos en masa. La formulación matemática del método se resume en la siguiente expresión (González, 2005):

$$A_d = (R_r \times L \times H)$$

Donde:

$A_d$ , es el índice de amenaza relativa por deslizamiento

$R_r$ , es el índice de relieve relativo

L, es el índice de influencia de la litología

H, es el índice relacionado con la humedad del suelo

Como se puede notar, la ecuación del cálculo de amenaza relativa, es muy sencilla, razón de lo cual los factores utilizados en el cálculo, en algunos casos pueden ser modificados, para un mejor resultado específico.

Así, para el presente caso, se tiene la inclusión del ángulo de la pendiente del terreno en sustitución del índice de relieve relativo y la consideración adicional de los parámetros de resistencia cortante del suelo dentro del parámetro de susceptibilidad litológica.

Los criterios de valoración de los parámetros del modelo son los siguientes:

- *Susceptibilidad litológica:* la geología es una de los principales variables ambientales que intervienen en la estabilidad de las laderas o taludes. Esta puede ser valorada a partir de varias propiedades como: composición mineralógica o tipo de material (roca o formaciones superficiales), textura, estructura, grado de meteorización y grado de fracturamiento. Los tipos de suelos y rocas juegan un papel preponderante en el comportamiento dinámico de las laderas.

Tabla 10- 18: Evaluación litológica del MVM, en base de características generales

Litología	Características físico mecánicas típicas	Cualificación	Valor Parámetro SI
Aluvión grueso, permeable, compacto, nivel freático. Calizas duras permeables. Rocas intrusivas, poco fisuradas, bajo nivel freático. Basaltos, andesitas, ignimbritas.	Sanos con poca o ninguna meteorización, resistencia al corte elevada, fisuras sanas sin rellenos.	Bajo	1
Rocas sedimentarias no o muy poco alteradas, poco fisuradas, Rocas intrusivas, calizas duras.	Resistencia al corte media a elevada, fracturas cizallables.	Moderado	2
Rocas sedimentarias, intrusivas, lavas, ignimbritas, tobas poco soldadas, rocas metamórficas mediana a fuertemente alteradas niveles freáticos relativamente altos.	Resistencia al corte moderada a media, fracturación importante	Medio	3

Litología	Características físico mecánicas típicas	Cualificación	Valor Parámetro SI
Aluviones fluvio lacustres, suelos piroclásticos poco compactado, rocas fuertemente alteradas.	Resistencia a la corte moderada a baja.	Alto	4
Materiales aluviales, coluviales de muy baja calidad mecánica, rocas con estado de alteración avanzado, drenaje pobre. Se incluyen los casos 3 y 4 con niveles freáticos muy someros, sometidos a gradientes hidrodinámicos elevados.	Resistencia al corte muy baja, materiales blandos con muchos finos.	Muy Alto	5

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

La evaluación de este parámetro puede realizarse según las sugerencias de los autores, dadas en la Tabla 10- 18.

- *Humedad del terreno*: el término humedad se emplea con mayor frecuencia dado que en él se implican las interacciones del ciclo hidrológico y no solamente la precipitación, aunque generalmente las variaciones de humedad en el tiempo están básicamente correlacionadas con la lluvia.

La humedad del terreno es un factor de consideración, puesto que a través de la percolación se pueden crear altas condiciones de presiones de poros en el suelo y rocas; generalmente se producen movimientos de masas de tierra durante el período de lluvia como resultado de torrenciales precipitaciones en suelos o rocas meteorizadas y poco estables.

Ante la imposibilidad de disponer de medidas directas en campo, se determina la humedad por medio de balances hídricos estimativos. Mora y Vahrson proponen una metodología para simplificar dichos balances, al punto de solo requerir información de la evapotranspiración y la precipitación promedio mensual. Los pasos a seguir son los siguientes (Ramírez Navas , 2006):

Categorizar los promedios mensuales de precipitación (sobre todo el registro de datos) según la clasificación presentada en la Tabla 10- 19. Sumar los doce valores asignados a cada mes en una estación, obteniendo un valor acumulado entre 0 y 24. Luego este valor acumulado se clasifica en uno de los cinco grupos presentados en la Tabla 10- 20.

Tabla 10- 19: Calificación de los promedios mensuales de precipitación máxima

Precipitación promedio (mm/mes)	Valor asignado
< 125	0
125 - 250	1
> 250	2

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

En la Tabla 10- 19 se presenta la calificación original de los promedios mensuales máximos de la precipitación, la misma que indica que toda la zona de estudio tiene un valor asignado de 2 pues la precipitación promedio en el área de estudio supera los 250 mm/mes.

Adicionalmente debe determinarse el valor de la evapotranspiración promedio mensual en la zona de estudio, ya es este valor el que marca los límites en las clases de la Tabla 10-20, con el objeto de que la clasificación se haga referida al área de estudio.

Tabla 10- 20: Calificación del factor de humedad

Valor acumulado	Calificativo	Valor del parámetro de humedad
0 – 4	Muy bajo	1
5 – 9	Bajo	2
10 – 14	Medio	3
15 – 19	Alto	4
20 - 24	Muy Alto	5

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

Es de aclarar que la concepción de Mora y Vahrson, es calificar con cero una lluvia mensual cuando ésta es menor a la evapotranspiración promedio, calificarla con 1 cuando se encuentra entre una y dos veces la evapotranspiración promedio mensual y calificarla con 2 cuando es mayor de dos veces la evapotranspiración promedio mensual. Aplicando lo anterior, se obtiene una calificación entre 0 y 2 para cada mes del año. Una vez calificados todos los meses del año, se suman los valores para obtener el valor acumulado del año, que es el dato con el cual se califica la humedad. En la Tabla 10- 20 se presenta la calificación original del factor de humedad.

- *Pendiente del terreno:* la geometría de las laderas y por ende su pendiente son factores determinantes en la estabilidad general de las mismas ya que su inclinación está asociada directamente con el aumento del esfuerzo cortante, sin embargo, esto no excluye la posibilidad de que pudieran generarse deslizamientos en zonas de pendientes suaves.

En la Tabla 10- 21 se muestra la clasificación ampliamente difundida (en región) para la elaboración y categorización de mapas de pendientes.

Tabla 10- 21: Clasificación de pendiente

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)	Criterio
Muy Bajo	0 a 5% (0 a 8,5 grados)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que pueden ocurrir deslizamientos
Bajo	15 a 30% (8,5 a 16,7 grados)	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades.
Medio	30 a 50% (16,7 a 26,6 grados)	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Alto	50 a 100% (26,6 a 45 grados)	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)	Criterio
		ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
Muy Alto	Más del 100% (más de 45 grados)	Laderas con zonas de falla, meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurran

Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

### **Clasificación del método MVM para la sensibilidad en el PHS**

Tomando en cuenta las características del proyecto y la disponibilidad de información, se realizaron modificaciones al método inicial de MVM. Las modificaciones realizadas y la justificación técnica se aclaran a continuación:

Un parámetro que no está incluido en el método MVM es la geomorfología, sin embargo ésta, para el presente caso tiene una resolución y detalle muy bueno para ser eliminado del análisis. Además, la información geológica está dada por las formaciones geológicas y no tiene un nivel de litología, pero la información de geomorfología tiene algunos parámetros los cuales están relacionados de una u otra manera con la litología de la zona. Debido a que, el método MVM puede tener modificaciones en función de los criterios del técnico y la disponibilidad de información, se tomó la decisión de incluir este parámetro dentro del análisis ejecutado.

El análisis de amenazas se realiza para dos escenarios, uno sin la implementación del dique y otra después del llenado del dique hasta la cota de 453 msnm, ya que es importante saber las zonas con mayor sensibilidad tanto para la situación actual como después de la ejecución del proyecto.

#### ***Análisis de amenazas en la situación actual (sin dique)***

Los parámetros a ser utilizados para este análisis son los siguientes:

- Litología (a nivel de formaciones geológicas)
- Morfología
- Pendiente

Como se puede observar entre los parámetros no está incluido el factor de la humedad de suelo, eso se debe a que la precipitación de la zona es demasiado alta y si sería incluido este parámetro con los criterios descritos en el Capítulo 03 Línea Base Área de estudio 1, Geomorfología, tomaría el valor máximo para todo el área de estudio, ya que esta es una zona donde siempre existe un alto grado de humedad en los suelos; por ende, para el presente caso no constituye un parámetro esencial.

#### Clasificación litológica

Esta clasificación fue realizada en base de la composición litológica de las formaciones geológicas establecidas en el estudio (la composición litológica de las formaciones esta descrita en el capítulo 5.3 Línea Base Área de estudio 1, Geología), en el Mapa AFG-001 Geología Área 1, a escala 1:25.000 y los criterios indicados en el mismo capítulo.

Los resultados de las clasificaciones correspondientes a las formaciones geológicas establecidos en el estudio, ante susceptibilidad geodinámica se muestran en la Tabla 10-22.

Tabla 10- 22: Clasificación litológica de las formaciones ante susceptibilidad geodinámica

FORMACIONES	CLACIFICACION	VALORACION
Diques	Muy Bajo	1
Formación Napo	Bajo	2
Batolitos de Zamora	Mediana	3
Formación Hollín	Mediana	3
Formación Mera	Alta	4
Formación Santiago	Alto	4
Deposito Aluvial	Muy Alta	5
Depósito de Talud	Muy Alta	5
Suelo Residual	Muy Alto	5

Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

### Clasificación morfológica

La clasificación geomorfológica ante susceptibilidad geodinámica, está realizada en base de conocimientos y experiencia de los técnicos encargados de la temática; los resultados se muestran en la Tabla 10- 23.

Tabla 10- 23: Clasificación geomorfológica ante susceptibilidad geodinámica

GEO FORMAS	CLASIFICACION	VALORACION
Planicie Aluvial	Muy Bajo	1
Meseta Baja	Muy Bajo	1
Meseta Alta	Bajo	2
Ladera Suave	Bajo	2
Meseta Intermedia	Bajo	2
Vértice Ondular	Mediano	3
Vértice Irregular	Mediano	3
Ladera Moderada	Mediano	3
Masa Deslizada	Alto	4
Coluvión	Alto	4
Zona Escarpada	Alto	4
Ladera Fuerte	Alto	4
Masa Deslizada Irregular	Muy Alto	5

Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

### Clasificación de pendiente

Tomando en cuenta que para una geoforma establecida en el estudio de geomorfología, puede haber varias pendientes, para representar estos valores con solo un valor

representativo para la geoforma, se tomó la decisión de utilizar el valor medio de las pendientes.

Una vez establecido el valor medio de pendiente para cada geoforma, se procesa a la clasificación de los mismos para su susceptibilidad ante movimientos geodinámicos. Esta clasificación se realizó en base de la Tabla 10- 21.

### **Análisis de amenazas después del llenado (con dique)**

Los parámetros a ser utilizados para este análisis son:

- Morfología
- Litología (a nivel de formaciones geológicas)
- Pendiente
- Humedad del suelo

Como se puede observar, la diferencia con el caso anterior es que, en este análisis si se considera el parámetro de humedad del suelo. El incremento de este factor está justificado por el aumento del nivel de agua por el embalse lo cual va a generar un aumento del nivel freático, además de ello, algunas zonas van a quedar bajo el agua y no van a presentar amenazas geodinámicas.

Para poder clasificar este parámetro, se calculó el porcentaje de área de cada geoforma que estará bajo el agua en relación del área total de la geoforma, utilizando el criterio, de si la geoforma está completamente o casi completamente sumergida no va a presentar amenazas, y por el contrario, si esta geoforma queda en el borde del embalse se va a generar un mayor grado de susceptibilidad a fenómenos geodinámicos.

De esta manera en la Tabla 10- 24 se puede observar los rangos establecidos por la susceptibilidad relacionados con el aumento de la humedad y cambio en los patrones de niveles freáticos, provocados por el llenado del embalse.

Tabla 10- 24: Clasificación del aumento de humedad en función del área sumergida

<b>PORCENTAJE DEL ÁREA BAJO EMBALSE</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>VALORACION</b>
80 – 100	Muy Bajo	1
60 – 80	Bajo	2
40 – 60	Mediano	3
0 – 20	Alto	4
20 - 40	Muy Alto	5

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

Los otros parámetros utilizados son los mismos que los descritos para del caso anterior (sin dique).

## Resultados del Método MVM

### Sin dique

Mediante plataforma GIS se realizó el procesamiento de cálculo de amenazas, para cada geoforma. En la Figura 10- 26 y Mapa: SBS-001. Área 1 Sensibilidad geodinámica (peligrosidad a deslizamientos- situación sin dique), se muestra el resultado gráfico de este análisis.

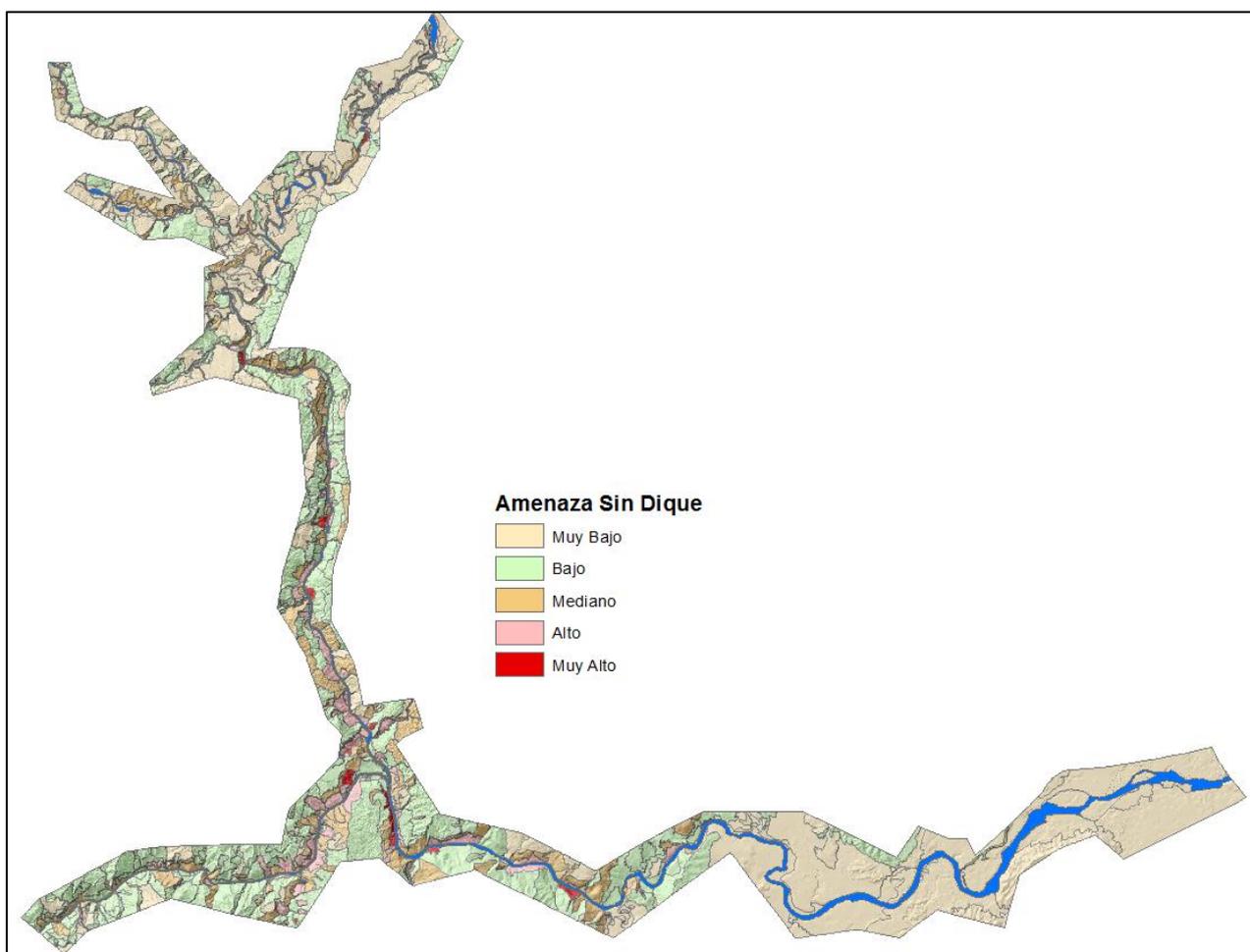


Figura 10- 26: Resultado de la zonificación de amenazas sin dique

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

Para establecer los límites entre cada rango, se halló el valor máximo y el valor mínimo de los resultados obtenidos después de la multiplicación. Posteriormente, el producto de la resta de estos valores se dividió al número de rangos establecidos (en este caso 5), la expresión utilizada se muestra a continuación:

$$\text{Límites entre rangos} = \frac{\text{Max} - \text{Min}}{N}$$

Dónde:

Max – es el valor máximo obtenido en el procesamiento descrito

Min - es el valor máximo obtenido en el procesamiento descrito

N – Es el número de rangos a utilizar (en este caso es 5)

Analizando el mapa de sensibilidad, se puede observar que en la zona de ubicación del PHS, está marcada como zona con amenaza muy alta (Figura 10- 27). Sin embargo, como se indicó anteriormente, este método es indirecto y no necesariamente esta zona corresponde a un área inestable debido a la escala de trabajo; además, cabe resaltar que la zona alrededor del PHS con una amenaza Muy Alta, corresponde a un depósito (marcado como coluvión), y la potencia del mismo es baja por lo cual con las labores de limpieza para las obras se eliminará la mayor parte del material que ha propiciado esta clasificación.

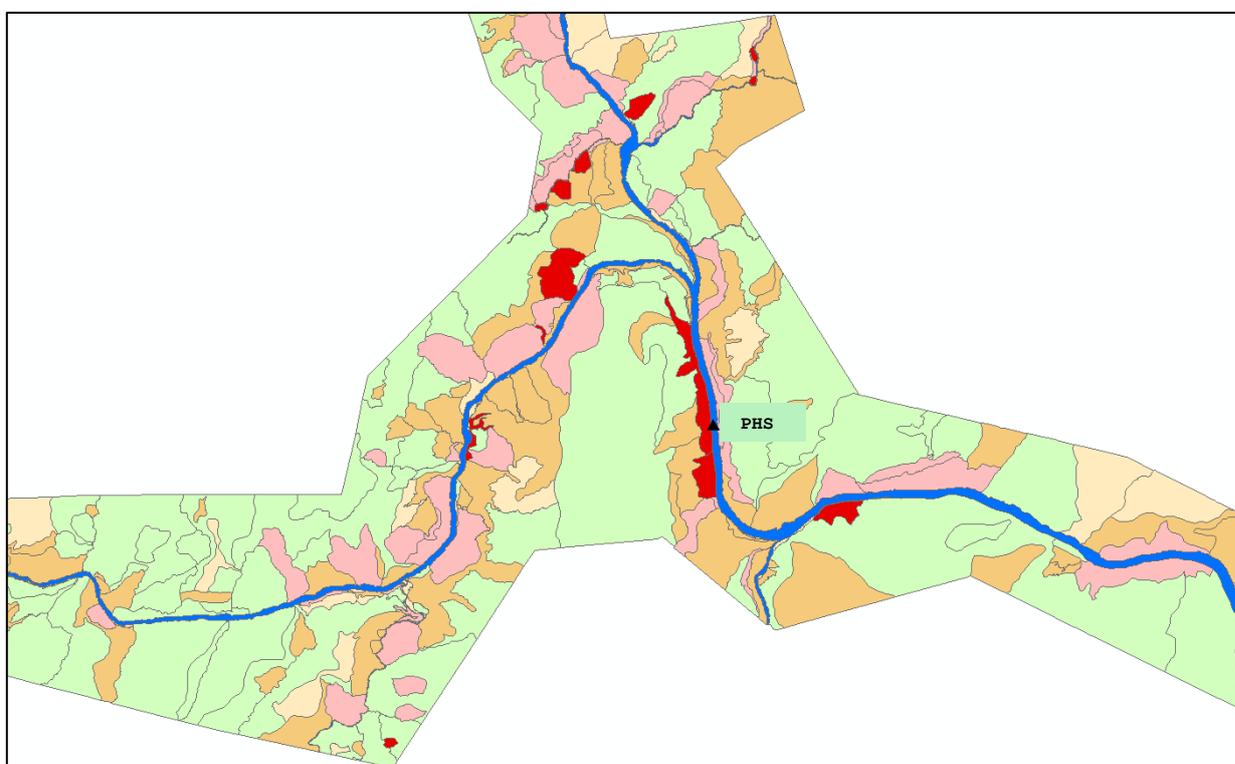


Figura 10- 27: Énfasis de la zona PHS, sin el llenado del dique

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

En general la zona de análisis, tiene bajo porcentaje de amenaza muy alta, más bien el porcentaje mayor está dado por el amenaza muy baja. El análisis cuantitativo de áreas para cada rango de amenazas y sus relaciones porcentuales se muestran en la Tabla 10- 25.

Tabla 10- 25: Análisis de áreas y sus relaciones porcentuales sin el llenado del dique

GRADO DE AMENAZA	AREA (km2)	AREA (%)
Muy Bajo	162,88	43,02
Bajo	128,48	33,93
Mediano	46,8	12,36
Alto	15,97	4,22
Muy Alto	2,6	0,69
Otros	21,91	5,79
<b>TOTAL</b>	<b>378,6</b>	<b>100,0</b>

Fuente: ACOTECNIC. CÍA. LTDA.  
Elaborado por: ACOTECNIC. CÍA. LTDA.

### Con embalse

Al igual que en el caso anterior, después de aplicar los criterios correspondientes y un procesamiento en GIS, se obtuvo el resultado mostrado en la Tabla 10- 26 y Mapa: SBS-002. Área 1. Sensibilidad geodinámica (peligrosidad a deslizamiento- situación con dique)

Tabla 10- 26: Análisis de áreas y sus relaciones porcentuales con el llenado del dique

GRADO DE AMENAZA	AREA (km2)	AREA (%)
Muy Bajo	169.22	44.69
Bajo	127.74	33.74
Mediano	40.8	10.78
Alto	15.11	3.99
Muy Alto	3.87	1.02
Otros	21.90	5.78
<b>TOTAL</b>	<b>378.64</b>	<b>100.00</b>

Fuente: ACOTECNIC. CÍA. LTDA.  
Elaborado por: ACOTECNIC. CÍA. LTDA.

De igual manera, en la Figura 10- 28, se visualiza la zona del PHS con un enfoque, donde se puede observar que la zona crítica para el caso anterior se disminuye su grado de amenaza, mientras que la margen izquierda presenta el grado más crítico de amenaza.

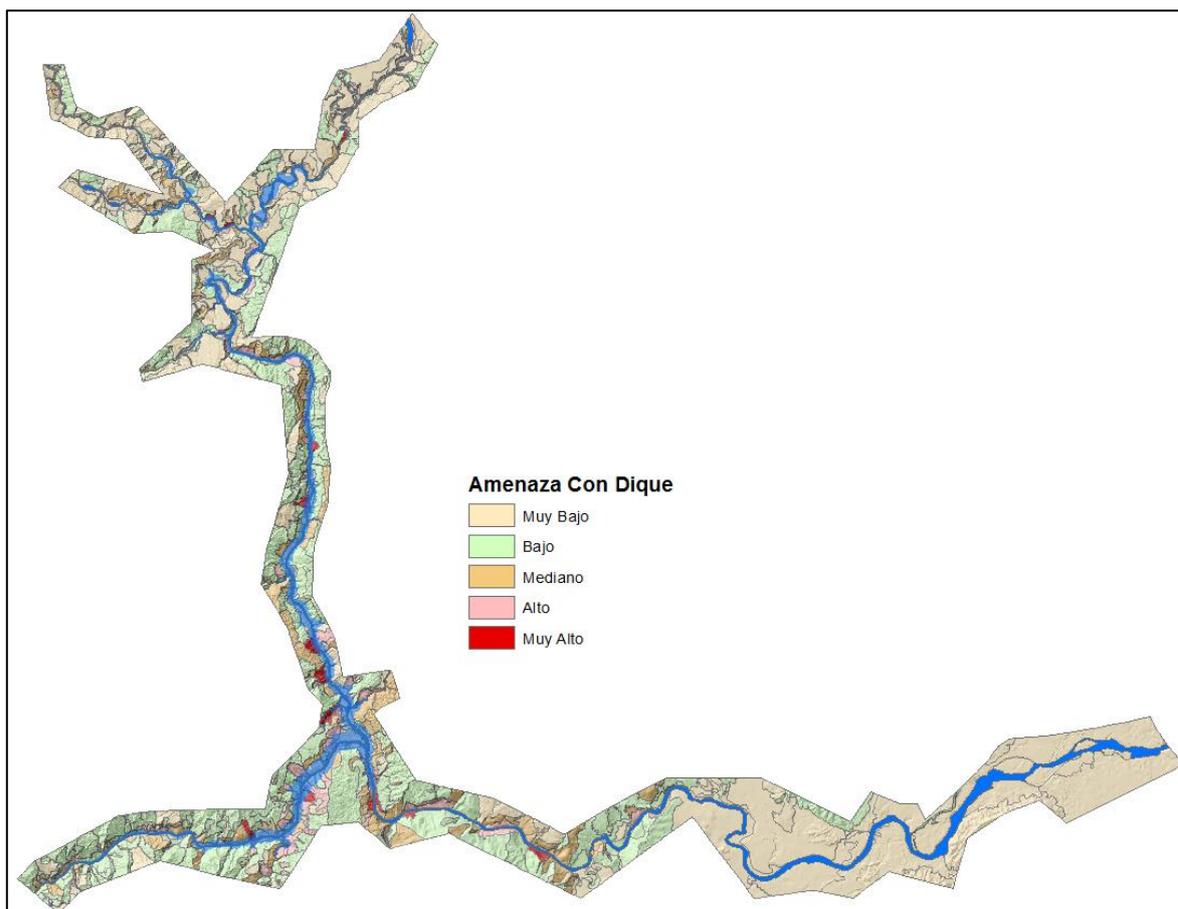


Figura 10- 28: Resultado de la zonificación de amenazas con dique

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

En la Figura 10- 29 se registran las áreas y sus relaciones porcentuales para cada rango. Como se puede notar, el grado de amenaza más alta asciende ligeramente, pero el porcentaje más alto la exhibe la zona con peligro muy bajo.

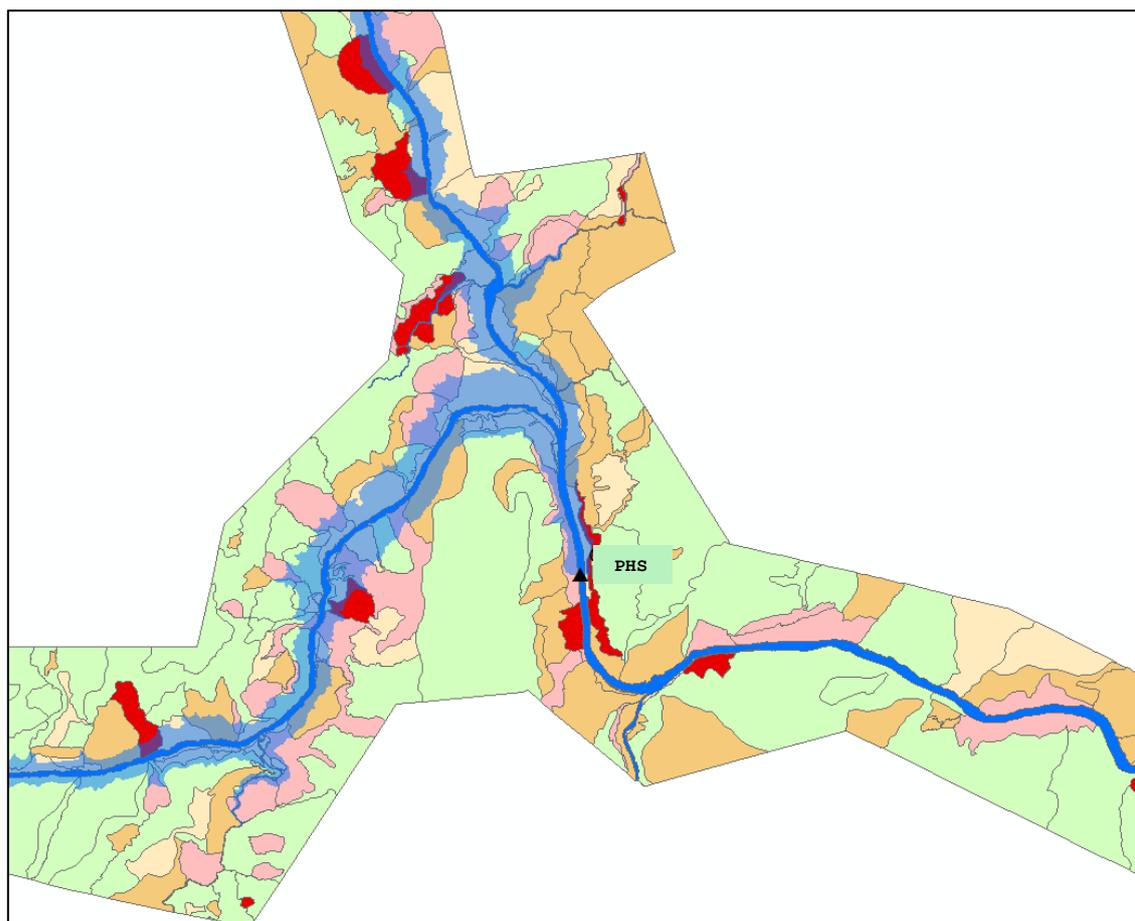


Figura 10- 29: Énfasis de la zona PHS, con el llenado del dique  
Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

### **Análisis de los resultados del modelo MVM**

Como se indica anteriormente, la diferencia entre un aumento de amenazas muy altas entre la situación actual (sin dique) y después del llenado (con dique) es mínima, 0,35%; eso se debe que las zonas más críticas corresponden a sectores adyacentes al cauce del río, y por ende en algunas casos, las zonas críticas quedan cubiertas por el agua y disminuyen su grado de sensibilidad; mientras que de otro lado, existen zonas de material colgado, más altas del cauce las cuales se vuelven ser críticas por el aumento del nivel freático y la saturación de su base.

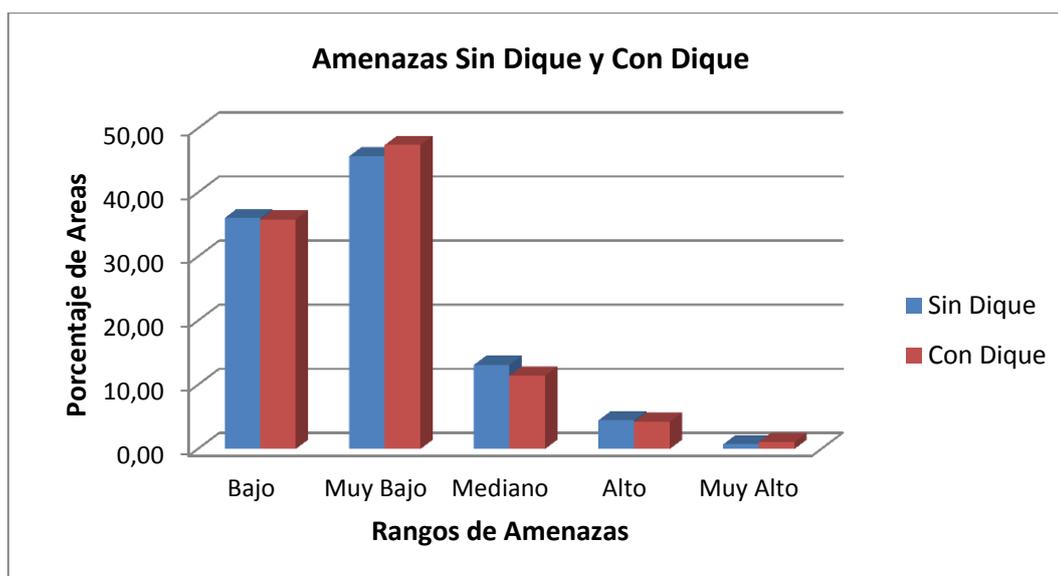


Gráfico 10- 1: Relación entre amenazas sin el llenado y con el llenado del dique

En el Gráfico 10- 1 se muestra gráficamente los resultados porcentuales obtenidos y registrados en la Tabla 10- 25 y Tabla 10- 26. En este gráfico se observa claramente la mínima diferencia entre las amenazas.

Llaman la atención y requieren un mayor enfoque las siguientes zonas: la margen izquierda del río Santiago, en la zona de cierre del dique PHS y las zonas de amenazas altas del margen derecho del río Namangoza aguas arriba del PHS Figura 10- 29.

La zona situada aguas abajo del PHS, no presenta amenazas geodinámicas, más bien estas amenazas están relacionadas con la regulación hidrológica que va a generar el dique.

## Conclusiones

- Aunque en el mapa de sensibilidad geodinámica, la zona del cierre PHS está marcada como de amenaza muy alta, sin embargo, este es un material sedimentario correspondiente a las terrazas de la formación Mera y no tiene una potencia considerable, por lo que es fácilmente controlable ya que en la etapa constructiva estos materiales deberán ser retirados, a fin de dejar áreas estables rocosas para el emplazamiento de las obras del proyecto.
- La diferencia entre los rangos de sensibilidad con el llenado del dique y sin el llenado es mínima, ya que la mayoría de las zonas críticas quedan cubiertas con por el agua, disminuyendo así el grado de amenaza.
- En el mapa de sensibilidad con el llenado del dique, aparecen algunas zonas críticas considerables, tal el caso de la margen derecha del río Namangoza.
- Finalmente, se puede concluir que la zona no presenta mayores riesgos geológicos; las amenazas actuales no presentan mayor dificultad para su control.

### 10.2.3.1.2 Sensibilidad a actividad sísmica

Corresponden a las áreas vulnerables a daños por efecto de eventos sísmicos. Para

analizar la sensibilidad sísmica en el área de obras del PH Santiago se utiliza la información obtenida para el proyecto en el ESTUDIO DE PELIGRO SÍSMICO, CFE, 2014, que consiste en establecer las posibles fuentes sísmicas que afectan al área de estudio, determinar los parámetros sísmicos de cada fuente y finalmente obtener los espectros de peligro por los métodos probabilista y determinista. Los resultados se esquematizan a continuación.

### Estudio de peligro sísmico. Metodología probabilista

A partir de los trabajos de Esteva, (1967) y Cornell (1968), es posible obtener el peligro sísmico <sup>(1)</sup> en términos de la tasa de excedencia para diferentes intensidades de la variable de interés. En el presente trabajo la variable será la aceleración de osciladores de un grado de libertad con periodo de vibrar  $T_0$  y coeficiente de amortiguamiento crítico  $\xi$ . De esta manera

$$v_i(a) = \int_{R_0}^{R_u} \int_{M_0}^{M_u} \lambda_0 p_M(M) p_R(R) \Pr(S > a | M, R) \partial R \partial M$$

Donde  $v_i(a)$ , es la tasa de excedencia de la intensidad  $a$  para la fuente  $i$ ;  $p_M(M)$  y  $p_R(R)$  son las funciones de densidad de probabilidad de la magnitud y distancia, respectivamente.  $\Pr(S > a | M, R) \partial M \partial R$ , es la probabilidad de que la intensidad  $S$  exceda el valor de  $a$ , por la ocurrencia de un sismo de magnitud  $M$  y distancia  $R$ . Los límites de integración corresponden a la magnitud y distancia mínima  $M_0$  y  $R_0$ , así como a la magnitud como a la distancia máxima  $M_u$  y  $R_u$ , respectivamente. La tasa total de excedencia de la intensidad  $a$  para un número de fuentes  $N$ , se calcula como de la siguiente manera:

$$v(a) = \sum_{i=1}^N v_i(a)$$

Cuando la variable de interés tiene una distribución de probabilidad log-normal, la probabilidad se obtiene de:

$$\Pr(S > a | M, R) = \Phi \left[ \frac{1}{\sigma} \ln \frac{A(M, R)}{a} \right]$$

Donde  $\Phi[\cdot]$  es la distribución normal estándar,  $A(M, R)$  representa la mediana de la intensidad de interés que se obtiene de la relación de atenuación para el sismo de magnitud  $M$  a una distancia  $R$  y  $\sigma$  la desviación estándar del logaritmo natural de  $A(M, R)$ . Para los

<sup>(1)</sup> Suele utilizarse de manera indistinta la palabra peligro y riesgo para referirse al estudio de las tasas de excedencia  $v_i(a)$ . Sin embargo, cada vez es más frecuente el uso de la palabra peligro, ya que riesgo suele asociarse a problemas que involucran más bien la vulnerabilidad de las estructuras.

interesados en el tema, mayor *información* relacionada con el peligro sísmico puede consultarse en McGuire (2008).

### Fuentes sismogénicas

La zona sismogénica puede ser definida como una región geográfica con condiciones geológicas, geofísicas y sismológicas similares en la que se asume un potencial sísmico homogéneo (Orozco, 2003).

Por las características sismotectónicas del territorio ecuatoriano, las fuentes sismogénicas se pueden agrupar en dos tipos: El primero se relaciona con la subducción de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana, la cual podemos dividir en dos grupos, el primero asociado a sismos superficiales y de mecanismo focal inverso, frente a las costas ecuatorianas (Interface); el segundo, relacionado con sismos intermedios o profundos a medida que se introduce hacia el continente, cuyos mecanismos focales son del tipo normal (Inslab).

Para fines de cálculo, se han seleccionado las zonas fuente definidas por Beauval et., al. (2014). La delimitación de estas zonas como polígonos en 3D se logra al especificar en cada caso la geometría de una superficie plana (figuras 1 y 2) y la profundidad media de actividad sísmica (tabla 6.1).

### Zonas fuentes de subducción

Como se mencionó anteriormente los dos grandes grupos de fuentes sísmicas corresponden al proceso de subducción. Estos procesos pueden dividirse en: actividad somera de mecanismo focal inverso y con epicentros localizados frente a las costas de Ecuador, sur de Colombia y norte de Perú; y en actividad de intermedia a profunda de mecanismo focal normal, cuyos epicentros siguen la zona de Benioff.

En la Figura 10- 30 se muestran las zonas fuente de subducción presentadas por Beauval et. al (2014), donde la zonificación fue hecha con base en la distribución de la sismicidad y en las principales características sismotectónicas observadas.

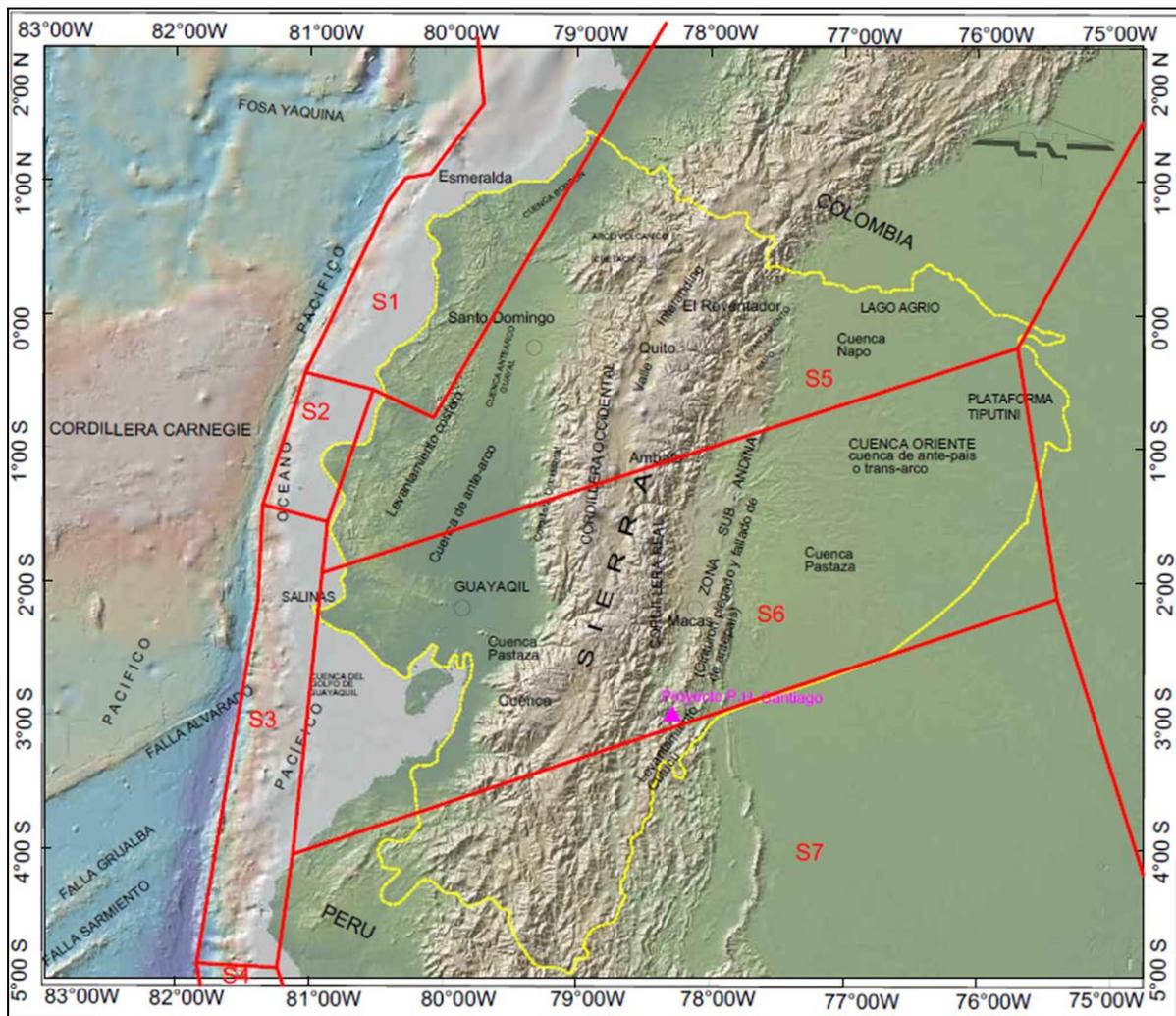


Figura 10- 30: Geometría de las fuentes de subducción (Tomada de Beauval et.al., 2014).

### Zonas fuente de corteza continental

Los sismos corticales se originan en un complejo sistema de fallamiento superficial, asociado a la deformación que tiene lugar en la Sierra Andina (Beauval et.al., 2014) y hasta el momento pocas son las fallas con evidencias de actividad reciente que pueda considerarse explícitamente en evaluaciones de peligro sísmico. En la Figura 10- 31 se muestran las zonas fuente sísmica de corteza continental.

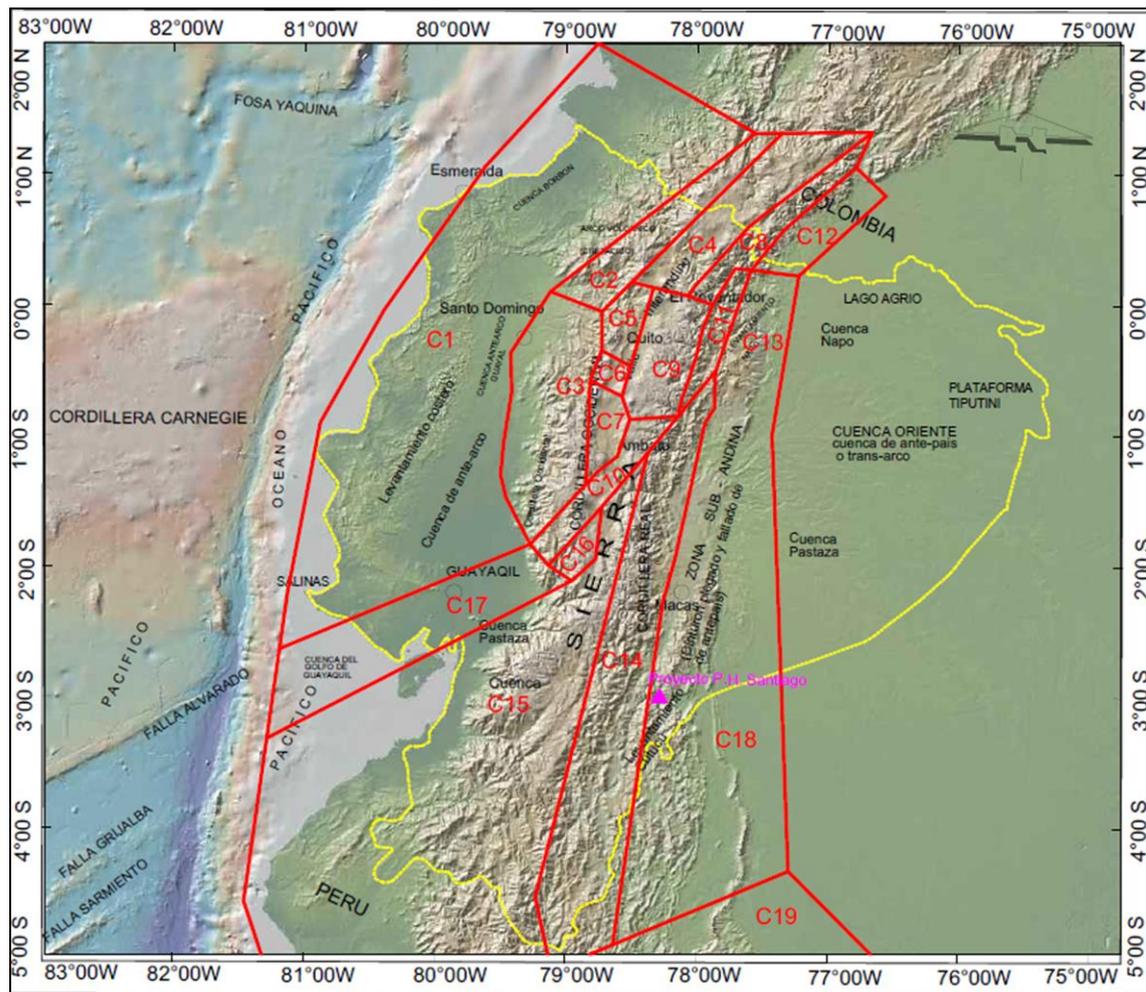


Figura 10- 31: Geometría de las fuentes de corteza (Tomada de Beauval et.al., 2014).

### Magnitudes Máximas y profundidades medias

Son los dos parámetros necesarios para caracterizar sísmicamente cada zona. Beauval et. al. (2014) definieron para las fuentes de corteza continental, el parámetro  $M_u$  como el mayor valor entre la magnitud máxima asignada durante el periodo 1541 a 2011; y la magnitud inferida a partir de la longitud de ruptura de la falla geológica. Con información macrosísmica, la longitud de ruptura suele estimarse como la longitud mayor del área de réplicas, igual a la longitud mayor de la curva isosista de intensidad VIII (Beauval et. al. 2014). Para las fuentes de subducción se considera a  $M_u$  igual a la magnitud máxima registrada en el periodo 1541-2011.

Aplicando la metodología se dedujeron las máximas magnitudes correspondientes a cada zona, como se muestran en la

Tabla 10- 27. Además en la misma tabla se indican los valores de profundidad asignados conforme a la distribución de los hipocentros. Donde cada una de las fuentes indicadas genera temblores a una tasa constante, como se examina a continuación.

Tabla 10- 27: Magnitudes máximas y las profundidades de los hipocentros para las zonas fuente

Zona	$M_u$	$h$ (km)
C1	7,5	15
C2	7,6	15
C3	7,5	15
C4	7,8	20
C5	7,6	20
C6	7,5	20
C7	7,6	20
C8	8,0	20
C9	7,8	20
C10	7,6	20
C11	8,0	20
C12	7,7	20
C13	7,8	20
C14	7,4	10
C15	7,4	15
C16	7,2	15
C17	7,4	15
C18	7,2	10
C19	6,9	15
S1	8,8	50
S2	7,9	50
S3	8,4	50
S4	8,7	50
S5	8,0	100
S6	8,0	100
S7	8,0	100

Fuente: CFE 2014

Elaborado por: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

### Parámetros Sísmicos

La actividad de una fuente sísmica se especifica en términos de la tasa de excedencia de magnitudes  $\lambda(M)$ , es decir, del número de sismos registrados con magnitud  $\geq M$  por unidad de tiempo. El inverso de la frecuencia anual media de ocurrencia es el periodo de retorno (Tr). La sismicidad en cada fuente está descrita por la relación de Gutenberg-Richter, por lo que el modelo de recurrencia es:

$$\lambda(M) = \lambda_o e^{-\beta(M-M_o)}, \quad M_o \leq M \leq M_u$$

donde  $M_o$  es la mínima magnitud relevante y  $M_u$  la máxima magnitud esperada;  $\lambda_o$  es la tasa de excedencia de la magnitud mínima y  $\beta$  la pendiente de la recta  $Ln\lambda = Ln\lambda_o - \beta(M - M_o)$ .

Los valores de las constantes de sismicidad ( $\lambda_o$ ,  $\beta$ ) fueron calculados por Beauval et.al. (2014). Del análisis de la actividad sísmica desarrollada para cada fuente, se obtuvieron las constantes de sismicidad indicadas en la Tabla 10- 28.

Tabla 10- 28: Constantes de sismicidad.

Zona	$\lambda_0$	$\beta$
C1	1,25	3,11
C2	0,68	3,11
C3	1,37	3,11
C4	8,74	3,11
C5	4,59	3,11
C6	1,94	3,11
C7	5,49	3,11
C8	4,26	3,11
C9	12,24	3,11
C10	8,45	3,11
C11	5,30	3,11
C12	0,49	3,11
C13	0,93	3,11
C14	2,78	3,11
C15	1,50	3,11
C16	0,02	3,11
C17	0,24	3,11
C18	5,04	3,11
C19	4,76	3,11
S1	2,13	2,49
S2	1,04	2,49
S3	4,32	2,49
S4	2,13	2,49
S5	1,68	2,49
S6	4,96	2,49
S7	7,22	2,49

Fuente: CFE 2014

Elaborado por: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

### Leyes de atenuación

La mejor manera de cuantificar el potencial sísmico de un área es determinar la intensidad del movimiento del suelo. Cuando no se dispone de sismogramas en el sitio de estudio, se toman los registros sísmicos de grandes eventos ocurridos en las cercanías al sitio. Además, para propagar el movimiento de donde se registró al sitio de estudio se recurre a la utilización de leyes de atenuación las cuales expresan el movimiento del suelo como función de tres parámetros que son la magnitud, distancia a la fuente y la geología local.

La mayoría de las leyes de atenuación pueden reducirse a la siguiente expresión (Campbell, 1985):

$$Y = C_0 f_1(M) f_2(D) f_3(M, D) f_4(S) \varepsilon$$

Donde, Y es el parámetro del movimiento del terreno a ser predicho (variable dependiente);  $f_1(M)$  es una función de la magnitud M;  $f_2(D)$  es una función de la distancia D;  $f_3(M,D)$  es una función de correlación entre M y D;  $f_4(S)$  es una función que representa el sitio; y  $\varepsilon$  es una variable aleatoria que representa la incertidumbre del parámetro Y.

La forma de cada una de las funciones de la ecuación anterior se sustituyen y se tiene:

$$Y = C'_0 e^{C_1 M} \left[ e^{C_3 D} / D^{C_2} \right] e^{C_5 P} \varepsilon$$

El modelo actualmente más usado es el obtenido tomando el logaritmo de la expresión anterior:

$$\log Y = C_0 + C_1 M + C_2 D - \log D + C_5 P + \varepsilon$$

Las leyes de atenuación pueden adoptar formas muy diversas dependiendo del tipo de temblor. En el caso de Ecuador no se dispone de suficientes acelerogramas de sismos fuertes para construir leyes confiables por lo que se tiene que recurrir a leyes mundiales.

Para fines de este estudio se evaluaron varias leyes de atenuación, las cuales son válidas para un 5% de amortiguamiento estructural y diferentes periodos espectrales. Las leyes se basaron en catálogos sísmicos mundiales para zonas de subducción como es la trinchera Colombia-Ecuador, para regiones continentales donde se presenta una tectónica activa (como es la Sierra) y para regiones continentales estables.

En este trabajo se utilizó la ley de Youngs et. al. (1997) para el análisis de los eventos de subducción tanto interface como inslab. La ley de Atkinson y Boore (2003) fue descartada debido solo considera eventos Interface. Además, la ley de Youngs et. al., utiliza una base de datos que incluye datos mundiales y es más conservadora que la ley de Atkinson y Boore, la cual se basa en utilizar eventos de la zona de Cascadia, para los Estados Unidos de Norteamérica.

Para el caso de los eventos de corteza continental, se utilizó la ley de Abrahamson y Silva (2008), ya que es la que mejor caracteriza los efectos de escalamiento tanto de magnitud como de distancia, como puede apreciarse en las figuras comparativas del anexo 6. La ley de Sadingh et. al. (1997), se descartó, debido a que no considera dichos efectos. Las dos leyes de Abrahamson y Silva (1997, 2008) si toman en cuenta estos efectos, sin embargo como se mencionó anteriormente, la que mejor los caracteriza es la de (2008).

### Espectros de Peligro Uniforme (EPU)

De acuerdo a las recomendaciones del ICOLD (2010) se obtuvieron el EPU para el Sismo Base de Operación (OBE, por sus siglas en Inglés), el cual corresponde a un periodo de retorno de 144 años. Así mismo y también de acuerdo a las recomendaciones del ICOLD (2010), se obtuvieron los EPU's para periodos de retorno de 500 y 2000 (Gráfico 10- 2) utilizando las fuentes sismogénicas y leyes de atenuación anteriormente descritas. Así mismo, a petición del departamento de Mecánica de suelos, se calcularon los EPU's para periodos de retorno de 50 y 100 años, los cuales se muestran en el Gráfico 10- 3. Se hace notar que los EPU's fueron calculados para un 5% de amortiguamiento y no incluyen el efecto de amplificación debido a la estratigrafía del sitio.

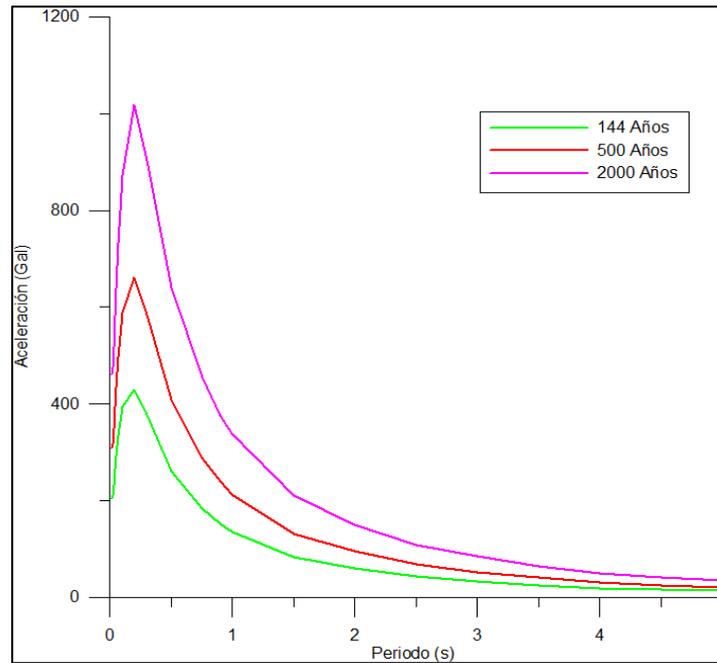


Gráfico 10- 2: EPU's para 144, 500 y 2000 años de periodo de retorno.

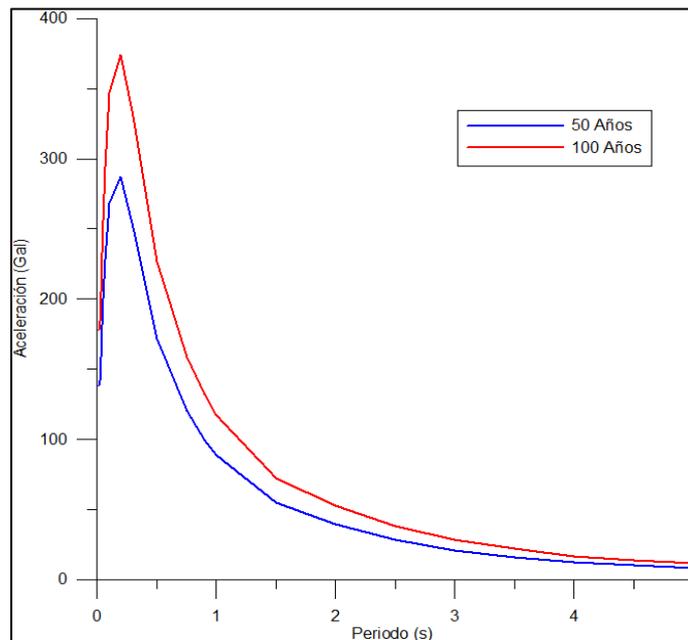


Gráfico 10- 3: EPU's para 50 y 100 años de periodo de retorno.

Elaborado por: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

## Estudio de peligro sísmico. Metodología Determinista

### Normativa internacional para grandes presas

Los cálculos realizados para obtener los espectros de sitio sísmicos están basados en las recomendaciones de la guía *Selecting Seismic Parameters for Large Dams* publicada por el International Committee on Large Dams (ICOLD) en 2010. En ésta se recomienda utilizar la metodología determinista para establecer el espectro del Sismo Máximo Creíble (MCE por sus siglas en inglés, SMC por sus siglas en español).

La obra es gran relevancia por el tamaño de la cortina proyectada, el volumen del embalse y la importancia social del proyecto. Por lo que, para mejorar la seguridad ante la ocurrencia de un temblor, se recomienda la elaboración de un espectro sísmico para las estructuras usando el percentil 84 de las simulaciones de la fuente sísmica asociada al SMC. En este trabajo se consignaran los percentiles 50, 84 y 97 y los diseñadores de las diversas estructuras civiles serán los responsables en utilizar el espectro y percentil que brinde una mayor seguridad y óptimos costos.

Entre los principales factores a considerar para un estudio de peligro sísmico, según el ICOLD, se encuentra:

- La identificación de fuentes sísmicas potenciales.
- La evaluación de las características de cada fuente sismogénica como son las condiciones geológicas, magnitudes y tasas de actividad.
- Las ecuaciones empíricas para calcular las aceleraciones del terreno o intensidades de Mercalli (es decir, leyes de atenuación para la metodología probabilista).

Además, se requiere contar con estudios de geología y tectónica que contenga:

- La identificación de la provincia fisiográfica y tectónica donde se localiza el proyecto.
- La historia geológica de la zona del proyecto.
- La descripción geológica de formaciones, tipos de roca y depósitos de suelo.
- La localización de las estructuras geológicas mayores.
- La interpretación de los mecanismos tectónicos regionales.
- La localización y descripción de fallas para determinar la capacidad para generar sismos.
- La estimación de los parámetros de las fallas que conciernen al área de estudio.

Para cubrir los requisitos anteriores, se investigó que la mayoría de los puntos están descritos en los informes geológicos. La descripción tectónica se realizó en 2013 y se reportó en el estudio del Marco Sismotectónico (Reporte inédito CFE 2012) que además incluyó una descripción de la sismicidad histórica e instrumental recopilada de diversos artículos y de catálogos de instituciones internacionales y locales, que finalmente se presentó una breve descripción de los temas en capítulos que antecedieron. Por lo tanto, en esta sección se desarrollará el último de los puntos anteriores para las zonas sismogénicas más importantes que tienen influencia en la zona del proyecto.

#### Modelado de fuente sísmica

Las fuentes se seleccionaron de forma determinista basadas en la sismicidad histórica e instrumental obtenida de artículos y de los diversos catálogos de instituciones ecuatorianas e internacionales. Dado que no existen acelerogramas para las fuentes sísmicas más relevantes registradas en el sitio de estudio. Para suplir esta deficiencia se procedió a la obtención de registros sintéticos a través de un modelo estocástico de fuente finita, tomando en cuenta la geometría de la falla y la directividad del patrón de radiación de la fuente sísmica.

Desde el siglo pasado se han desarrollado algoritmos que utilizan este método para obtener sismogramas sintéticos para lugares donde no existen registros de temblores importantes.

Aunque, se conocen los parámetros físicos de la fuente o se tienen datos de sismos de menor magnitud, se asume que sus fuentes son similares a la de los terremotos y por ende tienen potencial de generar grandes eventos.

Atkinson y Boore (2003), entre otros han implementado y mejorado algoritmos para modelar acelerogramas sintéticos, tomando en cuenta la física de la fuente, los patrones de radiación, la atenuación de las ondas y el efecto de sitio local. Para este trabajo se consideraron acelerogramas para roca, donde el efecto local no fue considerado.

La metodología se desarrolló usando el algoritmo EXSIM12 propuesto por Assatourians y Atkinson (2012). Para este programado se hicieron modificaciones al EXSIM original (Motazedian y Atkinson, 2005) propuestas por Boore (2003). Ambos están basados en el código del FINSIM propuesto por Beresnev y Atkinson (1998). En este último código los sismos asociados a una falla en particular, la dividen en subfallas, donde la contribución de cada una de ellas genera el acelerograma final.

Los principales parámetros requeridos por el código para modelar la fuente son los siguientes:

- Geometría de la falla (rumbo, inclinación, largo, ancho, profundidad).
- Magnitud.
- Localización geográfica de la falla.
- Coordenadas geográficas del punto de observación.
- Número de subfallas.
- Posición del hipocentro.
- Distribución de los desplazamientos de cada subfalla.
- Densidad de la corteza y velocidad de onda de corte.
- Intensidad de la radiación, factor que controla el parámetro  $z$  (máxima tasa de desplazamiento).
- Modelo  $Q$  de la corteza en la forma  $Q(f)=Q_0f^n$ .
- Atenuación geométrica de la forma  $1/R^\alpha$ .
- Modelo de radiación de las subfuentes.

#### Parámetros de fuente sísmica

Del estudio sismotectónico se determinaron las tres zonas de mayor influencia para generar las fuentes más importantes y así obtener los acelerogramas sintéticos para el sitio. La primera corresponde a la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la de Sudamérica (a este proceso de aquí en adelante se le dirá solamente subducción). La segunda se asignó al sismo de Macas de 1995, asociado al movimiento de fallas en la corteza continental (de aquí en adelante llamado de Macas). La tercera corresponde a un sismo del eslabón subducido de la placa de Nazca justo debajo del proyecto (llamado intraplaca). La ubicación de las fuentes mencionadas la podemos observar en la Figura 10- 32, donde el triángulo (color rojo) representa la ubicación del proyecto. Cabe resaltar, que aparentemente el sismo intraplaca comparte la ubicación con el proyecto, sin embargo, éste

se encuentra ubicado a una gran profundidad dentro de la placa de Nazca, por lo que tiene una mayor distancia hipocentral que el sismo de Macas (Tabla 10- 29).

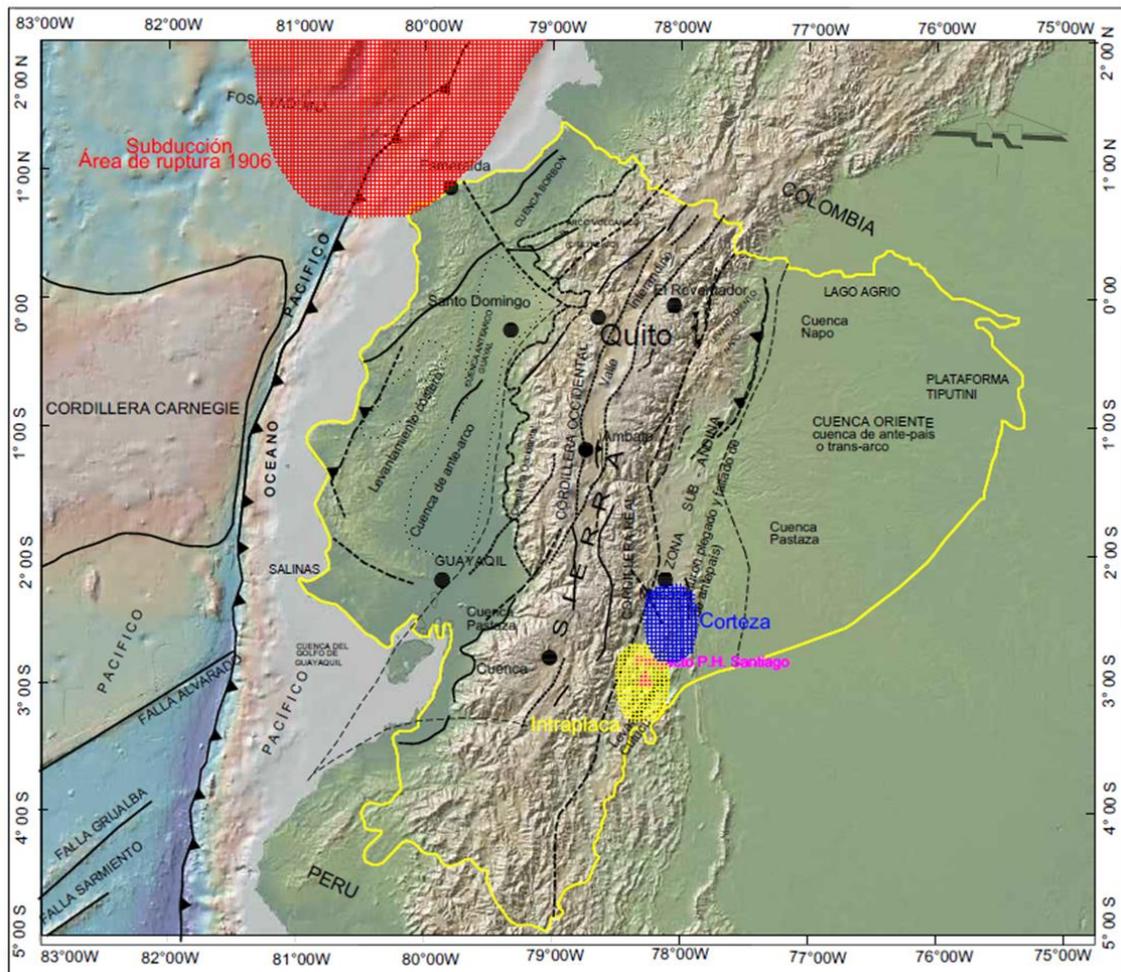


Figura 10- 32: Localización y área de las fuentes sismogénicas que representan mayor peligro para el proyecto.

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

Para la fuente de subducción (rectángulo rojo) se tomó el tamaño de ruptura estimado para el sismo de 1906. Fuente intraplaca (polígono azul) y fuente cortical (polígono amarillo) para el sismo de Macas.

Los posibles sismos se ubicaron donde se encuentran los casos más conservadores para el proyecto. El sismo de subducción se ubicó en la parte sur de la zona de ruptura del sismo de 1906 propuesta por Kanamori (1982). Para el de Macas se encontraron tres diferentes posiciones, una reportada por el CMT de Harvard, la segunda es propuesta por Legrand et. al. (2005) y la tercera por Yepes (1996). De las tres, la más cercana al proyecto es la localización de Yepes y fue ésta la utilizada para éste análisis. Para el sismo intraplaca el caso más desfavorable es cuando el sismo ocurre justo por debajo del proyecto. Con la finalidad de dar una mayor seguridad a la estructura a través del espectro de sitio, se consideró aumentar el valor de las magnitudes de estos eventos involucrados a usar para el cálculo, y consignadas por investigadores e instituciones especializadas en el tema. Para el temblor de corteza e intraplaca se modelaron con magnitud de 7.5 grados y para el evento de subducción se estimó en 8.9 grados, asumiendo que las magnitudes son de momento

(Mw). Las principales características que describen cada una de las fuentes se muestran en la Tabla 10- 29.

Tabla 10- 29: Información general de los sismos utilizados

Sismo	Longitud	Latitud	Profundidad (km)	Magnitud	Distancia Epicentral (km)	Distancia Hipocentral (km)	Tipo de Falla
Subducción	-81,34	-1,55	15	8,9	380	380,3	Inversa
Corteza	-77,96	-2,80	16	7,5	37	40,3	Inversa
Intraplaca	-78,22	-3,02	150	7,5	0	150,0	Normal

Elaborado por: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

Los principales parámetros utilizados por el código EXSIN12 para obtener los acelerogramas sintéticos de cada una de las fuentes, se muestran en la Tabla 10- 30. De los acelerogramas se obtuvieron los espectros de respuesta que se presentan en el Gráfico 10- 4

Se observa que la fuente cortical es la que presenta los valores de mayor aceleración para periodos menores a 2 segundos. Tal es la diferencia que para periodos menores de 0.3 segundo se tiene más del doble del valor de aceleración. Sin embargo, si se observa el espectro de respuesta para periodos mayores a 2 segundos, existe un cambio en cuanto a la contribución de energía debido a que la fuente de subducción aporta las mayores aceleraciones, y la relación de aceleración entre fuente de subducción con respecto a la cortica tiende a ser unitario, para este intervalo de periodos.

Dados los resultados observados en el Gráfico 10- 4, se realiza el análisis para los diferentes percentiles del sismo cortical, debido al carácter estocástico del método y por ser la fuente que produjo las mayores aceleraciones espectrales.

Tabla 10- 30: Principales parámetros utilizados en la modelación

Parámetros	Corteza	Subducción	Intraplaca
Latitud	-2,8	-1,5522	-3,02
Longitud	-77,96	-81,3401	-78,22
Caída de esfuerzos	70	50	70
Magnitud de momento	7,5	8,9	7,5
Orientación de falla	18°,57°,68°	30°,20°,120°	18°,57°,68°
Dimensión de falla (Km)	60x40	550x110	60x40
Dimensión de subfallas (Km)	5x5	10x10	5x5
Profundidad de falla (Km)	16	15	150
Profundidad focal (Km)	16	15	150
K	0,035	0,035	0,035
Q(f)	380 f <sup>0,35</sup>	380 f <sup>0,35</sup>	380 f <sup>0,35</sup>
Efecto de sitio	Roca	Roca	Roca
Función de ventana	Box Car	Box Car	Box Car
Vr/beta	0,8	0,8	0,8
Densidad de corteza	2,8 g/cm <sup>3</sup>	2,8 g/cm <sup>3</sup>	2,8 g/cm <sup>3</sup>
Distribución de desplazamiento	Aleatorio	Aleatorio	Aleatorio

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

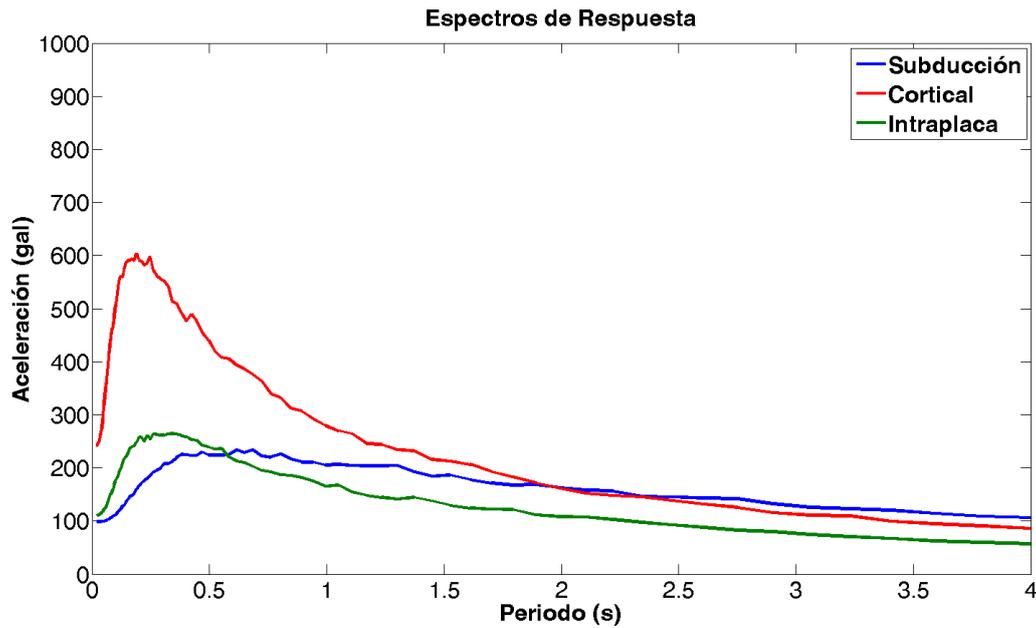


Gráfico 10- 4: Se observa claramente que el espectro de respuesta asociado al sismo cortical tiene las mayores aceleraciones en periodos menores a 2 s.  
Elaborado por: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

Para periodos mayores la fuente de subducción tiene mayor aceleración.

#### *Espectros de Respuesta para percentiles 50, 84 y 97.*

De los parámetros utilizados para el modelado de la fuente cortical hay dos que son difíciles de estimar, ya que se requiere contar con suficientes sismogramas de calidad para hacer un análisis minucioso para identificar el inicio del punto de ruptura y los desplazamientos que ocurrieron en el plano de falla. Por esta razón, se eligió la opción de establecer en forma aleatoria las dos características mencionadas de la fuente.

La metodología se implementó al realizar 100 simulaciones, obteniendo el promedio general y la desviación estándar (Percentil 84), además del promedio más dos desviaciones estándar (Percentil 97). Los resultados se muestran en el Gráfico 10- 5 y los valores de aceleración máxima del terreno (PGA, por sus siglas en inglés) y meseta espectral se pueden ver en la Tabla 10- 31 para cada uno de los percentiles antes mencionados.

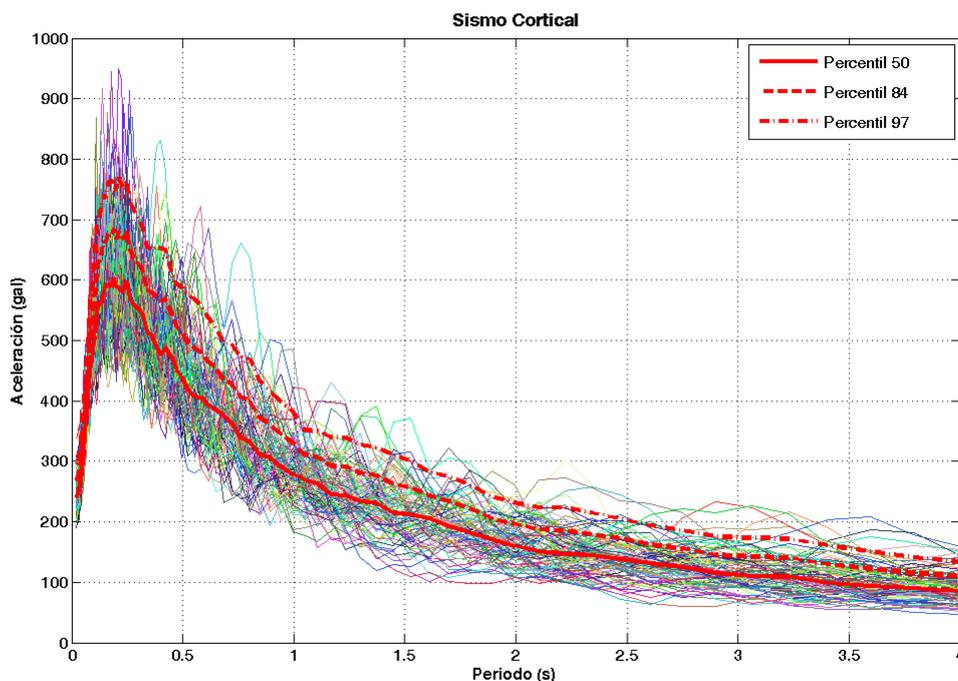


Gráfico 10- 5: Espectro de respuesta, para una fuente cortical.

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

Se realizaron 100 simulaciones de la fuente, así como los percentiles en líneas de color rojo. El percentil 50 es una línea continua, el percentil 84 es una línea segmentada y el percentil 97 es una segmentada con líneas y puntos.

Tabla 10- 31: Valores de la aceleración máxima del terreno (PGA) y meseta para los tres percentiles.

Percentiles	PGA (cm/s/s)	Meseta (cm/s/s)
Percentil 50	241	605
Percentil 84	270	690
Percentil 97	295	775

Elaborado por: ACOTECNIC. Cía. Ltda. Fuente: ACOTECNIC. Cía. Ltda.

En el Gráfico 10- 6 se observan los espectros de respuesta de ambas márgenes en la zona de boquilla del PH Santiago para el sismo ocurrido el 3 de octubre de 2014 con epicentro cercano a la estación Yaupi. Podemos apreciar que las aceleraciones espectrales de margen izquierda son prácticamente el doble comparadas con margen derecha. Esto se puede deber a varios factores como son la geometría de la boquilla, el efecto de sitio o la dirección de la fuente. Hasta el momento no se tiene la suficiente información para determinar cuáles son los factores que están ocasionando la diferencia en los espectros de respuesta, por lo que es importante continuar con el monitoreo sísmológico. Las aceleraciones de los espectros del Gráfico 10- 6 se encuentran muy por debajo de las obtenidas para el sismo de Macas

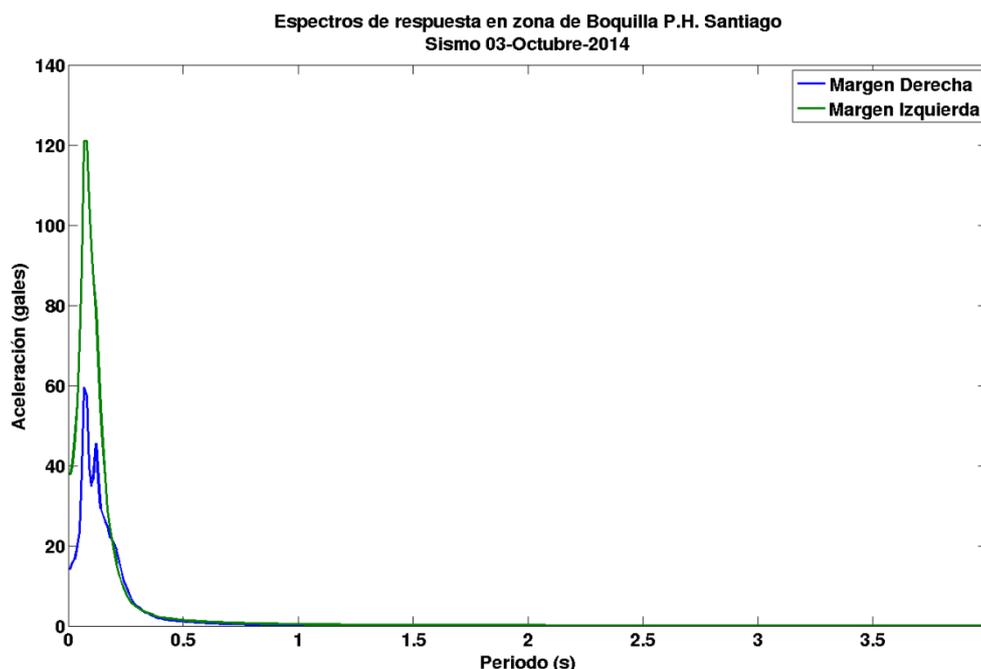


Gráfico 10- 6: Espectro de respuesta, para el sismo del 3 de octubre

#### *Alcances y límites del método de modelación*

La modelación estocástica de fuente finita es de las técnicas más usadas para obtener sismogramas sintéticos en lugares donde no se tienen registros de aceleración de grandes sismos o sismos medianos que sirvan de semilla para establecer las aceleraciones para un temblor de mayor magnitud. Los resultados de la modelación se mejoran cuando la fuente está cerca al sitio de estudio y no puede ser modelada como fuente puntual; además, se mejoran los resultados al establecer los parámetros de entrada debido a la física real de la fuente, los efectos de propagación y de sitio. Cabe recalcar que el análisis se ha llevado a cabo sin tomar en cuenta el efecto de sitio, ya que, las cortinas de grandes presas son cimentadas directamente en roca donde los efectos de sitio son mínimos o nulos.

Para el caso del PH Santiago, se tomó y modeló la fuente del sismo de Macas (1995), cuyo epicentro se determinó a 35 km de distancia del proyecto. Por la cercanía de la fuente y ante la falta de un acelerograma, se consideró que la modelación con el código EXSIM12 es la adecuada para estimar la influencia de la fuente sismogenética en la zona de estudio.

Como cualquier método de modelación los cálculos realizados tienen algunas limitantes. Entre las principales se encuentran, el desconocimiento de los deslizamientos ocurridos, las dimensiones en el plano de falla y el punto de inicio de la ruptura. Por lo tanto se hicieron varias simulaciones donde los parámetros se determinaban en forma aleatoria, con excepción de las dimensiones de la fuente que fueron definidas por la distribución de réplicas reportadas por Legrand et. al. (2005).

Otro aspecto que se hace notar, es el espectro obtenido por la fuente de subducción. Su forma es prácticamente plana una vez que alcanza la máxima aceleración espectral. En este caso para el sismo de 1906, estudiado por Kanamori (1982) se localizó a 380 km de distancia del proyecto y la trayectoria de los rayos sísmicos cruza un mayor número de zonas con diferentes parámetros dinámicos, lo que produce una dificultad adicional al

intentar generalizar los patrones de radiación de las ondas sísmicas. Sin embargo, se observa que no es la fuente la que representa mayor peligro para el proyecto. Para minimizar los efectos de las limitantes del método se tomaron parámetros conservadores tanto en la magnitud como en la caída de esfuerzos.

## Conclusiones

- Se obtuvo un modelo de velocidades de ondas P y S. Este modelo fue usado para determinar las localizaciones hipocentrales.
- El catálogo de sismos contempla 177 eventos sísmicos con criterios de calidad que cumplieron con coeficientes de correlación superiores a 0,95 para diagramas de Wadati y Ryznichenko; así como RMS menor a 0,5 s y errores hipocentrales inferiores a 10 km. La sismicidad se alinea en el flanco oriente del proyecto y ocurre en la placa continental, área donde se localizó el temblor de 1995 (mag=7). En esta zona se observa el régimen de actividad sísmica más alto.
- Cinco epicentros son notables por su cercanía al proyecto (todos de magnitud menor a 2.5 grados). El epicentro más cercano se encontró a 5 km de distancia. Al considerar variaciones lineales del modelo de velocidades, se determinan profundidades de 3.5 km, al usar ondas S.
- Los EPU's obtenidos para los diferentes periodos de retorno fueron calculados para un 5% de amortiguamiento y en roca.
- EL OBE, tiene una aceleración máxima de 203 gales y una meseta espectral de 429 gales. El EPU, con periodo de retorno de 500 años, generó una aceleración máxima de 307 gales y una meseta espectral de 661 gales. Mientras que el EPU con periodo de retorno de 2000 años produjo una aceleración máxima de 460 gales y una meseta espectral de 1017 gales. El EPU con un periodo de retorno 50 años generó una aceleración máxima de 137 gales y una meseta espectral de 286 gales, en tanto que el de 100 años presenta una aceleración máxima de 178 gales y una meseta espectral de 374 gales.
- El Sismo Máximo creíble se obtuvo modelando la fuente sísmica que provocó al sismo de Macas (1995), se le consigna una magnitud máxima de  $M_w=7$ , sin embargo, para seguridad del proyecto se modeló con una magnitud de 7,5 grados. Por recomendación del ICOLD se usó el percentil 84 de las simulaciones para brindar mayor seguridad a todas las estructuras civiles del proyecto. En este caso la aceleración máxima del terreno es de 270 gales (0,275 g) y la meseta de 690 gales (0,703g). según la zonificación de peligrosidad sísmica del Ecuador incluida en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 11), la zona del proyecto está implantado en la zona de peligrosidad sísmica alta.

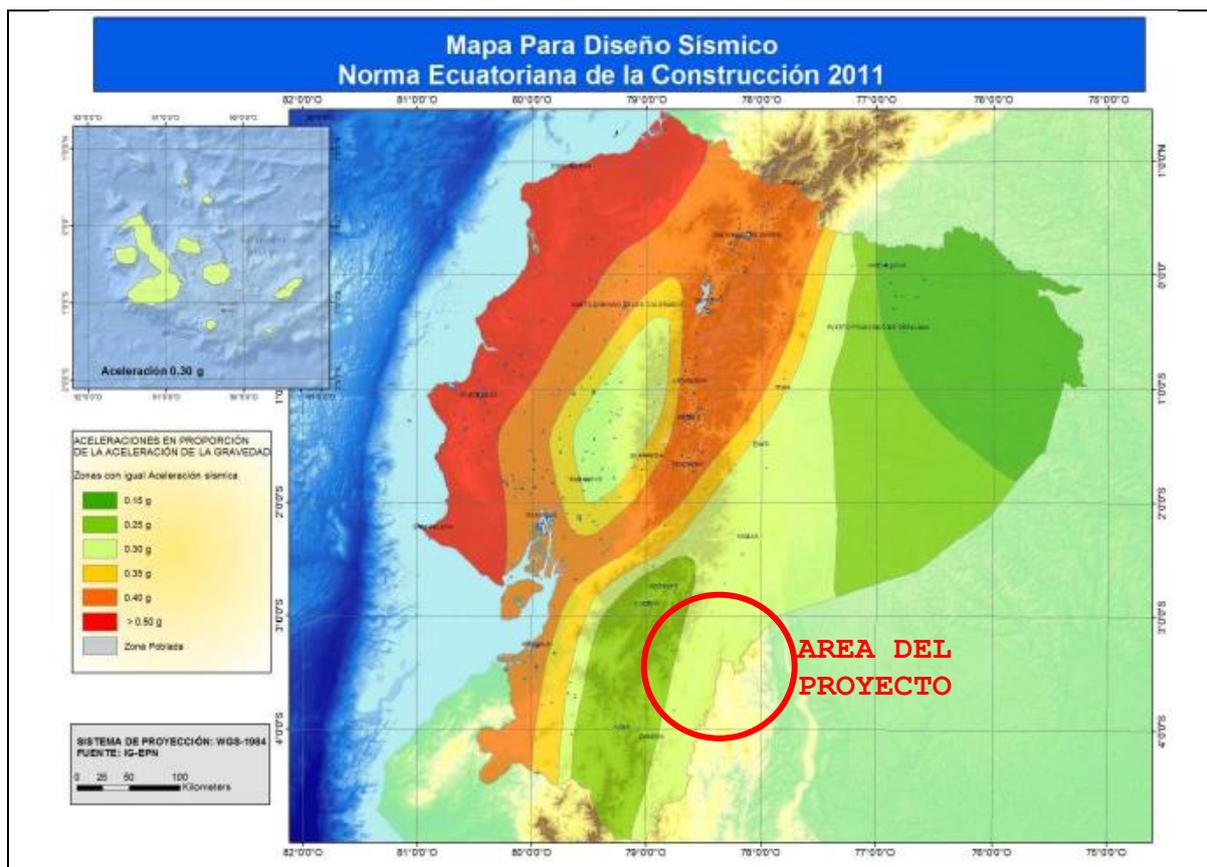


Figura 10- 33: Zonificación del peligro sísmico en el Ecuador.

Fuente: Tomado de NEC, 2011.

Elaborado por: ACOTECNIC Cía. Ltda. 2012.

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción. NEC (2011) la zona del proyecto se encuentra en la zona sísmica Z=II y Z=III, con valor de factor Z de 0,25 y 0,3, respectivamente y que de acuerdo a la figura 4-2 de peligro sísmico en el Ecuador constituyen sectores de bajo peligro sísmico en relación a otras áreas del país.

### 10.2.3.1.3 Sensibilidad a actividad volcánica

Este análisis permite identificar las áreas sensibles a sufrir daños frente a eventos volcánicos en el área del proyecto. Para categorizar la sensibilidad volcánica se establecen tres indicadores:

1. Evidencia histórica de eventos volcánicos
2. Distancia del proyecto a centros de emisión volcánica activos
3. Peligrosidad del evento volcánico potencial

Los criterios de evaluación y la asignación de puntajes se detallan en la Tabla 10- 32.

Tabla 10- 32: Criterios de evaluación y la asignación de puntajes

INDICADOR	DESCRIPCION	CRITERIO DE EVALUACION	PUNTAJE
Evidencia histórica de eventos volcánicos	Determinada por la presencia de depósitos de actividad volcánica: escombros cenizas, etc., originados en eventos históricos en la zona del proyecto	Evidencias significativas	3
		Evidencias poco significativas	2
		Sin evidencias	1
Distancia del proyecto a centros de emisión volcánica activos	Referido a la cercanía del o de centros volcánicos al proyecto según detalle que registra la Tabla 10-33 y Gráfico 10- 7 en donde se resumen las diferentes características físicas de los peligros volcánicos en relación a la distancia promedio de afectación y área promedio de afectación (Modificado de Blong, 1.996) En el Gráfico 10- 7 se muestra un esquema de las distancias alcanzadas por los diferentes fenómenos volcánicos. La influencia de los distintos fenómenos volcánicos disminuye con la distancia, sin embargo unos alcanzan mayores distancias con respecto a otros debido a sus características intrínsecas.	Distancia menor a 50 km	3
		Distancia entre 50 y 100 km	2
		Distancia mayor a 100 km	1
Peligrosidad del evento volcánico potencial.	Determinado por la incidencia (daños) de los diversos productos de erupción volcánica según detalle que registra la Tabla 10- 34 en donde se destaca la peligrosidad de evento volcánico potencial y señala los tipos de daños por peligro volcánico (tipos de daños que ocasionan los peligros volcánicos)	Alta peligrosidad: flujos de lava y lodo	3
		Mediana peligrosidad: caída de piroclastos	2
		Baja peligrosidad: caída de cenizas	1

Tabla 10- 33: Resumen de las características físicas estimadas de los peligros volcánicos (Modificado de Blong, 1996)

FENÓMENO	DISTANCIA PROMEDIO AFECTADA (km)	ÁREA PROMEDIO AFECTADA (km <sup>2</sup> )
Flujos de lava	1 - 4	< 2
Proyectiles balísticos	<2	10
Caída de tefra	20 - 30	>100
Flujos piroclásticos	<10	5 – 20
Oleadas piroclásticas	3 - 4	50
Lahares	~10	5 – 10
Avalanchas	5 - 10	10
Actividad sísmica	<20	>1000
Lluvia ácida y gases	20 - 30	>100

Elaborado por: ACOTECNIC Cía. Ltda.

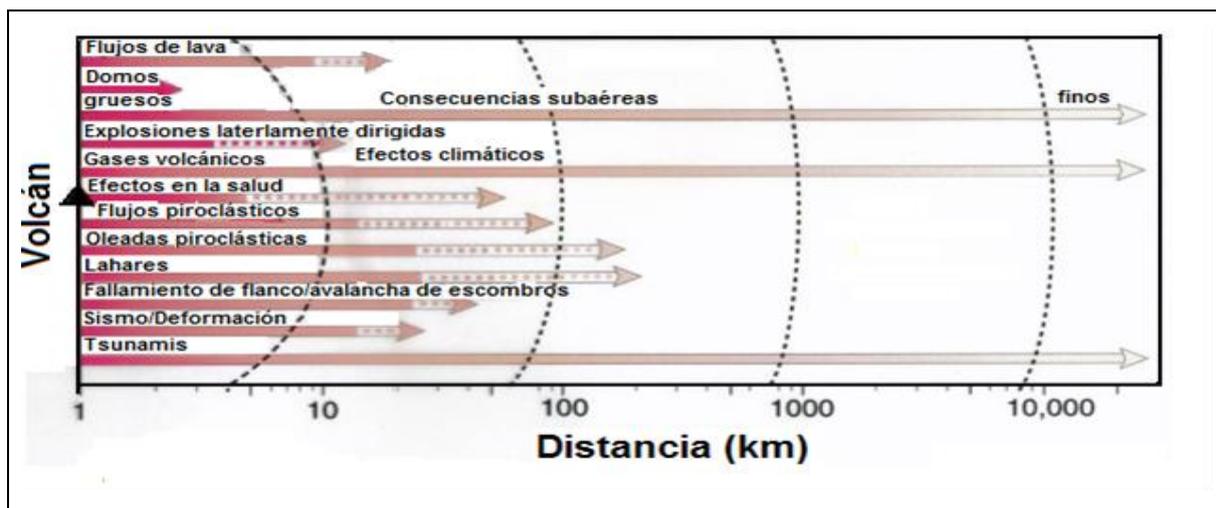


Gráfico 10- 7: Esquema general que muestra la distancia alcanzada por los fenómenos volcánicos (Modificado de Thouret JC., com. Pers. 2009)

Elaborado por: ACOTECNIC Cía. Ltda.

Tabla 10- 34: Tipo de daños ocasionados por peligros volcánicos directos (Modificado de Ortiz R., 1996)

PELIGRO VOLCÁNICO	TIPO DE DAÑO
Avalanchas de escombros	Daños a estructuras. Recubrimiento por detritos.
Flujos piroclásticos	Daños a estructuras. Incendios. Recubrimiento con ceniza y detritos.
Flujos de lava y domos	Daños a estructuras. Incendios. Recubrimiento por lavas.
Caída de piroclastos	Recubrimiento por ceniza. Colapso de estructuras. Daños a instalaciones industriales.
Dispersión de cenizas	Problemas en tráfico aéreo. Falta de visibilidad
Flujos de lodo o lahares	Daños a estructuras. Arrastre de material. Recubrimiento con lodo.
Proyección de bombas y escorias	Daños por impacto. Incendio
Colapso total o parcial del edificio volcánico	Danos a estructuras. Recubrimiento por derrubios. Avalanchas.
Deslizamientos de laderas	Arrastre de materiales. Recubrimiento por derrubios. Danos a estructuras
Gases	Envenenamiento. Contaminación aire y agua
Onda de choque	Rotura de cristales y paneles
Sismos volcánicos	Daños a estructuras

Elaborado por: ACOTECNIC Cía. Ltda.

La aplicación de los indicadores en el área de estudio y sus resultados se describen a continuación

Tabla 10- 35: Calificación de Indicadores

UNIDAD DE ANALISIS	CALIFICACION DE INDICADORES					PUNTAJE TOTAL	CATEGORIA DE SENSIBILIDAD VOLCANICA	UNIDAD CARTOGRAFICA
	Evidencia histórica de eventos volcánicos		Distancia del proyecto a centros de emisión volcánica activos		Peligrosidad del evento volcánico potencial.			
Área 1	Depósitos de avalancha en el río Upano	1	Distancia 70 y 120 km	2	Baja peligrosidad: caída de cenizas	1	4	MEDIA

Fuente y Elaborado por: ACOTECNIC Cía. Ltda.

En la Tabla 10- 35 se detallan las unidades de sensibilidad a actividad volcánica para el Área 1.

### Resultados y conclusiones

#### *Evidencia histórica de eventos volcánicos*

De acuerdo a la información compilada y a la inspección de campo realizada en el área de estudio, de manera específica se identificó en el río Upano la presencia de depósitos de avalancha originados en uno de los colapsos del volcán Sangay.

Estudios vulcanológicos han determinado evidencias de caídas de cenizas en zonas bastante alejadas al sitio del proyecto como es el Parque Nacional del Cajas, de menos de 10.000 años de edad. Cabe destacar sin embargo que, las erupciones ocurridas en el año 2002 del volcán Reventador (VEI=4) y en el año 2006 en el volcán Tungurahua (VEI= 3-4) no generaron caídas de ceniza en la zona del PHS.

#### *Distancia a centros volcánicos activos*

- Centros volcánicos próximos al PHS

Los centros volcánicos considerados como activos en la parte centro sur del Ecuador son los volcanes Tungurahua y Sangay. Estos se encuentran en la Cordillera Oriental en las provincias de Tungurahua y Morona Santiago a distancias de ~ 120 y ~ 70 km respectivamente al noroccidente de la zona de estudio. Figura 10- 34.



Figura 10- 34: Ubicación del proyecto (recuadro rojo) en relación a los volcanes Tungurahua y Sangay.

Fuente: googlearth / Elaborado por: ACOTECNIC

- Peligro volcánico en la zona del proyecto

La evaluación del peligro volcánico en una zona determinada se basa en el estudio de las fuentes volcánicas activas próximas, el alcance que los diferentes fenómenos eruptivos puedan tener y su tiempo de recurrencia.

En base a estas consideraciones, se considera a los volcanes Sangay y Tungurahua para el análisis del peligro volcánico en la zona de estudio.

#### i) Volcán Sangay

Considerado como uno de los volcanes más activos del mundo; localizado a una latitud de 2°00'S y una longitud de 78°20'W en la Cordillera Oriental. Se encuentra a distancias aproximadas de 45 km al sureste de Riobamba, 40 km al noroeste de Macas y a 70 km de la zona del proyecto. Es un estrato volcán, en cuya cumbre existen tres cráteres y dos domos de lava alineados en sentido este-oeste, los cuales han sido activos en diferentes períodos.

El volcán Sangay, es un complejo volcánico andesítico que está formado por tres edificios sucesivos, Sangay I, II y III (Monzier, et al. 1999). Las edades de formación para los tres edificios son las siguientes: 500-250 ka AP, 100 – 50 ka AP y el actual comenzó a formarse hace 14 ka AP. Los edificios Sangay I y II se destruyeron parcialmente debido a deslizamientos de los flancos orientales que provocaron grandes avalanchas de escombros cuyos depósitos se encuentran en la planicie amazónica.

Históricamente este volcán ha presentado una actividad muy importante, la cual data desde el año 1628 (Hall, 1977). Existe una vasta descripción de erupciones ocurridas en 1728, 1738-1744, 1842-1843, 1849, 1854-1859, 1867-1874, 1872, 1903, 1934-1937, 1941-1942, 1975-1976 y 1995-Presente.

De las descripciones y observaciones realizadas se ha podido determinar que este volcán presenta erupciones tipo estromboliano, con explosiones, emisiones y caídas de ceniza, generación importante de flujos de lava, crecimiento de domos, flujos piroclásticos y lahares.

Distribución de los productos volcánicos del volcán Sangay:

Con el objetivo de determinar las zonas que podrían verse afectadas por los diferentes productos volcánicos generados por el volcán Sangay, Ordóñez et al en el 2013 generaron un mapa de peligros volcánicos en base a modelamientos numéricos con datos de erupciones volcánicas análogas andesíticas y la información geológica disponible hasta el momento. Se realizaron simulaciones de erupciones pequeñas (peligro mayor), medianas (peligro intermedio) y grandes (peligro menor), con la generación de flujos piroclásticos, flujos de lava, lahares proximales, dispersión-caída de piroclastos y avalanchas de escombros.

Las Figura 10- 35 y Figura 10- 36, muestran el mapa de peligros correspondiente al volcán Sangay de forma regional y local respectivamente. Se puede observar que la mayor concentración de depósitos volcánicos se encuentra en el volcán y sus flancos en caso de erupciones pequeñas o medianas (peligro mayor o intermedio). Sin embargo de suscitarse una erupción grande (peligro menor), con gran generación de material volcánico, los flujos piroclásticos y lahares son los que recorrerían mayores distancias. Su extensión sería de varias decenas de kilómetros, hacia el Noreste por el río Sangay, mientras que hacia el sur este y hacia el sur por el río Upano pasando varios kilómetros al sur de la ciudad de Macas.

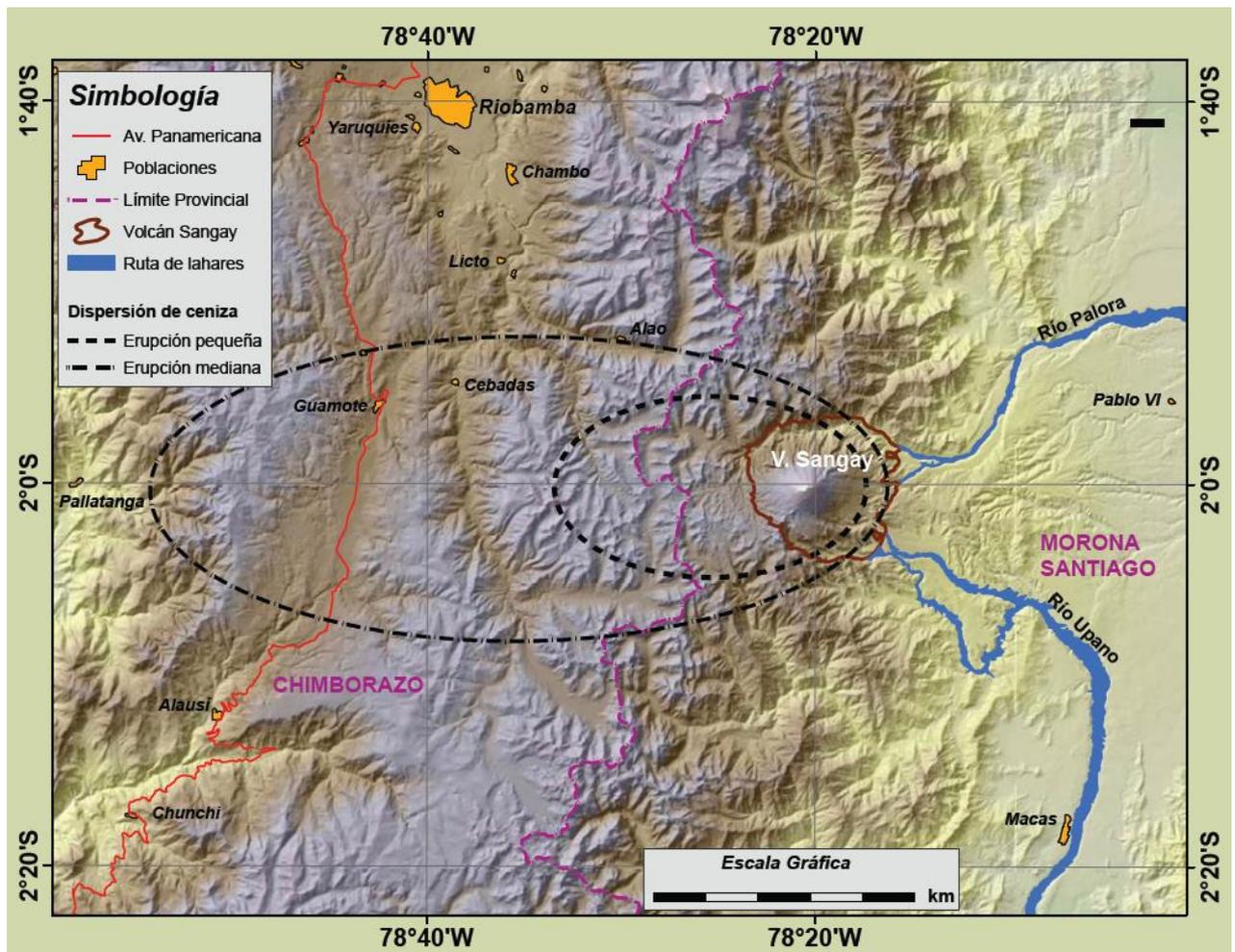


Figura 10- 35: Peligro del volcán Sangay en aspecto regional  
Fuente y elaborado por: Instituto Geofísico EPN

Es importante mencionar que los límites de estos depósitos no son absolutos debido a que no se puede precisar las magnitudes que una erupción pueda presentar, por lo tanto su volumen, alcance y de esta manera su extensión, (Ordóñez, et al., 2013).

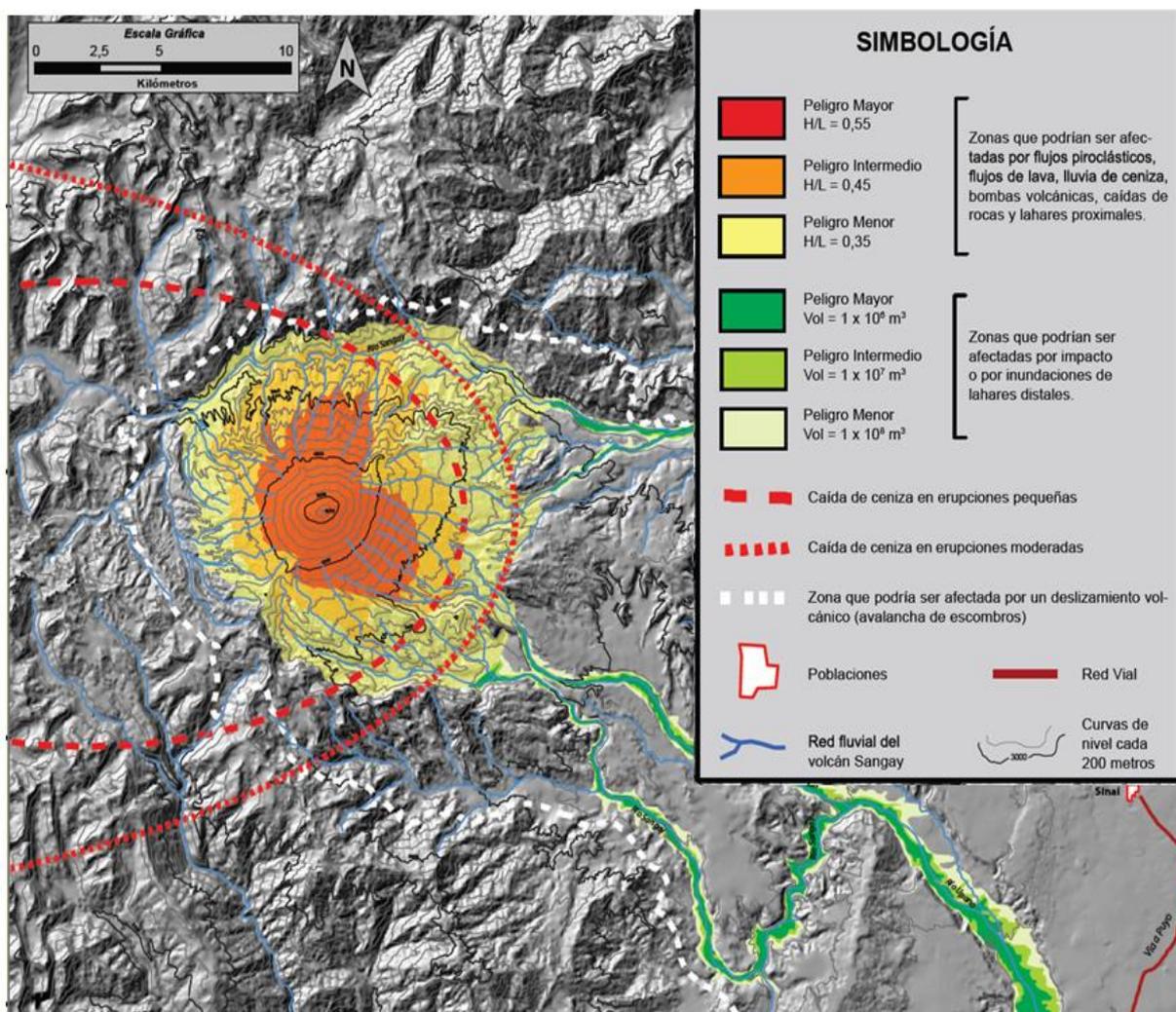


Figura 10- 36: Mapa de peligros del volcán Sangay

Fuente: Ordóñez et al., 2013

Elaborado por: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

En base a este análisis se puede considerar que el peligro volcánico del volcán Sangay para la zona de estudio es considerado como menor o bajo. El cual estaría caracterizado por la afectación distal de flujos de lodo que serían transportados desde el volcán por los ríos Volcán Sangay, y posteriormente río Upano. Con respecto a la distribución de la ceniza volcánica esta se basaría en la dirección y velocidad de los vientos pero de los estudios realizados las cenizas preferentemente viajan en dirección oeste y las probabilidades de afectar a la zona del proyecto son escasas.

## ii) Volcán Tungurahua

Ubicado en la Cordillera Oriental. Este volcán considerado como activo se encuentra en erupción desde 1999. Durante este tiempo su estilo eruptivo ha variado entre estromboliano y vulcaniano, cuyos productos volcánicos han sido ceniza volcánica, flujos piroclásticos y flujos de lava. La distribución de estos productos se han depositado en las cercanías del centro volcánico, sin embargo la ceniza ha tenido una distribución mucho más importante.

En los diferentes períodos eruptivos este producto ha alcanzado principalmente a las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Bolívar y Pastaza; en esporádicas ocasiones cuando la dirección y velocidad del viento han cambiado, se ha depositado en un bajo contenido en las provincias de Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Cañar, Loja, Los Ríos, Guayas y Azuay.

De esta información se concluye que una eventual caída de ceniza proveniente del volcán Tungurahua podría suscitarse si se generara un cambio de la dirección y aumento de la velocidad del viento

De manera general se concluye que los peligros volcánicos que pueden afectar al PHS son bajos y están restringidos especialmente a la caída de cenizas, que en relación a los otros eventos asociados a erupciones volcánicas (flujos de lodo, flujos piroclásticos, etc.) constituyen los de menor peligrosidad, debiendo considerarse sin embargo que, las cenizas son potencialmente adversas debido a que pueden generar cargas estáticas, son partículas corrosivas y abrasivas en aire y agua.

#### **10.2.3.1.4 Sensibilidad a eventos torrenciales**

La sensibilidad a eventos torrenciales se la entiende como la mayor o menor susceptibilidad de que las estructuras socio-económicas, humanas y físicas, sean afectadas por la ocurrencia de crecidas y/o inundaciones, a través de:

- Analizar y determinar los caudales de avenida para diferentes periodos de retorno en las diferentes subcuencas aportantes a la red hidrográfica de los ríos Zamora, Namangoza y Santiago.
- Determinar el área sensible a inundaciones para caudales de diferentes periodos de retorno.
- Identificar el grado de susceptibilidad a los eventos torrenciales, a través de la determinación del porcentaje de áreas propensas a inundaciones con respecto al Área 1 del PHS.

El estudio se realiza a partir del análisis de la información disponible y el cálculo de los caudales de avenida en diferentes puntos de la red hidrográfica, correspondientes a las subcuencas aportantes a los ríos Zamora, Namangoza y Santiago. Se utilizan métodos estadísticos para el análisis y cálculo de los caudales máximos para diferentes periodos de retorno. En segundo lugar, se realiza una simulación hidráulica de los tramos de río de la red hidrográfica dentro del Área 1, mediante la utilización del programa HEC-RAS, con el objeto de definir los niveles del agua para los diferentes caudales de avenida, cuya información es importada a la plataforma ARC GIS para definir la cartografía de zonas propensas a inundaciones para diferentes periodos de retorno y calcular el área de inundación correspondiente. Finalmente, la sensibilidad del Área 1 a los eventos torrenciales se cuantifica a través de la determinación del porcentaje de zonas propensas a inundaciones dentro del Área 1.

#### **Metodología**

El procedimiento metodológico utilizado para evaluar la susceptibilidad del Área 1 del PHS a los eventos torrenciales, consiste básicamente en un criterio cuantitativo referido al riesgo asociado a la red hidrográfica que domina la zona de estudio y relacionado con las crecidas

que presentan las diferentes subcuencas aportantes a los sistemas hidrográficos de los ríos Zamora, Namangoza y Santiago, y aquellas superficies que se presentan vulnerables a dichos eventos.

Para la determinación de las áreas propensas a inundaciones como consecuencia de los caudales de crecida se han seguido los siguientes pasos:

- Modelación de crecidas para determinar los caudales de avenida para diferentes periodos de retorno en los diferentes tramos de la red hidrográfica del Área 1,
- Modelación hidráulica de los tramos de río de la red hidrográfica del Área 1 para determinar las áreas de inundación para caudales de diferentes periodos de retorno, y,
- Determinación de la sensibilidad a eventos torrenciales dentro del Área 1 del PHS.

#### i) Modelación de crecidas

La finalidad principal de los estudios hidrológicos de avenidas es la determinación de la avenida de diseño requerida para trabajos de planificación (delimitación y gestión de zonas inundables, etc.), o de dimensionamiento de infraestructuras (presas, encauzamientos, etc.). La modelación de crecidas permite conocer los caudales máximos que se pueden presentar en una sección de un río para distintas probabilidades o periodos de retorno.

Las avenidas de diseño se definen como las crecidas de los ríos, generalmente debida a la lluvia o deshielo que sirven como parámetro para el diseño de obras hidráulicas sobre el cauce de los ríos, basada en consideraciones de carácter técnico, de probabilidad de ocurrencia y el riesgo de los daños. La selección de las avenidas de diseño depende básicamente del riesgo que se desee asociar a la construcción de la obra, el cual se relaciona con factores como la capacidad y la altura de la presa, así como requerimientos de evacuación de personas y daños potenciales aguas abajo de la obra (Arreguín, 2000).

Desde el punto de vista del riesgo asociado a los daños por inundaciones, la determinación de los caudales de avenida para diferentes periodos de retorno permite identificar las áreas sensibles a eventos torrenciales, a través de la modelación hidráulica para la caracterización cartográfica de las zonas inundables.

#### *Subcuencas aportantes a la red hidrográfica del Área 1 (tramos de estudio)*

En el Área 1 del PHS se han identificado 10 puntos de control que corresponden a las subcuencas de aporte más representativas de la red hidrográfica de los ríos Zamora, Namangoza y Santiago y cuyos puntos definen los tramos de estudio. La Figura 10- 37 destaca los puntos de control seleccionados y en los cuales se determinará los caudales de avenida.

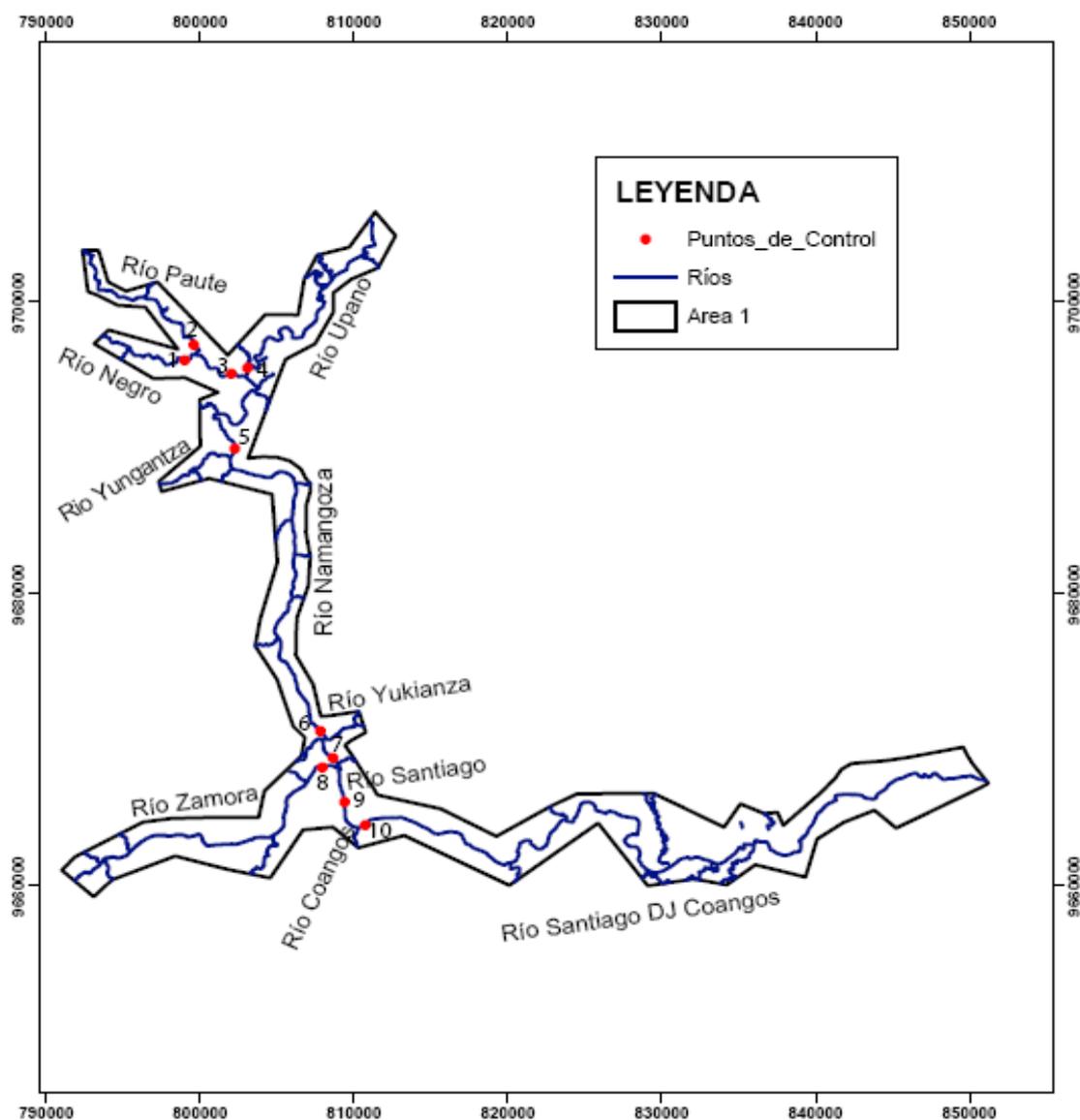


Figura 10- 37: Puntos de control en la red hidrográfica del Área 1 del PHS  
Fuente: CFE- ACOTECNIC Cía. Ltda. / Elaborado por: CFE- ACOTECNIC Cía. Ltda.

De igual manera, en la Tabla 10- 36 se detallan los nombres de las subcuencas de análisis dentro del Área 1 del PHS y cuyos puntos de control definen los tramos de estudio.

Tabla 10- 36: Tramos de estudio de la red hidrográfica del Área 1 del PHS

PUNTO DE CONTROL	SUBCUENCA DE APORTE
1	Río Negro
2	Río Paute
3	Río Paute AJ Upano
4	Río Upano
5	Río Namangoza AJ Yungantza
6	Río Namangoza AJ Yuquianza
7	Río Namangoza

PUNTO DE CONTROL	SUBCUENCA DE APORTE
8	Río Zamora
9	Río Santiago G8
10	Río Santiago DJ Coangos

Fuente: CFE- ACOTECNIC Cía. Ltda. / Elaborado por: CFE- ACOTECNIC Cía. Ltda.

### Caudales máximos

La determinación de los caudales máximos para diferentes periodos de retorno en los diferentes puntos de control dentro del Área A1 del PHS, se realiza mediante la utilización de métodos estadísticos.

Los métodos estadísticos utilizan los datos de caudal medidos en las estaciones de aforo. Realizan la estimación de la ley de frecuencia de caudales máximos a partir del análisis estadístico de los datos de caudal.

Se privilegia el uso de distribuciones de probabilidad Gumbel (o Doble Gumbel) con base en lo establecido por el teorema de Fisher-Tippett-Gnedenko (distribuciones asintóticas de extremos), además se utiliza el método de máxima verosimilitud para la estimación de los parámetros de las distribuciones de probabilidad, debido a que produce estimadores consistentes.

El denominado teorema de Fisher-Tippett-Gnedenko establece que sin importar cuál sea la distribución de origen de los valores aleatorios bajo estudio, sus extremos,  $x$ , tienden a distribuirse asintóticamente según la distribución general de valores extremos (GVE):

$$F(x) = \exp \left[ - \left( 1 - \frac{x - \nu}{\eta} \varphi \right)^{1/\varphi} \right]$$

donde  $\nu$  es un parámetro de ubicación,  $\eta$  un parámetro de escala y  $\varphi$  un parámetro de forma.

- Información disponible

En la cuenca del río Zamora se dispone de caudales instantáneos medidos (una vez al día) en la estación Zamora AJ Bomboiza de 1976 a 1983, 1985 a 1988, 1990 a 1997 y de 2001 a 2012, caudales instantáneos medidos (una vez al día) en la estación Bomboiza AJ Zamora de 1976 a 1983, 1985 a 1987, 1990 a 1994 y 2001 a 2012. Se integra el registro de caudales máximos anuales aguas abajo de la confluencia de los ríos Zamora y Bomboiza, sumando los caudales cronológicamente, de esta manera se obtiene un registro de caudales máximos anuales de 27 años aguas abajo de la confluencia correspondiente. Los caudales en el sitio del proyecto se determinan por factor de área.

En la cuenca del río Namangoza se dispone de caudales medios diarios de ingreso a la Central Hidroeléctrica Molino de 1984 a 1999, caudales horarios y medios diarios de ingreso a la Central Hidroeléctrica Molino de 2000 a 2014, caudales instantáneos medidos (una vez al día) en el estación Paute AJ Upano de 1982, 1983 y 1985 a 1989 y caudales máximos de

1978 a 1981, caudales instantáneos medidos (una vez al día) en la estación Upano DJ Tutanangoza de 1982 a 1989, 1992 y 2003 a 2010, caudales instantáneos medidos (una vez al día) en la estación Namangoza DJ Upano de 1982, 1983 y 1985 a 1993 y caudales máximos de 1978 a 1981. Se completó el registro de caudales máximos anuales de la estación Namangoza DJ Upano para los años en los que no se cuenta con información, sumando los caudales registrados en la estación Paute AJ Upano, o los caudales registrados en la Central Hidroeléctrica Molino trasladados por factor de área, a los caudales registrados en la estación Upano DJ Tutanangoza. De este modo fue posible integrar un registro de caudales máximos anuales de 33 años en el sitio de la estación Namangoza DJ Upano correspondiente a los años 1978 a 1993 (con excepción de 1984) y 2003 a 2010. Los valores anteriores se trasladaron por factor de área al sitio de proyecto.

La Tabla 10- 37 muestra la información de caudales máximos disponibles en las estaciones Zamora AJ Bomboiza, Bomboiza AJ Zamora, Namangoza DJ Upano y por relación de áreas en los sitios Zamora AJ Namangoza y Namangoza AJ Zamora.

Tabla 10- 37: Caudales máximos aportados por el río Zamora y Namangoza

AÑO	CAUDALES MÁXIMOS (m <sup>3</sup> /s)				
	Zamora AJ Bomboiza	Bomboiza AJ Zamora	Zamora AJ Namangoza	Namangoza DJ Upano	Namangoza AJ Zamora
1976	2631	1247	4432		
1977	2607	400	3436		
1978	2486	277	3158	4463	4786
1979	1598	224	2082	3331	3572
1980	2432	714	3595	4317	4630
1981	1241	1060	2630	3505	3758
1982	2047	877	3342	2650	2842
1983	1951	352	2632	2301	2468
1984					
1985	1830	814	3021	2500	2682
1986	2105	899	3433	2431	2607
1987	2474	729	3660	2550	2735
1988	2288		2615	3816	4093
1989				3433	3682
1990	2271	698	3393	2639	2830
1991	2744	1221	4531	1554	1666
1992	1986	725	3098	4256	4564
1993	2312	1051	3843	3626	3889
1994	2753	194	3368		
1995	2282				
1996	2583				
1997	1954				
1998					
1999					
2000					
2001	1784	375	2468		
2002	382	179	642		
2003	1562	305	2133		1575
2004	2830	1247	4660		3956
2005	1257	138	1595		2355
2006	1708	259	2248		2160
2007	2759	2067	5515		2684
2008	1640	417	2350		2301
2009	2238	1606	4393		2390
2010	2262	899	3612		1395
2011	1983	985	3391		
2012	1730	482	2528		

Fuente: CFE / Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

## ii) Modelación hidráulica para la determinación de las zonas inundables

La modelación del comportamiento hidráulico del río se realiza mediante el programa HEC-RAS y la plataforma virtual Hec-GeoRAS del ARC GIS. Para la realización de esta modelación es necesario contar con la información de caudales máximos y las distintas secciones hidráulicas perpendiculares a la sección del cauce (secciones transversales) en los diferentes tramos de estudio.

Estas secciones transversales deben representar la morfología del río con suficiente detalle, siendo por tanto necesario contar con información topográfica del cauce, así como la batimetría del mismo. Al momento no se cuenta con una información batimétrica para toda el Área 1. No obstante, se dispone de la información LIDAR, la cual proporciona información topográfica 1:5000 y la que se utiliza para la generación de las secciones transversales.

Considerando que la información LIDAR no nos permite saber la profundidad por debajo del espejo de agua, se considera que la altura del agua al momento del levantamiento, corresponde al caudal medio diario. En base a esta suposición se determina el caudal de simulación de las zonas propensas a inundación, que estará dado por la diferencia entre el caudal máximo y el caudal medio diario.

### *Información básica requerida*

Se requiere disponer del modelo digital del terreno (MDT) en formato vectorial TIN (Triangulated Irregular Network). A partir de esta información se extraen los datos geométricos de las secciones transversales. Para el presente estudio, las secciones transversales se obtuvieron en base de la topografía levantada de la información LIDAR, mientras que para la zona aguas abajo del sitio de proyecto, se utilizó la información topográfica 1:50000, la única disponible.

### *Determinación de las secciones transversales*

Las secciones transversales en los diferentes tramos de estudio se generan utilizando la herramienta HEC-GeoRAS de ARC GIS.

El HEC-GeoRAS es una extensión de ARC GIS desarrollada conjuntamente por el “Hydrologic Engineering Center” (HEC) del “United States Army Corps of Engineers” y el “Environmental System Research Institute” (ESRI). Básicamente es un conjunto de procedimientos, herramientas y utilidades especialmente diseñadas para procesar datos georreferenciados que permiten bajo el entorno de los *Sistemas de Información Geográfica* (SIG), facilitar y complementar el trabajo con HEC-RAS. HEC-GeoRAS crea un archivo para importar a HEC-RAS datos de geometría del terreno incluyendo el cauce del río y las secciones transversales.

En base a la información topográfica (en formato vectorial TIN) se determinan las respectivas secciones transversales, las cuales tienen que ser trazados de izquierda a derecha y perpendiculares al eje del río. La información geométrica generada es importada a HEC-RAS para su posterior utilización en la simulación hidráulica.

### *Modelación hidráulica*

El sistema de modelización hidráulica HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center, 2002) es un sistema dinámico para la modelización unidimensional de flujo rápidamente variado,

analizando regímenes subcrítico, supercrítico y mixto, por lo que facilita la modelización de los eventos de avenida histórica en los tramos de río de interés dentro del Área 1 del PHS. El modelo numérico incluido en este programa permite realizar el análisis del flujo permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre.

Las características técnicas y aplicaciones del modelo son las siguientes:

- ✓ Cálculo hidráulico de estructuras (puentes, aliviaderos, alcantarillas, etc.)
  - ✓ Visualización gráfica de datos y resultados.
  - ✓ Edición gráfica de secciones.
  - ✓ Modelización hidráulica en régimen permanente de cauces abiertos, ríos y canales artificiales.
  - ✓ Salida tabular que permite exportar a un archivo de Excel.
  - ✓ HEC-RAS cuenta con tres salidas gráficas: una salida que muestra el nivel del agua en cada una de las secciones transversales introducidas, conjuntamente con el nivel de la línea de energía y el nivel crítico, en otra salida muestra el perfil longitudinal del río, con una línea de energía y la tercera salida es una perspectiva de las secciones con niveles de agua.
- 
- Parámetros hidráulicos requeridos para la modelización del flujo en ríos

La aplicación del modelo requiere establecer las características geométricas del cauce, las cuales han sido definidas anteriormente con la herramienta HEC-GeoRAS de ARC GIS, a partir de la información topográfica.

A continuación se detallan los parámetros hidráulicos a tomar en consideración para la modelización del flujo en los ríos para los caudales de avenida.

#### *Número de Manning o coeficiente de rugosidad*

El concepto de rugosidad permite simular la aspereza o falta de uniformidad de los contornos de un lecho natural. En el caso de un río de lecho móvil, la resistencia al flujo se puede explicar en base a la caracterización de la rugosidad del sedimento que forma el cauce y en la forma del lecho.

Diversos autores han propuesto expresiones que permiten relacionar los parámetros hidráulicos de rugosidad (por ejemplo, el número de Manning) con el tamaño de los sedimentos y con las dimensiones de las formas del lecho mencionados anteriormente (Van Rijn, 1989).

De igual manera, existen relaciones entre las características de los suelos potencialmente inundables por la avenida de un río con dichos parámetros hidráulicos (Chow, 1994). Esto permite estimar unos coeficientes de rugosidad en las riberas de inundación, que suelen diferir de los correspondientes al cauce de aguas bajas.

Los tramos de estudio de la red hidrográfica del Área 1 del PHS se caracterizan por ser ríos de montaña, cuyo cauce principal es muy ancho, y cuyas laderas presentan pendientes usualmente pronunciadas. En base a estas características, así como los coeficientes de rugosidad utilizados en estudios previos, se ha definido un valor del coeficiente de rugosidad de 0.04 en el cauce del río y un valor del coeficiente de rugosidad de 0.05 en las márgenes, cuya información ha sido tomada de French (1988).

### *Coefficientes de contracción y expansión*

Son los coeficientes que definen la brusquedad en la transición entre dos perfiles consecutivos según su morfología. Así por ejemplo, los valores por defecto del modelo HEC-RAS son cero para el coeficiente de expansión, cero para el coeficiente de contracción, en el caso de una sección de canal piramidal, los valores son 0,5 y 0,3 al pasar por un puente y de 0,3 y 0,1 respectivamente en el caso de una transición gradual.

### *Condición de contorno*

Establece el valor de los parámetros que definen el comienzo y final de la ejecución del modelo hidráulico. Para ello se requiere conocer, en algún punto del cauce, la relación entre los caudales circulantes y los niveles de lámina de agua. En el caso de no disponer dicha información, se debe situar el perfil lo suficientemente alejado como para asegurar que posibles errores en el establecimiento de la condición de borde no afecten a los niveles de crecida en esa zona. Este perfil deberá estar aguas arriba en el caso de régimen supercrítico, aguas abajo en régimen subcrítico y en ambos para el mixto.

### *Tipo de régimen*

El cálculo se ha realizado suponiendo régimen mixto.

### *Áreas propensas a inundaciones*

Posteriormente los resultados de la simulación obtenida en HEC-RAS (calados y velocidades) se importan en ARC GIS con el objeto de ser procesados para obtener mapas de inundación y riesgo, así como para calcular las correspondientes áreas de inundación para los caudales de diferentes periodos de retorno.

### iii) Sensibilidad a eventos torrenciales

El grado de susceptibilidad del Área 1 del PHS a eventos torrenciales se ha determinado a través de un criterio cuantitativo que se basa en la determinación de las áreas propensas a inundación por la ocurrencia de caudales de avenida para diferentes periodos de retorno. Se utiliza como indicador del grado de sensibilidad a eventos torrenciales, el porcentaje de zonas inundables con respecto al Área 1 del PHS.

## **Resultados**

### **Caudales máximos**

En base a la información de caudales máximos de la Tabla 10- 37, se determinaron los caudales de avenida para diferentes periodos de retorno.

El análisis estadístico sobre el río Namangoza se dividió en dos partes, la primera consiste en el tratamiento que se le dio a las Centrales Hidroeléctricas Mazar y Molino. Posteriormente se realizó el tránsito de las avenidas en cascada de estas dos presas y se llevó a la confluencia del río Upano por factor de áreas, y de esta manera se sumaron los caudales extrapolados de la cuenca Paute con la del Upano. De igual manera se realizó un

análisis de frecuencias de los caudales reportados en la estación hidrológica Namangoza DJ Upano y por factor de áreas se extrapolan los caudales al sitio Namangoza AJ Zamora.

Los caudales máximos aportados por el río Zamora al sitio de proyecto para diferentes periodos de retorno se obtuvieron a partir del ajuste a una función de distribución de probabilidad Gumbel (Gráfico 10-8), y los caudales máximos aportados por el río Namangoza al sitio de proyecto para diferentes periodos de retorno se obtuvieron mediante el ajuste a una función de distribución de probabilidad doble Gumbel (Gráfico 10-9).

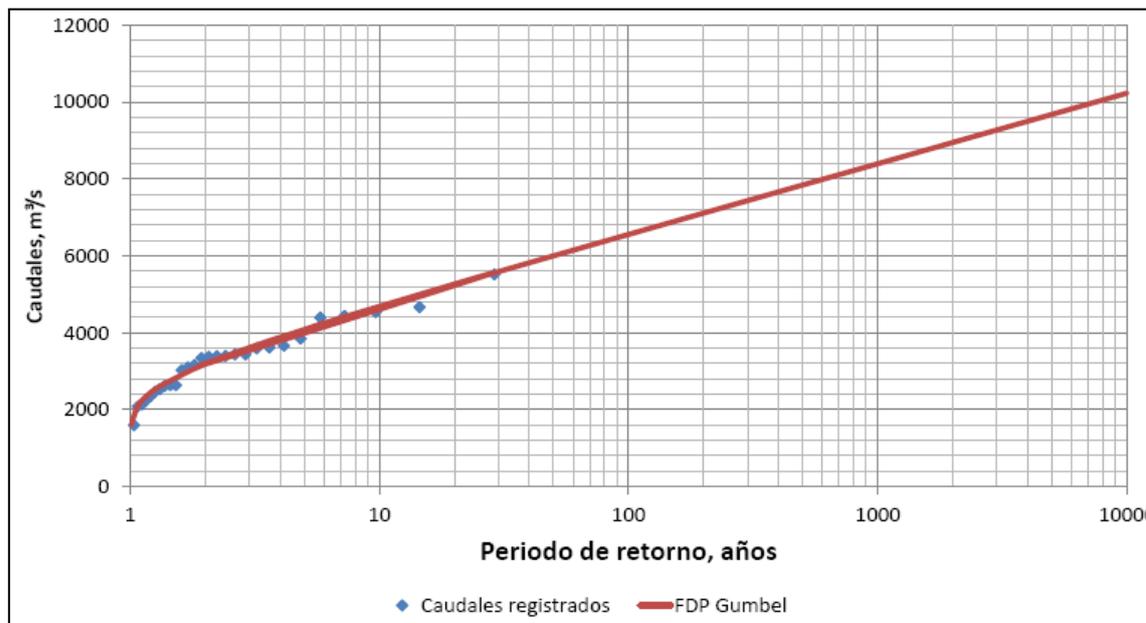


Gráfico 10- 8: Extrapolación de los caudales máximos aportados por el río Zamora al sitio del proyecto

Fuente: CFE- ACOTECNIC Cía. Ltda. / Elaborado por: CFE- ACOTECNIC Cía. Ltda.

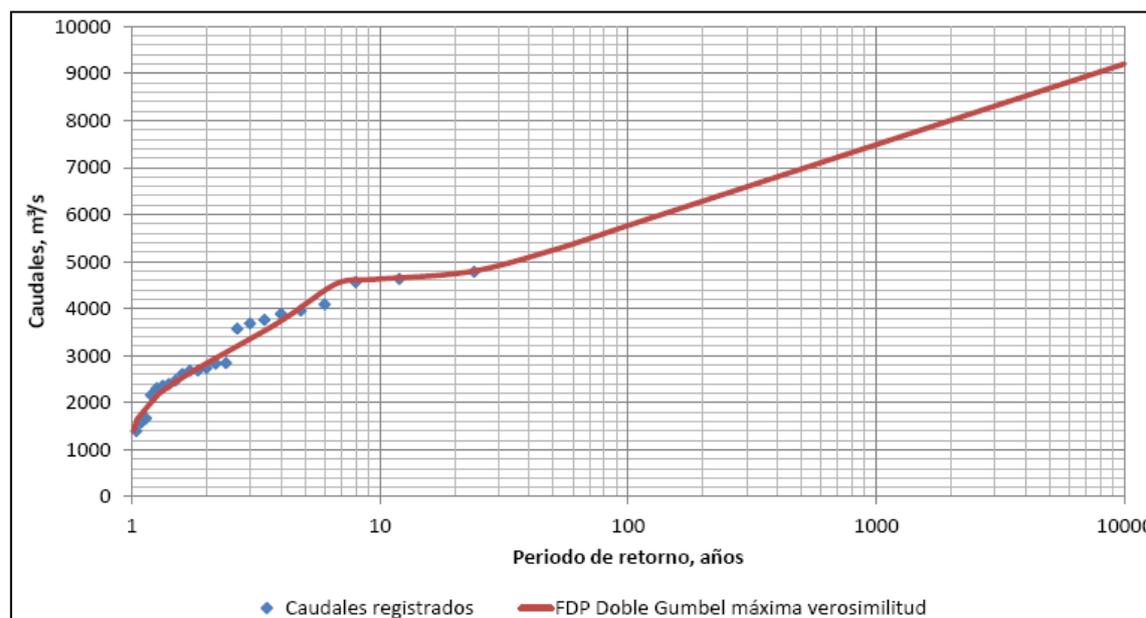


Gráfico 10- 9: Extrapolación de los caudales máximos aportados por el río Namangoza al sitio del proyecto.

Fuente: CFE- ACOTECNIC Cía. Ltda. / Elaborado por: CFE- ACOTECNIC Cía. Ltda.

En lo que respecta al río Coangos no se dispone de información de caudales máximos, no obstante, se utiliza la información de caudales máximos de la estación Bomboiza AJ Zamora (Tabla 10- 37), cuya subcuenca pertenece a la misma región hidrológica que la subcuenca del río Coangos. Los caudales máximos para diferentes periodos de retorno en la estación Bomboiza AJ Zamora se determinaron mediante un ajuste a una función de distribución de probabilidad general de valores extremos EVIII. Finalmente, por relación de áreas se determinó los caudales máximos para diferentes periodos de retorno en el río Coangos.

En lo que respecta a la subcuenca del río Negro, subcuenca del río Paute AJ Upano, subcuenca del río Upano, subcuenca del río Namangoza AJ Yungantza, subcuenca del río Namangoza AJ Yuquianza, los caudales máximos para diferentes periodos de retorno se obtuvieron por relación de áreas con los caudales máximos de la subcuenca del río Namangoza.

En la Tabla 10- 38 se muestran los valores de los caudales medios diarios y caudales para diferentes periodos de retorno de las subcuencas de aporte a la red hidrográfica del Área 1 del PHS, así como las respectivas áreas de la cuenca de aporte.

Tabla 10- 38: Caudales medios diarios y caudales máximos para diferentes periodos de retorno en las subcuencas de aporte a la red hidrográfica del Área 1 del PHS

Subcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Caudal medio diario (m <sup>3</sup> /s)	Caudales para diferentes periodos de retorno (m <sup>3</sup> /s)											
			2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
Río Negro	780	53	203	293	332	340	376	413	451	500	537	574	623	660
Río Paute	5600	140	1459	2106	2383	2443	2699	2967	3234	3586	3852	4118	4470	4736
Río Paute AJ Upano	6412	194	1670	2411	2728	2797	3091	3397	3703	4107	4411	4716	5118	5423
Río Upano	3739	334	974	1406	1591	1631	1802	1981	2159	2394	2572	2749	2984	3162
Río Namangoza AJ Yungantza	10188	529	2654	3831	4335	4444	4910	5398	5883	6524	7008	7492	8132	8616
Río Namangoza AJ Yukianza	10781	560	2808	4054	4587	4703	5196	5712	6225	6904	7416	7928	8605	9117
Río Namangoza	10887	566	2836	4094	4632	4749	5247	5768	6287	6972	7489	8006	8690	9207
Río Zamora	11369	820	3182	4085	4683	5256	5998	6555	7109	7840	8392	8945	9675	10227
Río Santiago G8	22259	1385	6018	8180	9315	10006	11246	12323	13396	14812	15881	16951	18364	19434
Santiago DJ Coangos	23134	1436	6401	8637	9857	10656	12059	13280	14524	16051	17382	18553	20186	21346

Fuente y Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

### Áreas propensas a inundación

La modelación hidráulica se realizó en los diferentes tramos de estudio, definidos a partir de los puntos de control correspondientes a las subcuencas de aporte a la red hidrográfica del Área 1 del PHS. La Figura 10- 38, muestra los tramos en los cuales se realizó la simulación hidráulica para determinar los niveles de agua obtenidos para los caudales de avenida.

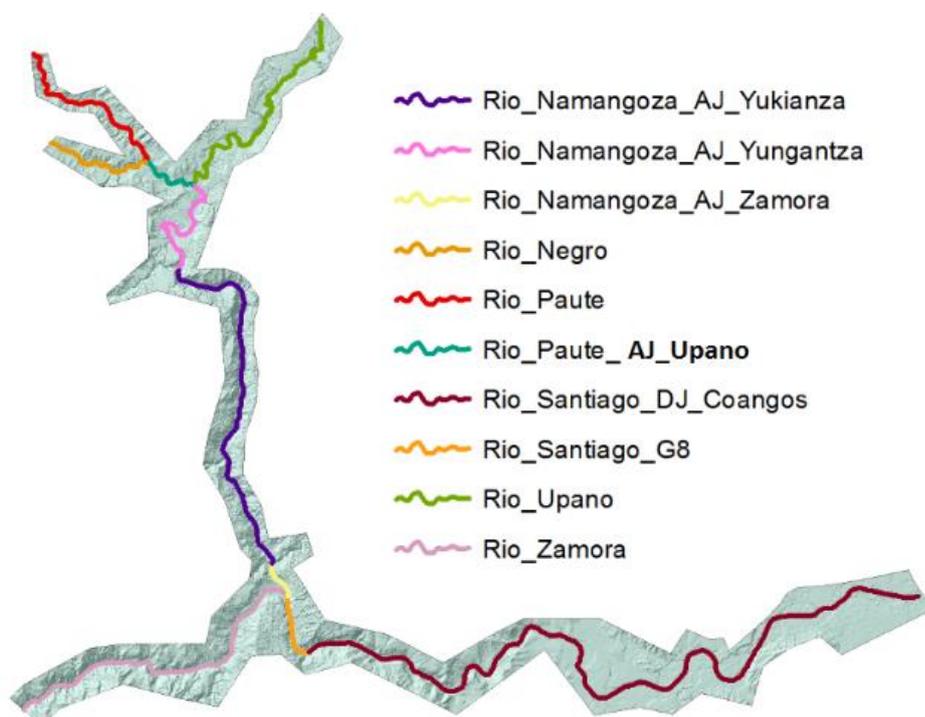


Figura 10- 38: Tramos de estudio dentro de la red hidrográfica del Área 1 del PHS  
Fuente y Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

Los resultados de la simulación hidráulica fueron importados a ARC GIS en forma de información vectorial y matricial para una mejor visualización de los resultados, facilitando de esta manera el cálculo de las áreas propensas a inundación.

La Tabla 10- 39 muestra las áreas propensas a inundación para caudales de diferentes periodos de retorno, expresada en hectáreas (ha). Los resultados se muestran para los diferentes tramos de estudio y para la totalidad de la red hidrográfica del Área 1.

Tabla 10- 39: Áreas propensas a inundación en los tramos de estudio del Área 1 del PHS

Tramo de estudio	Áreas propensas a inundación (ha) para diferentes periodos de retorno (Tr)											
	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
Río Negro	84	92	95	95	98	100	102	106	107	109	111	113
Río Paute	140	149	152	152	156	158	160	162	164	166	168	170
Río Paute AJ Upano	34	36	36	36	37	38	39	40	40	41	41	42
Río Upano	234	259	266	267	272	278	284	290	295	299	304	308
Río Namangoza AJ Yungantza	98	103	105	105	107	109	111	113	114	116	118	119
Río Namangoza AJ Yukianza	236	247	251	252	256	260	263	267	270	274	277	280
Río Namangoza	27	28	28	29	29	29	30	30	30	30	31	31
Río Zamora	208	216	221	224	229	232	235	239	242	245	248	252
Río Santiago G8	59	56	59	57	53	55	62	56	62	60	61	58
Santiago DJ Coangos	1721	1827	1876	1902	1948	1997	2028	2077	2118	2149	2200	2226
<b>TOTAL ÁREA 1</b>	<b>2840</b>	<b>3012</b>	<b>3089</b>	<b>3121</b>	<b>3184</b>	<b>3256</b>	<b>3313</b>	<b>3380</b>	<b>3443</b>	<b>3489</b>	<b>3560</b>	<b>3599</b>

Fuente y Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

### Sensibilidad a las crecidas

La susceptibilidad a eventos torrenciales se ha determinado a través del cálculo del porcentaje de afectación con respecto a la superficie total del Área 1 del PHS, la cual es de 37 864 ha. La

Tabla 10- 40 muestra el porcentaje de zonas inundables para los diferentes tramos de estudio y para la totalidad de la red hidrográfica del Área 1.

Los resultados destacan que la susceptibilidad a los eventos torrenciales varía entre 7,5% para un periodo de retorno de 2 años a 9,5% para un periodo de retorno de 10.000 años. Se destaca que no existe una variación muy marcada en el grado de susceptibilidad para los caudales de diferentes periodos de retorno, lo cual está asociado principalmente a que se trata de ríos de montaña, donde el cauce es muy ancho, lo que hace que el incremento del área de inundación asociada al nivel de agua para periodos de retorno altos sea poco representativo.

Tabla 10- 40: Indicador del grado de sensibilidad del Área 1 del PHS a eventos torrenciales

Tramo de estudio	Porcentaje de zonas inundables para diferentes periodos de retorno (Tr)											
	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
Río Negro	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Río Paute	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Río Paute AJ Upano	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Río Upano	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Río Namangoza AJ Yungantza	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Río Namangoza AJ Yukianza	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Río Namangoza	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Río Zamora	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7
Río Santiago G8	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
Santiago DJ Coangos	4.5	4.8	5.0	5.0	5.1	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9
<b>TOTAL ÁREA 1</b>	<b>7.5</b>	<b>8.0</b>	<b>8.2</b>	<b>8.2</b>	<b>8.4</b>	<b>8.6</b>	<b>8.8</b>	<b>8.9</b>	<b>9.1</b>	<b>9.2</b>	<b>9.4</b>	<b>9.5</b>

Fuente y Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

## Conclusiones

El presente estudio utiliza un procedimiento metodológico que permite cuantificar la susceptibilidad a los eventos torrenciales en el Área 1 del PHS. Se calculan las áreas propensas a inundación para caudales de avenida de diferentes periodos de retorno en diferentes tramos de la red hidrográfica del Área 1, definidos en base a las subcuencas de aporte más representativas de los ríos Zamora, Namangoza y Santiago.

El grado de sensibilidad se establece a través de la determinación del porcentaje de afectación con respecto al Área 1 del PHS. El porcentaje de área inundable varía entre el 7,5% para caudales con periodo de retorno de 2 años y 9,5% para caudales con periodo de retorno de 10000 años, pudiendo evidenciarse que hay una pequeña variación entre el mínimo y el máximo de periodo de retorno, que es concordante con la hidromorfología del área de estudio, que presenta cauces muy encañonados.

### 10.2.3.1.5 Sensibilidad atmosférica

La evaluación de la sensibilidad atmosférica se establece en base al análisis de los componentes calidad del aire y ambiente acústico (ruido), en términos de susceptibilidad del área bajo estudio a la incidencia potencial de elementos que alteren el estado actual de estos factores ambientales.

A efectos de categorizar la sensibilidad del componente atmosférico en el área 1, se definen 3 indicadores que permiten establecer el estado actual de la calidad del aire y del ambiente acústico. Estos se enumeran y describen a continuación:

1. Fuentes generadoras de emisiones y ruido ambiental
2. Nivel de inmisión y de ruido ambiental
3. Receptores potenciales

En la Tabla 10- 41, se presenta la asignación de puntajes de evaluación para los 3 indicadores de acuerdo a los criterios de evaluación definidos.

Tabla 10- 41: Indicadores de sensibilidad atmosférica

Indicador	Descripción	Criterios de evaluación	Asignación de puntaje
Fuentes generadoras de emisiones y ruido ambiental	Referido a la presencia de fuentes generadoras de emisiones y ruido, tanto naturales como antropogénicas. Estas últimas pueden ser fijas (industrias, canteras, áreas descubiertas, etc.) o móviles (tráfico vehicular liviano y pesado; y naturales). Se considera una mayor sensibilidad cuanto menor sea la presencia de fuentes generadoras de emisiones y ruido.	<u>Niveles de emisión:</u> No existen fuentes antropogénicas de contaminación por emisiones. Los niveles de inmisión se deben únicamente a procesos naturales como generación de COVs de la vegetación. Un incremento en emisiones significaría una evidente alteración a la calidad de aire ambiente. <u>Ruido:</u> No existen fuentes antropogénicas ni naturales generadoras de ruido. La presencia de una fuente generadora de ruido, significaría una evidente alteración a los niveles de ruido.	3
		<u>Niveles de emisión:</u> No existen fuentes antropogénicas de contaminación por emisiones. Pueden existir emisiones de fuentes naturales como material particulado por viento en superficies erosionadas o ácido sulfhídrico en zonas pantanosas. Un incremento en emisiones significaría una alteración a la calidad de aire ambiente en varios de los parámetros de medición, aunque no en todos. <u>Ruido:</u> No existen fuentes antropogénicas pero puede existir fuentes naturales generadoras de ruido por sobre los 45 dBA. La presencia de una fuente generadora de ruido, significaría una evidente alteración a los niveles de ruido.	2
		<u>Niveles de emisión:</u> Existen fuentes antropogénicas de contaminación por emisiones. Pueden existir emisiones de fuentes naturales como material particulado, dióxido de azufre por emisiones volcánicas. Un incremento en fuentes de emisiones no significaría una alteración a la calidad de aire ambiente <u>Ruido:</u>	1

Indicador	Descripción	Criterios de evaluación	Asignación de puntaje
		Existen fuentes antropogénicas, y el ruido natural por fuentes naturales se encuentra por sobre los 60 dBA <sup>1</sup> . Un incremento de ruido por fuentes adicionales no significaría evidentes alteraciones al calidad de aire nivel sonoro <b>Nota 1:</b> Valor obtenido del Libro VI Anexo 5, Tabla 1, Nivel de presión sonora equivalente para Zona Comercial, horario de 6h00 a 20h00.	
Nivel de inmisión y de ruido ambiental actual	Definido por el nivel de inmisión gaseosa y de material particulado: NOx, SOx, COVs, H <sub>2</sub> S (olores), PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> y el nivel de ruido ambiental (dBA) determinados en la línea base ambiental y comparados con los niveles permisibles determinados en la normativa ambiental vigente TULAS Tabla 5, Anexos IV y VI, y la Guía de Calidad del Aire de la OMS Se considera una mayor sensibilidad cuando los parámetros de inmisión cumplen la normativa y guías de calidad. La sensibilidad será menor si los valores registrados en la línea base de emisiones y ruido sobrepasan los límites permisibles en la normativa ambiental vigente.	<u>Niveles de Inmisión:</u> Todos los parámetros de nivel de inmisión cumplen lo establecido en el TULAS y se encuentran por debajo de lo establecido en las guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS) <u>Ruido:</u> Todos los parámetros de ruido ambiental cumplen lo establecido en el TULAS	3
		<u>Niveles de Inmisión:</u> Los parámetros de inmisión cumplen parcialmente los parámetros del TULAS y de las Guías de la OMS, así cumplen el valor menos restrictivo pero no el de mayor restricción. <u>Ruido:</u> Los parámetros de ruido ambiental cumplen y no cumplen lo establecido para el uso de suelo establecido en el TULAS pero no supera los 60 dBA	2
		<u>Niveles de Inmisión:</u> Los parámetros de inmisión no cumplen los parámetros del TULSMA ni los de las guías de la OMS. <u>Ruido:</u> Los parámetros de ruido ambiental cumplen y no cumplen lo establecido, superando los 60 dBA <sup>2</sup> <b>Nota 2:</b> Valor obtenido del Libro VI Anexo 5, Tabla 1, Nivel de presión sonora equivalente para Zona Comercial, horario de 6h00 a 20h00.	1
Receptores potenciales	Referido a la presencia de receptores sensibles (vulnerables) cercanos al área de instalación y operación de equipos maquinaria y vehículos (comunidades y/o centros poblados). La sensibilidad será mayor cuanto mayor sea la presencia de receptores potenciales.	Existen poblaciones sensibles que podrían ser afectadas por las instalaciones.	3
		Existen poblaciones que podrían ser afectadas, sin embargo están habituadas a ambientes parcialmente contaminados (habitantes de ciudades o centros industriales)	2
		No existen receptores sensibles	1

Fuente y Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

## Resultados

A fin de establecer la sensibilidad en el componente atmosférico, se procede a aplicar los criterios de evaluación en cada uno de los sitios utilizados en el monitoreo de calidad del aire en el levantamiento de línea base ambiental.

En la Tabla 10- 42 se detallan las unidades de análisis (puntos de muestreo) de sensibilidad atmosférica para el Área 1 y su distribución geográfica se la visualiza en la Figura 10- 39 y Mapa: SBS-003 Área 1. Sensibilidad atmosférica.

Tabla 10- 42: Puntos considerados para la valoración de los indicadores.

Unidad de análisis	Calificación de indicadores					Puntaje total	Categoría de sensibilidad atmosférica	Unidad cartográfica	
	Fuentes generadoras de emisiones	Nivel de inmisiones		Receptores potenciales					
Punto 1 Rancho Quemado	Fuentes de ruido identificadas: Actividades humanas (<60 dBA) Fuentes de emisión de gases: quema de leña	2	Calidad de Aire: Cumple Ruido: 45 dBA	3	Receptor potencial: Comunidad Rancho Quemado	3	8	Alta	
Punto 2 Puente Yuquianza - La Unión	Fuentes de ruido identificadas: Actividades humanas (<60 dBA), río (>60 dBA)	1	Calidad de Aire: Cumple Ruido: 57 dBA	2	Receptor potencial: Comunidades Yuquianza y La Unión	3	6	Media	
Punto 3 Ipiakum	Fuentes de ruido identificadas: actividades humanas (<60 dBA) Fuentes de emisión de gases: quema de leña	2	Calidad de Aire: Cumple Ruido: 41 dBA	3	Receptor potencial: Comunidad Ipiakum	3	8	Alta	
Punto 4 Santiago de Méndez	Fuentes de ruido identificadas: actividades humanas (>60 dBA) Fuentes de emisión de gases: tráfico vehicular, uso de solventes (COV), material particulado	1	Calidad de Aire: Cumple parcialmente (Niveles de PM10 sobre la norma OMS pero cumple TULAS) Ruido: 55 dBA	2	Receptor potencial: Méndez - población acostumbrada a niveles de inmisión y ruido medios	2	5	Media	
Punto 5 Chinimbimi	Fuentes de ruido identificadas: actividades humanas (>60 dBA) Fuentes de Emisión de gases: tráfico vehicular, uso de solventes (COV)	1	Calidad de Aire: Cumple parcialmente (Niveles de PM10 sobre la norma OMS pero cumple TULAS) Ruido: 60 dBA	2	Receptor Potencial: Chinimbimi - población acostumbrada a niveles de inmisión y ruido medios	2	5	Media	
Punto 6 Banco de Material (Área Natural no intervenida)	Fuentes generadoras de ruido: Naturaleza (< 60 dBA)	3	Calidad de Aire: Cumple Ruido: 42 dBA	3	No existen receptores potenciales	1	7	Alta	

Unidad de análisis	Calificación de indicadores			Puntaje total	Categoría de sensibilidad atmosférica	Unidad cartográfica
	Fuentes generadoras de emisiones	Nivel de inmisiones	Receptores potenciales			
Punto 7 Tiwintza	Fuentes de ruido identificadas: actividades humanas (>60 dBA) Fuentes de Emisión de gases: tráfico vehicular, uso de solventes (COV), material particulado	1 Calidad de Aire: Solo datos de PM10 disponibles (Cumple TULAS pero no OMS) Ruido: 57 dBA	2 Receptor Potencial: Tiwintza - población acostumbrada a niveles de inmisión y ruido medios	5	Media	

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

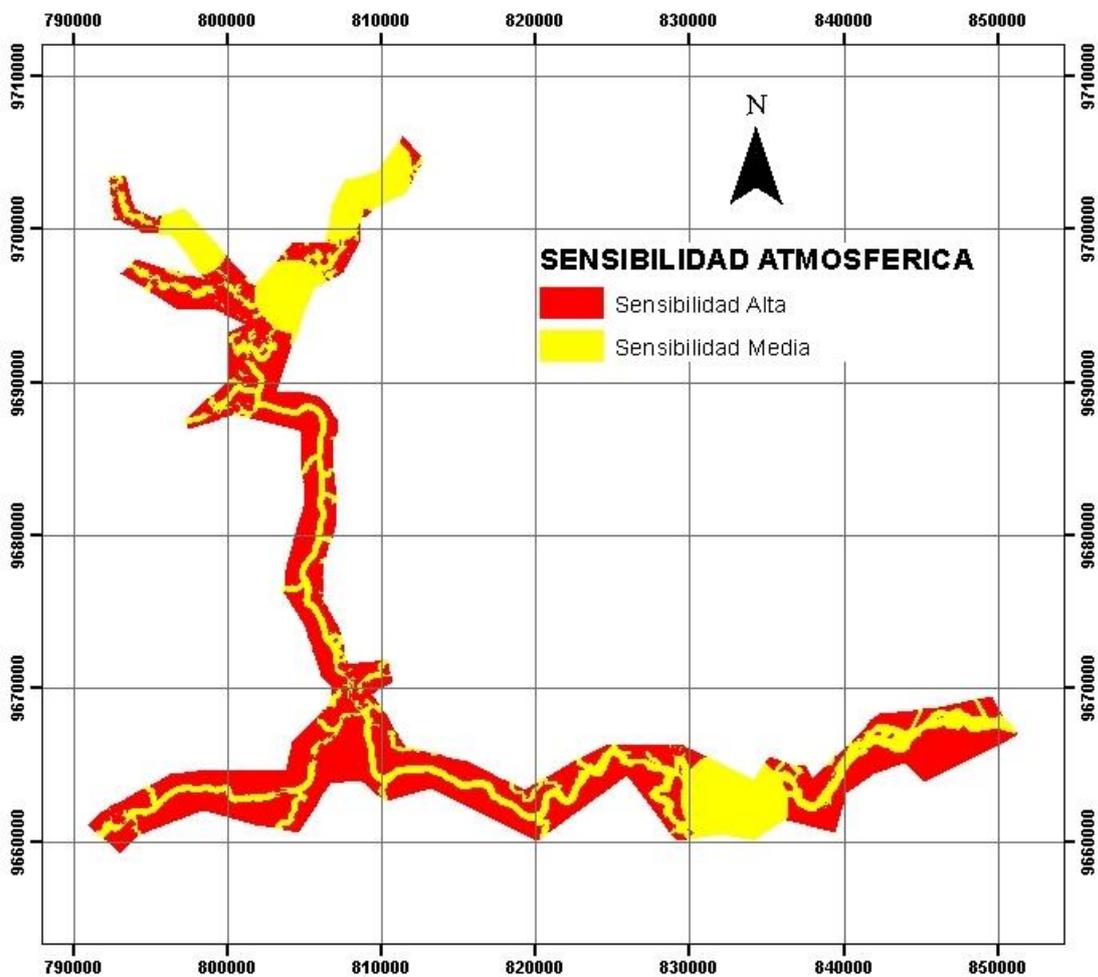


Figura 10- 39: Área 1. Áreas de sensibilidad atmosférica

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

En la Tabla 10- 43 se cuantifica la superficie de acuerdo a su sensibilidad.

Tabla 10- 43: Área por categoría de sensibilidad atmosférica.

Categoría de sensibilidad atmosférica	Unidad cartográfica	Área (ha)	Porcentaje del Área 1 (%)
Alta		22392,91	59,1
Media		15471,21	40,9
Baja		0,00	0,0
<b>TOTAL</b>		<b>37864,12</b>	<b>100,0</b>

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

### Conclusiones

El análisis integrado de emisiones en el Área 1 del PH Santiago, destaca como resultado una baja incidencia de emisiones de NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>; las existentes se generan principalmente por actividades antropogénicas como tráfico vehicular y la combustión de combustibles; por otra parte, las emisiones de COV generadas se deben principalmente a la densa vegetación natural. En relación al ruido ambiental existente dentro del Área 1, se destaca que como fuentes generadoras de origen natural se citan el viento, sonidos de animales y el flujo del agua en los cursos de agua superficiales; y, como fuentes de origen antrópico el tráfico vehicular, siendo éste de baja incidencia en las carreteras pero alta en las zonas urbanas.

Lo anterior destaca, un grado de sensibilidad atmosférica alto para todos los sectores del Área 1 que no tienen una influencia humana importante; por otra parte, los conglomerados urbanos y vías de comunicación que unen a estos muestran una sensibilidad media.

#### 10.2.3.2 Áreas de sensibilidad biótica

El análisis relacionado con los ecosistemas naturales, permite identificar las áreas de sensibilidad biótica en la zona del proyecto, las mismas que podrían ser afectadas por las actividades antrópicas; y por tanto, deben considerarse las medidas adecuadas para prevenir y evitar daños a ellas.

De esta manera, el análisis de sensibilidad del componente biótico define:

- Áreas sensibles por ecosistemas naturales terrestres
- Áreas sensibles por ecosistemas naturales acuáticos

##### 10.2.3.2.1 Áreas sensibles por ecosistemas naturales terrestres

En esta categoría se incluyen a todas aquellas áreas naturales que presentan valores notables de flora y/o fauna silvestre (biodiversidad, endemismo, etc.) y/o cuyas funciones –dados por los bienes y servicios ambientales que ofertan- destacan un papel importante en el equilibrio ecológico y que están representadas por los ecosistemas naturales que se encuentran al

interior del área de estudio, y cuya fragilidad es manifiesta, toda vez que al ser intervenidos el proceso de degradación es progresivo siendo muy difícil su recuperación.

Metodológicamente, para efectos del presente análisis, el grado de sensibilidad de los ecosistemas naturales terrestres está determinado por tres indicadores:

Tabla 10- 44: Grado de sensibilidad de los ecosistemas naturales terrestres

INDICADOR	DESCRIPCION	CRITERIO DE EVALUACION	PUNTAJE
Estado de intervención del ecosistema	<p>Indicador relacionado con el grado de alteración antrópica de la vegetación natural (talas, ampliación frontera agropecuaria, etc.)</p> <p>Se considera una mayor sensibilidad en aquellos ecosistemas que mantienen condiciones de baja o leve intervención humana; su riqueza florística y faunística es alta y su capacidad para suministrar los bienes y servicios ambientales aún no ha sido afectada.</p> <p>La sensibilidad se vuelve menor cuando los ecosistemas han sido ya intervenidos por el hombre y se ha perdido o reducido su diversidad faunística y florística así como su capacidad de generar bienes y servicios ambientales.</p>	<p>Ecosistemas naturales con leve o ningún nivel de intervención humana.</p> <p>La complejidad estructural de la vegetación está relacionada con el número de especies y la presencia de estratos (herbáceo, matorral, arbóreo). Se considera que las comunidades vegetales que tengan un mayor número de especies y conformen estratos presentan una mayor complejidad estructural y a su vez mayor sensibilidad debido a que su equilibrio depende de múltiples factores.</p>	3
		<p>Estas áreas se consideran de mayor sensibilidad por su importancia en el mantenimiento de la fauna silvestre. El valor de la vegetación como hábitat para la fauna silvestre refleja la importancia que esta tiene como suministradora de alimento, refugio y lugar para la reproducción. Un área con mayor número de especies vegetales y la conformación de estratos favorece el establecimiento de un mayor número de especies de fauna silvestre.</p>	
		<p>Ecosistemas naturales con moderado nivel de intervención humana. Existe extracción o tala selectiva de especies arbóreas del bosque.</p> <p>Ecosistemas naturales muy intervenidos por la acción humana. Bosques secundarios con rodales aislados y dispersos, pero conservan algunas características de su composición florística original.</p>	2
		<p>Ecosistemas antropizados o áreas agroproductivas</p>	1
Rareza del ecosistema	<p>Se refiere a la singularidad del ecosistema en un área de estudio y generalmente se caracteriza por altos niveles de endemismo de especies.</p> <p>Este factor permite identificar a los ecosistemas con distribución restringida o muy rara, frente a los ecosistemas con distribución amplia.</p> <p>(Ministerio del Ambiente y Desarrollo</p>	<p>Ecosistemas de distribución muy restringida y restringida (menor al 15% de la superficie del área 1)</p>	3
		<p>Ecosistemas de distribución media (entre el 15% y el 30% de la superficie del área 1)</p>	2
		<p>Ecosistema de distribución amplia a muy amplia (mayor al 30% de la superficie del área</p>	1

INDICADOR	DESCRIPCION	CRITERIO DE EVALUACION	PUNTAJE
	Sostenible, Colombia). Se considera que si su distribución es más restringida, mayor es su sensibilidad.	1)	
Endemismo y vulnerabilidad de especies vegetales	Se refiere a la presencia de especies endémicas (que son propias de la región) o especies con algún grado de vulnerabilidad (especies con algún criterio verdadero de amenaza: Peligro crítico CR, En Peligro EN y Vulnerable VU)	Presencia de especies endémicas y vulnerables	3
		Presencia de especies endémicas o vulnerables	2
		No hay presencia de especies endémicas ni vulnerables	1

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

La aplicación de los indicadores en el área de estudio y sus resultados se describen a continuación:

Para determinar la sensibilidad de los ecosistemas naturales terrestres, se utilizó la Evaluación Multicriterio, la cual basa su funcionamiento en la evaluación de alternativas, a partir de la definición de criterios (atributo u objetivo que se considera relevante para un determinado problema). Es importante destacar el rol que juega la asignación de valores de las alternativas, la que según los estudios de línea base realizada por parte de cada uno de los especialistas puede ser evaluada en forma cuantitativa (peso o ponderación), o en forma cualitativa u ordinal (jerarquía). Valpreda, E. 2005.

Se evaluó el estado de intervención del ecosistema, la rareza del ecosistema y por último el endemismo y vulnerabilidad de las especies vegetales presentes en los diferentes tipos de ecosistemas encontrados, se pondero con 40 % al estado de intervención así como al endemismo y vulnerabilidad, el restante 20 % se le otorgó al criterio de rareza del ecosistema, los pesos de los criterios fueron analizados por un equipo multidisciplinario, el cual dio más valor a los dos primeros (40%) ya que poseen información que fue levantada en la etapa de línea base, no así el mapa del criterio de rareza que fue elaborada a partir de la información proporcionada por Ministerio del Medio Ambiente en su obra del año 2013 "Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental".

Una vez obtenidos los criterios de ponderación y su peso (%), se procedió a mapear cada uno de ellos, para luego aplicar el modelo multicriterio en un sistema de información geográfica, el cual superpone los diferentes shapes de información, los mismos que contienen los valores asignados según la metodología y los pondera por los pesos otorgados por el equipo multidisciplinario, proporcionando un mapa con los valores resultantes de dicha operación.

El valor total alcanzado permitirá ubicar en la categoría de sensibilidad de acuerdo a la siguiente estratificación:

Tabla 10- 45: Categoría de sensibilidad

RANGO DE PUNTAJE	CATEGORIA DE SENSIBILIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPRESENTACIÓN CROMÁTICA
1	BAJA	No se reconocen afectaciones perceptibles al medio; su recuperación ocurre de una forma rápida.	
2	MEDIA	Se pueden presentar moderados desequilibrios producto de acciones externas; se precisa acciones de control para su recuperación.	
3	ALTA	La intervención al medio por cualquier actividad produce alteraciones que pudieren afectar considerablemente el ecosistema y a veces de manera irreversible o afecta la seguridad de las personas. Se requiere implementar medidas eficaces de alto nivel de complejidad en conservación ambiental.	

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

### Resultados

En la Tabla 10- 46 se detallan las unidades de sensibilidad biótica de los ecosistemas terrestres para el Área 1 y su distribución geográfica se la visualiza en la Figura 10- 40 y Mapa SBS-004 ÁREA 1: Sensibilidad biótica de los ecosistemas naturales terrestres.

Tabla 10- 46: Área en hectáreas de las diferentes categorías de sensibilidad de los ecosistemas terrestres.

SENSIBILIDAD ECOSISTEMAS TERRESTRES			
SENSIBILIDAD	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)	
Alta		4447,57	11,75
Media		22554,39	59,57
<b>SUBTOTAL:</b>		<b>27001,96</b>	<b>71,31</b>
<b>OTROS</b>			
Intervención		7814,63	20,64
Eriales (Afloramiento Rocoso, Banco de Arena)		351,17	0,93
Infraestructura (Camino, Cantera, Centro Poblado, Pista Aérea)		613,82	1,62
Río Doble		2082,54	5,50
<b>SUBTOTAL:</b>		<b>10862,16</b>	<b>28,69</b>
<b>TOTAL:</b>		<b>37864,12</b>	<b>100,00</b>

Fuente y elaborado por: ACOTECNIC, 2015

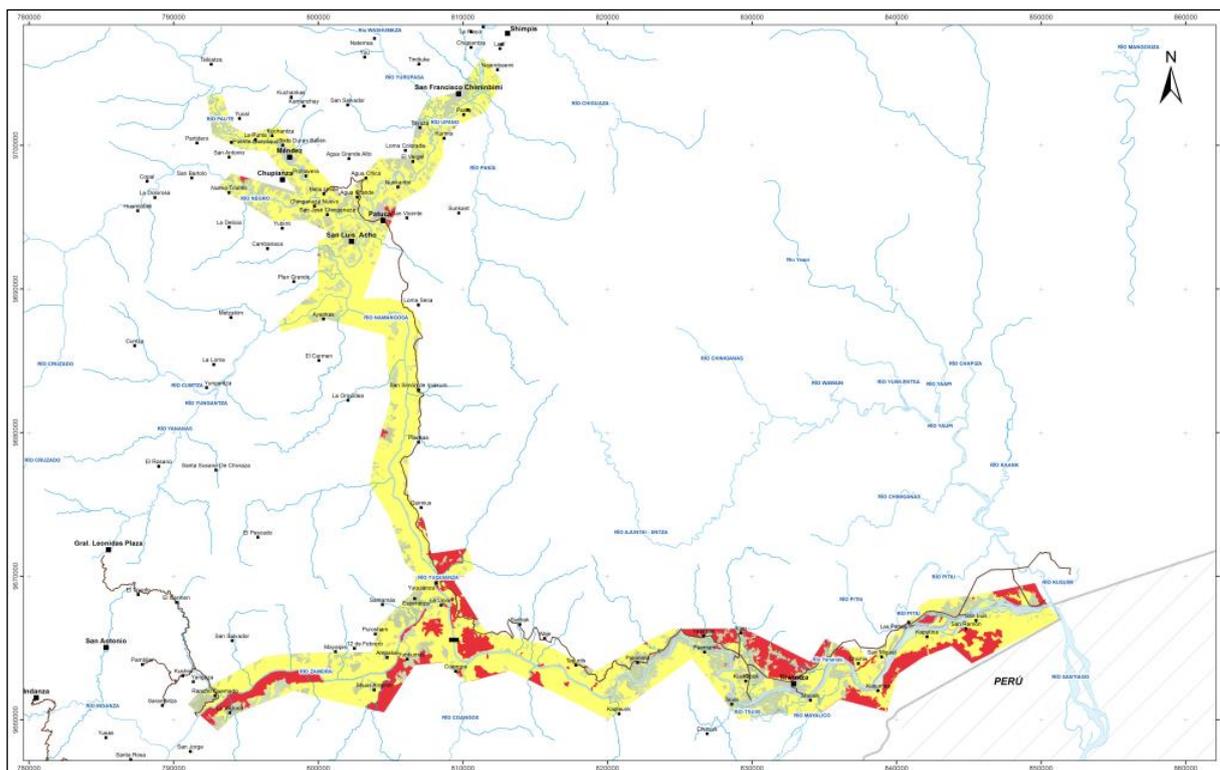


Figura 10- 40: Ecosistemas terrestres sensibles en el área 1 del PHS.

Fuente y elaborado por: ACOTECNIC, 2015

## Conclusiones

Se puede observar que el 28.69 % del territorio ya no conserva los ecosistemas naturales y han sido sustituidos por Infraestructura, agricultura y ganadería, del 71,31% restante el 59,57% se lo considera con una sensibilidad media, donde se pueden presentar moderados desequilibrios producto de acciones externas, precisando acciones de control para su recuperación, y el 11,75 posee una sensibilidad alta, en la cual, la intervención al medio por cualquier actividad produce alteraciones que pudieren afectar considerablemente el ecosistema, en donde se requiere implementar medidas eficaces de alto nivel de complejidad en conservación ambiental.

### 10.2.3.2.2 Áreas sensibles por ecosistemas naturales acuáticos

Forman parte de éstos, las corrientes superficiales de agua dulce de régimen natural, representadas por los ríos y drenajes secundarios continentales.

Metodológicamente, para efectos del estudio, el grado de sensibilidad de los cuerpos de agua está determinado por el riesgo a contaminación, siendo todos ellos sensibles a estos procesos: cualquier impacto que pase del umbral de lo moderado, puede afectar la calidad del agua y así perjudicar a los recursos ictiológicos y a los servicios ambientales que prestan los recursos hídricos para los diversos usos.

Los indicadores considerados para el análisis de sensibilidad de los diferentes cuerpos hídricos son:

Tabla 10- 47: Indicadores para análisis de sensibilidad de cuerpos hídricos

INDICADOR		CRITERIO DE EVALUACION	PUNTAJE
Índice de calidad físico-química del agua ICA	<p>Define niveles de calidad del agua en función de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos que permiten obtener el grado de contaminación en la fecha que se realiza el muestreo. The National Sanitation Fundation, NSF:</p> <p>Está expresado como porcentaje de pureza; es así que agua de muy mala calidad tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento; en cambio que, en aguas de excelente calidad el índice será cercano a 100%.</p> <p>Ver Tabla 10- 48</p> <p>La sensibilidad se considera mayor en los cursos de agua que actualmente mantienen un buen indicador de calidad y definido por los valores que presentan los índices de calidad del agua ICA, obtenidos en los estudios de línea base.</p> <p>Están sujetos a un mayor riesgo de contaminación; caso contrario sucede en aquellos cuerpos de agua en donde actualmente la contaminación tiene niveles que destacan restricciones a los diversos usos y por tanto su sensibilidad es de baja incidencia.</p> <p>Los ríos que fueron calificados con una sensibilidad media son aquellos que ya tienen un leve grado de impacto debido a las actividades antropogénicas o a las condiciones naturales de la zona.</p>	<p>Calidad: buena a muy buena</p> <p>ICA:</p> <p>75 &lt; 90</p> <p>&gt; 90</p>	3
		<p>Calidad: medio</p> <p>ICA:</p> <p>50 &lt; 75</p>	2
		<p>Calidad: muy malo a malo</p> <p>ICA:</p> <p>&lt; 25</p> <p>25 &lt; 50</p>	1
Índice de calidad biológica del agua (BMWP)	<p>Analiza la composición de los macrozoobentos acuáticos a nivel de familia y de acuerdo a su tolerancia a la contaminación, asignándole a cada familia un puntaje de acuerdo a su capacidad de supervivencia a distintos niveles de contaminación, 10 a los más sensibles o menos tolerantes y 1 a los tolerantes o resistentes (Zamora, 2003).</p> <p>La sensibilidad se considera mayor en los cursos de agua que actualmente mantienen un buen indicador de calidad, definido por los valores que presenta el BMWP, obtenidos en los estudios de línea base en el área de estudio.</p> <p>Están sujetos a un mayor riesgo de contaminación; caso contrario sucede en aquellos cuerpos de agua en donde actualmente la contaminación ha alcanzado niveles que destacan restricciones a los diversos usos y por tanto su sensibilidad es catalogada como de baja incidencia.</p>	<p>Calidad: buena a muy buena, buena y aceptable</p> <p>BMWP:</p> <p>I</p> <p>II</p>	3
		<p>Calidad: dudosa</p> <p>BMWP:</p> <p>III</p>	2
		<p>Calidad: crítica a muy crítica</p> <p>BMWP:</p> <p>IV</p> <p>V</p>	1
Caudal del río	<p>Se refiere al volumen de agua medido en un determinado tiempo.</p> <p>En ríos de pequeña magnitud (ríos secundarios, quebradas) que presentan caudales bajos, tienen una mayor facilidad de saturación con menor volumen de contaminantes y presenta por tanto mayor sensibilidad. En ríos de gran magnitud que</p>	<p>Drenajes de pequeña magnitud con caudales medios menores de 100 m<sup>3</sup>/s</p>	3
		<p>Drenajes de mediana magnitud con caudales entre 100 m<sup>3</sup>/s y 1000</p>	2

INDICADOR		CRITERIO DE EVALUACION	PUNTAJE
	presentan grandes caudales, por el contrario, presentan mayor capacidad de dilución y presentan una menor sensibilidad a los procesos contaminantes.	m3/s Drenajes de gran magnitud con caudales medios mayores a 1000 m3/s	1

Tabla 10- 48: Índice de Calidad físico química del agua WQI

Rango	Índice de Calidad	
<= 25	Muy malo	
25 < 50	Malo	
50 < 75	Medio	
75 < 90	Bueno	
> 90	Excelente	

Fuente: National Sanitation Foundation. NSF  
Elaborado por: ACOTECNIC Cía. Ltda. 2012

### Índice de calidad biológica del agua BMWP

Tabla 10- 49: Clases, valores y características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP.

Clase	Calidad	BMWP	Características	Color
I	Muy Buena	≥ 121	Aguas muy limpias	Azul oscuro
	Buena	101 - 120	Aguas limpias	Azul claro
II	Aceptable	61 - 100	Aguas medianamente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36 - 60	Aguas contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16 - 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Crítica	≤ 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: EIAD 2014. / Elaborado por: ACOTECNIC Cía. Ltda.

En base a la información de línea base y la descripción del proyecto. El grado de sensibilidad para los diferentes cuerpos hídricos se presenta en la

Tabla 10- 50. Los análisis de aguas realizados señalan el estado actual de contaminación de estos ecosistemas.

### Metodología

La aplicación de los indicadores en el área de estudio y sus resultados se describen a continuación:

Para determinar la sensibilidad de los ecosistemas naturales acuáticos, se utilizó la Evaluación Multicriterio, la cual basa su funcionamiento en la evaluación de alternativas, a partir de la definición de criterios (atributo u objetivo que se considera relevante para un determinado problema). Es importante destacar el rol que juega la asignación de valores de

las alternativas, la que según los estudios de línea base realizada por parte de cada uno de los especialistas puede ser evaluada en forma cuantitativa (peso o ponderación), o en forma cualitativa u ordinal (jerarquía). Valpreda, E. 2005.

Se evaluó el índice de calidad del agua ICA, el índice de calidad biológica del agua BMWP y por último el caudal del río, se pondero con 33 % al índice de calidad del agua ICA, así como al índice de calidad biológica del agua BMWP, el restante 32 % se le otorgó al criterio de caudal del río, los pesos de los criterios fueron analizados por un equipo multidisciplinario.

Una vez obtenidos los criterios de ponderación y su peso (%), se procedió a mapear cada uno de ellos, para luego aplicar el modelo multicriterio en un sistema de información geográfica, el cual superpone los diferentes shapes de información, los mismos que contienen los valores asignados según la metodología y los pondera por los pesos otorgados por el equipo multidisciplinario, proporcionando un mapa con los valores resultantes de dicha operación.

El valor total alcanzado permitirá ubicar en la categoría de sensibilidad de acuerdo a la siguiente estratificación:

Tabla 10- 50: Grado de sensibilidad de cuerpos hídricos

RANGO DE PUNTAJE	CATEGORIA DE SENSIBILIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPRESENTACIÓN CROMATICA
1	BAJA	No se reconocen afectaciones perceptibles al medio; su recuperación ocurre de una forma rápida.	
2	MEDIA	Se pueden presentar moderados desequilibrios producto de acciones externas; se precisa acciones de control para su recuperación.	
3	ALTA	La intervención al medio por cualquier actividad produce alteraciones que pudieren afectar considerablemente el ecosistema y a veces de manera irreversible o afecta la seguridad de las personas. Se requiere implementar medidas eficaces de alto nivel de complejidad en conservación ambiental.	

Fuente y elaborado: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

## Resultados

En la Tabla 10- 51 se detalla las unidades de sensibilidad biótica de los ecosistemas acuáticos para el Área 1 y su distribución geográfica se la visualiza en el Mapa: SBS-005. Área 1. Sensibilidad biótica de los ecosistemas naturales acuáticos.

Tabla 10- 51: Área en hectáreas de las diferentes categorías de sensibilidad de los ecosistemas

terrestres.

SENSIBILIDAD ECOSISTEMAS ACUÁTICOS			
SENSIBILIDAD		ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
Alta		796,94	31,44
Media		1738,11	68,56
<b>TOTAL:</b>		<b>2535,05</b>	<b>100,00</b>

Fuente: ACOTECNIC, 2015

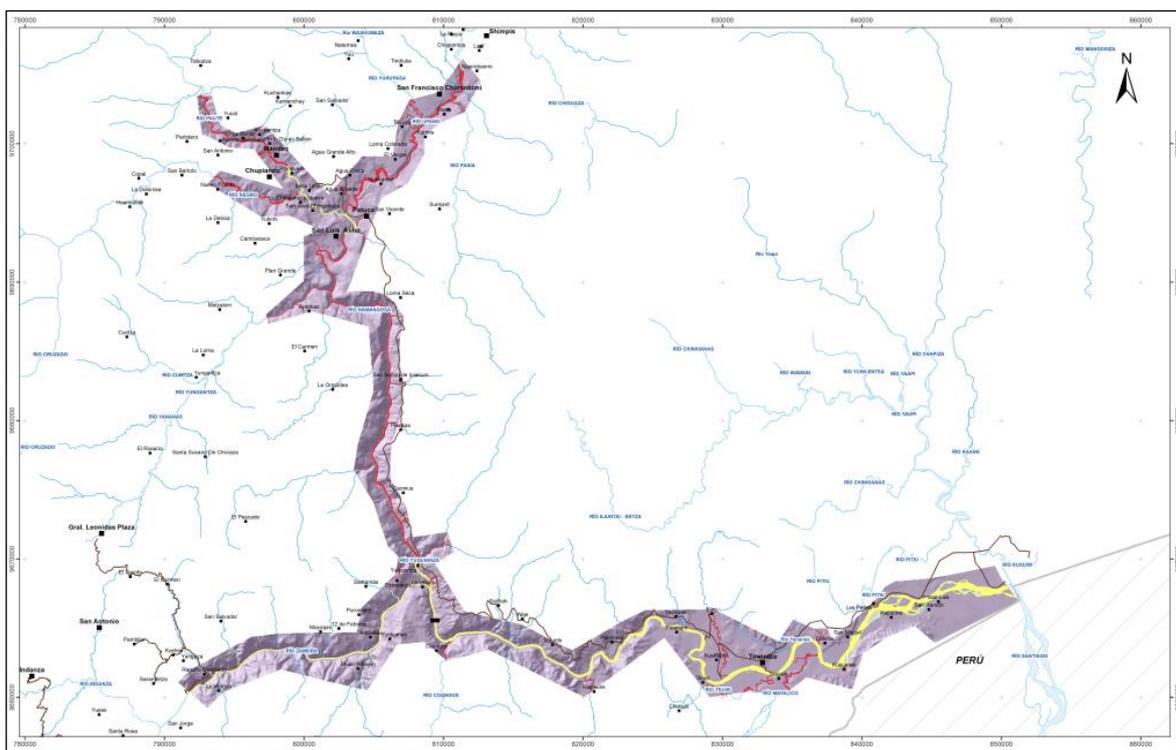


Figura 10- 41: Ecosistemas terrestres sensibles en el Área 1 del PHS

### Conclusiones

Se puede observar que el 68,56 % de los cuerpos lóticos se lo considera con una sensibilidad media, donde se pueden presentar moderados desequilibrios producto de acciones externas, precisando acciones de control para su recuperación, y el 31,44 posee una sensibilidad alta, en la cual, la intervención al medio por cualquier actividad produce alteraciones que pudieren afectar considerablemente el ecosistema, en donde se requiere implementar medidas eficaces de alto nivel de complejidad en conservación ambiental.

### 10.2.3.3 Áreas de sensibilidad social y económica

Los parámetros de análisis que determinan el grado de sensibilidad socioeconómica están definidos por posibles afectaciones a los factores sociales, culturales y económicos que estructuran la sociedad; debilitamiento generado por la introducción y presencia de agentes humanos externos, trabajadores foráneos y actividades distintas a las tradicionales y

cotidianas.

El concepto utilizado para la determinación de las áreas de sensibilidad socioeconómica y cultural se basa principalmente en la potencial afectación sobre la población y comunidades locales y en las actividades económicas y elementos culturales que se vuelven vulnerables ante la presencia de un determinado proyecto y sus actividades.

Los grados de sensibilidad social se determinan por el grado de influencia que las acciones antrópicas de los futuros agentes externos generarán sobre la condición actual de los factores que componen el sistema social.

El análisis de sensibilidad social y económica para el área del P. H. Santiago incluye las siguientes categorías:

- Áreas sensibles por presencia de asentamientos poblacionales
- Áreas sensibles por presencia de territorios indígenas y etnias nativas
- Áreas sensibles por actividades económicas

#### **10.2.3.3.1 Áreas sensibles por presencia de asentamientos poblacionales**

Esta categoría de sensibilidad incluye criterios cuantitativos relacionados con la presencia de los centros poblados que se hallan en el Área 1, y que por el hecho de su cercanía física se hallan expuestos a varios factores que inciden en la sensibilidad de la población local.

Las áreas de sensibilidad social por comunidades vinculadas con el proyecto están consideradas a partir de tres indicadores cuya evaluación se la realiza mediante el análisis de la información recopilada en las boletas de “Encuesta de Equipamiento Comunitario” y “Encuesta de Equipamiento en Cabeceras” (Apéndice 2.3.1 Comp Social Anexos fichas de encuesta A. 3 Ficha equipamiento). Estos indicadores se registran en la Tabla 10- 52, y se describen a continuación:

1. Distancia del centro poblado al sitio de obras en construcción.
2. Número de habitantes del centro poblado
3. Dotación de servicios básicos que aportan a la salubridad

El indicador “Distancia del centro poblado al sitio de obras en construcción”, evalúa la distancia del centro poblado al punto de construcción del proyecto: distancias de 0 a 1 km tendrán gran afectación por ruido y vibraciones; distancias entre 1 km a 3 km tendrá una afectación media por los efectos antes mencionados; y finalmente, en distancias mayores a 3 km los efectos serán de bajos a imperceptibles.

Para el indicador “Número de habitantes del centro poblado”, el criterio de evaluación se establece mediante la estratificación de la distribución de la población de las unidades de análisis en tres estratos.

Para realizar esta estratificación se referencio al eje Y (número de habitantes), con escalas de 50 unidades; el eje X corresponde a los asentamientos en el Área 1.

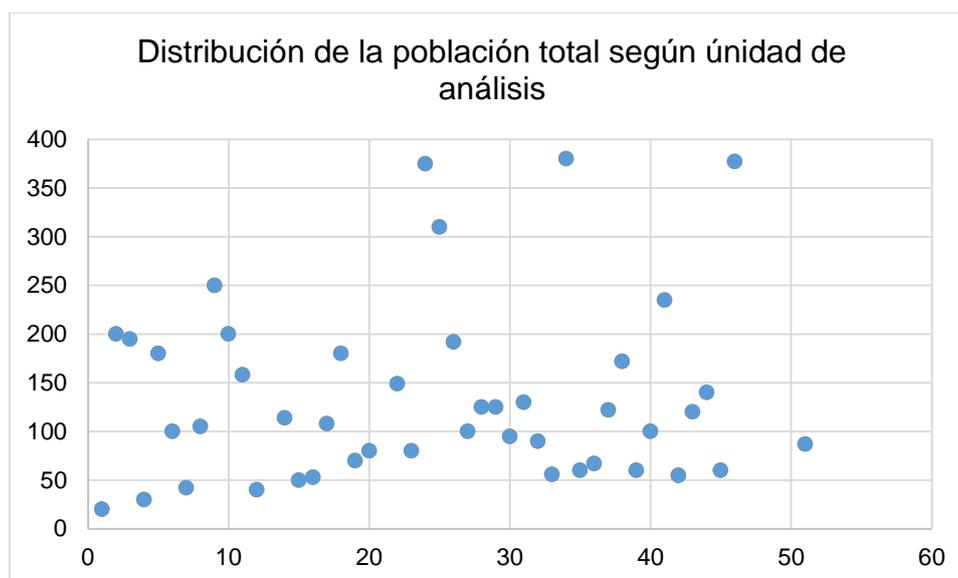


Gráfico 10- 10: Distribución de la población total según unidad de análisis

Fuente: Encuesta socio-económica 2014.

Elaborado por: ACOTECNIC CÍA LTDA.

En el Gráfico 10- 10 se puede visualizar el agrupamiento de la distribución en función al número de habitantes. En base a esta distribución se estableció el criterio de evaluación que determina la densidad de casos en cada rango; para este indicador se definió a la brecha que separa a cada estrato densidad inferior a 5 casos por unidad de rango. De esta manera, el primer estrato se encuentra de 0 a 50 personas con una densidad de 4 casos por unidad de rango. El segundo estrato, abarca una población desde los 50 a los 200 habitantes; en este estrato la densidad promedio por unidad de rango corresponde a 12 casos por unidad de escala. El tercer estrato se forma a partir del valor 200, en donde la densidad en cada rango vuelve cae por debajo del valor mínimo definido.

Para la asignación de puntajes de valoración, una vez establecidos los estratos se asoció con la sensibilidad respectiva, resultando una valoración Baja (1) para asentamientos que poseen una población menor a 51 habitantes; una valoración Media (2) para poblados con 51 a 200 habitantes, y una valoración Alta (e3) para asentamientos con poblaciones mayores a los 200 habitantes.

El indicador “Dotación de servicios básicos que aportan a la salubridad” evalúa la dotación de agua potable, eliminación de basura por carro recolector y conexión al sistema de alcantarillado para el desalojo de aguas residuales, servicios que aportan a la salubridad de un asentamiento. La inexistencia de estos servicios representa una Alta sensibilidad al equilibrio salubre del asentamiento ante la llegada de personas externas, al aumentar la cantidad de desechos que se generan y se asigna el valor de 3. La dotación de uno o dos de los servicios, representan una valoración Media (2). Por último, la dotación de los tres servicios corresponde a una valoración Baja (1) al tener una capacidad de respuesta mayor ante el aumento de desechos generados por la llegada de personas externas.

Tabla 10- 52: Criterios para definir la sensibilidad por presencia de asentamientos poblacionales.

Indicador	Descripción	Criterio de evaluación	Asignación de puntaje
Distancia del centro poblado al sitio de obras en construcción	Referido a la cercanía física de los centros poblacionales o asentamientos humanos al punto de construcción del proyecto y su grado de exposición a varios factores que inciden en una mayor o menor sensibilidad de la población local. La mayor o menor sensibilidad depende del grado de exposición a la intervención antrópica; entre más cerca se ubique una población a la actividad o peligro potencial, mayor será su grado de sensibilidad.	Distancia $\leq$ 1 km	3
		1 km < Distancia $\leq$ 3 km	2
		Distancia > 3 km	1
Número de habitantes del centro poblado	Indicador relacionado al tamaño de la población del asentamiento cercano al proyecto. El nivel de sensibilidad se encuentra relacionado con el número de habitantes del centro poblado, presentando una mayor sensibilidad ante una mayor población.	Población > 200 habitantes	3
		50 habitantes < Población $\leq$ 200 habitantes	2
		Población $\leq$ 50 habitantes	1
Dotación de servicios básicos que aportan a la salubridad del asentamiento	Referido a la dotación de tres servicios básicos: agua potable, conexión a la red de alcantarillado y eliminación de basura por carro recolector. El grado de sensibilidad estará determinado por la dotación o no de estos tres servicios, teniendo un asentamiento una sensibilidad alta cuando no posea ninguno de estos servicios y una sensibilidad baja cuando los posea todos.	Sin dotación de servicios	3
		Servicios incompletos	2
		Dotación de todos los servicios	1

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda.  
Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

## Resultados

A fin de establecer la sensibilidad por presencia de asentamientos poblacionales se aplican los criterios de evaluación a las...comunidades inventariadas en los estudios de línea base al interior del Área 1.

Los resultados obtenidos de sensibilidad social se registran en la Tabla 10- 53 y se la representa gráficamente en la siguiente figura y el Mapa: SBS-006. Área 1. Sensibilidad socioeconómica por presencia de asentamientos poblacionales. Para mayor detalle acerca de la evaluación de los indicadores que correspondientes a esta sensibilidad, véase Apéndice 8.1 Indicadores Sensibilidad Social; “Construcción de sensibilidad por presencia de asentamientos poblacionales”.



Tabla 10- 53: Sensibilidad por presencia de asentamientos poblacionales

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores					Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad por Asentamientos Poblacionales	Unidad Cartográfica
	Distancia del centro poblado al sitio de obras en construcción		Número de habitantes del centro poblado		Dotación de servicios básicos que aportan a la salubridad del asentamiento			
Ampakai	Distancia > 3 km	1	Población <= 50 habitantes	1	Sin dotación de servicios	3	5	MEDIA
Ayankas	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA
Bella Unión	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Dotación de todos los servicios	1	4	MEDIA
Charip	Distancia > 3 km	1	Población <= 50 habitantes	1	Sin dotación de servicios	3	5	MEDIA
Chichis	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Servicios incompletos	2	5	MEDIA
Chinganaza Nuevo	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Servicios incompletos	2	5	MEDIA
Coangos	1 km < Distancia <= 3 km	2	Población <= 50 habitantes	1	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA
Kapisunk	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA
Kaputna	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Sin dotación de servicios	3	7	ALTA
Kiim	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA
Kuchantza	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores						Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad por Asentamientos Poblacionales	Unidad Cartográfica
	Distancia del centro poblado al sitio de obras en construcción		Número de habitantes del centro poblado		Dotación de servicios básicos que aportan a la salubridad del asentamiento				
Kurints	Distancia > 3 km	1	Población <= 50 habitantes	1	Servicios incompletos	2	4	MEDIA	
Kushapuk	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Servicios incompletos	2	6	MEDIA	
Kusumas	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA	
La Esperanza	Distancia > 3 km	1	Población <= 50 habitantes	1	Sin dotación de servicios	3	5	MEDIA	
La Unión	1 km < Distancia <= 3 km	2	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	7	ALTA	
La Victoria	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA	
Mayaik	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA	
Mayaipis	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA	
Nuevo Triunfo	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Servicios incompletos	2	5	MEDIA	
Nunkantai	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Servicios incompletos	2	6	MEDIA	
Paantam	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA	

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores						Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad por Asentamientos Poblacionales	Unidad Cartográfica
	Distancia del centro poblado al sitio de obras en construcción		Número de habitantes del centro poblado		Dotación de servicios básicos que aportan a la salubridad del asentamiento				
Palomino	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Servicios incompletos	2	5	MEDIA	
Pania	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Servicios incompletos	2	6	MEDIA	
Peñas	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Servicios incompletos	2	6	MEDIA	
Piankas	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA	
Puente Guayaquil	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Servicios incompletos	2	5	MEDIA	
Quimius	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Servicios incompletos	2	5	MEDIA	
Saant San José	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Servicios incompletos	2	5	MEDIA	
San José de Chinganaza	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA	
San Luis	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA	
San Miguel	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Servicios incompletos	2	5	MEDIA	
San Ramón	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA	

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores					Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad por Asentamientos Poblacionales	Unidad Cartográfica
	Distancia del centro poblado al sitio de obras en construcción		Número de habitantes del centro poblado		Dotación de servicios básicos que aportan a la salubridad del asentamiento			
			habitantes					
San Simón de Ipiakum	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Servicios incompletos	2	6	MEDIA
Sharian	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA
Shuar Ampam	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA
Suritiak	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA
Tayunts	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA
Tsapa	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA
Tsuits	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Servicios incompletos	2	5	MEDIA
Tuntiak	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Sin dotación de servicios	3	7	ALTA
Waje	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA
Yapapas	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores					Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad por Asentamientos Poblacionales	Unidad Cartográfica
	Distancia del centro poblado al sitio de obras en construcción		Número de habitantes del centro poblado		Dotación de servicios básicos que aportan a la salubridad del asentamiento			
Yuquianza	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Sin dotación de servicios	3	7	ALTA
Yunkumas	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Sin dotación de servicios	3	6	MEDIA
Cabecera Méndez	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Dotación de todos los servicios	1	5	MEDIA
Cabecera Patuca	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Dotación de todos los servicios	1	5	MEDIA
Cabecera San de Francisco Chinimbimi	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Dotación de todos los servicios	1	5	MEDIA
Cabecera San Luis de El Acho	Distancia > 3 km	1	50 habitantes < Población <= 200 habitantes	2	Dotación de todos los servicios	1	4	MEDIA
Cabecera Tayuza	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Dotación de todos los servicios	1	5	MEDIA
Cabecera Tiwintza	Distancia > 3 km	1	Población > 200 habitantes	3	Dotación de todos los servicios	1	5	MEDIA

Fuente: ACOTECNIC CÍA LTDA.  
Elaborado por: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

## **Conclusiones**

El 92,16 % de las unidades de análisis poseen una sensibilidad media, y el 7,84 % una sensibilidad alta. Los asentamientos que poseen una sensibilidad alta corresponden a Kaputna, La Unión, Yuquianza y Tuntiak. Estos cuatro asentamientos carecen de servicios básicos, poseen poblaciones superiores a los 200 habitantes, y a excepción de La Unión, que se encuentra a una distancia menor a 3 km del punto de construcción, se hallan a distancias superiores a los 3 km. Por otro lado, no se registran asentamientos con sensibilidad baja en esta sensibilidad.

En los asentamientos con sensibilidad media, se ha identificado una tendencia en sus indicadores. Estos poblados se caracterizan por poseer sus centros poblados a distancias superiores a los 3 km del punto de construcción, representando una baja sensibilidad en esta variable. Adicionalmente, estos asentamientos poseen en su gran mayoría poblaciones menores a los 200 habitantes, correspondiendo a una sensibilidad media. Por último, gran parte de estos asentamientos no cuentan con servicios básicos, por lo que en este indicador poseen una sensibilidad alta.

La mayoría de asentamientos con sensibilidad media se encuentran al límite de poseer una sensibilidad alta. El indicador referente a la distancia del centro poblado con respecto al punto de construcción desempeña un papel clave para determinar el grado de sensibilidad media de los asentamientos.

Se observa que la carencia de servicios es, en muchos casos, independiente del número de pobladores del asentamiento. Como por ejemplo, al comparar las comunidades Kaputna con La Esperanza se evidencia que aunque tienen poblaciones muy diferentes, mayor a 200 habitantes y menor a 50 habitantes respectivamente, ambas unidades de análisis no poseen servicios básicos.

### **10.2.3.3.2 Áreas sensibles por presencia de territorios indígenas y etnias nativas**

La importancia de la presencia de los pueblos indígenas en la región amazónica lo constituye el hecho de que sus asentamientos se ubican en resguardos que son territorios de propiedades colectivas con una organización social propia.

Para la evaluación de la sensibilidad por presencia de territorios y etnias nativas se definen tres indicadores, cuya información se la obtiene de la “Encuesta de Equipamiento Comunitario”, “Encuesta de Equipamiento en Cabeceras”, “Encuesta de Actores Institucionales”, “Encuesta de Actores Sociales”, “Encuesta Socioeconómica” (Apéndice 3.3.3 Área 1\_social). Estos indicadores se conceptualizan a continuación:

1. Población indígena (%)
2. Porcentaje de territorio indígena
3. Grado de influencia social indígena

Para la asignación de puntajes de valoración para la evaluación de los indicadores se definen los siguientes criterios:

El primer indicador, “Población indígena”, evalúa la conformación, según identidad, de la población de la unidad de análisis. Una alta sensibilidad con un valor de (3) corresponde a asentamientos que posean una población mayoritaria indígena; estos asentamientos

representan localidades en donde se mantiene la estructura del pueblo shuar como un todo. Una sensibilidad media con valor (2), corresponde a asentamientos con población mixta shuar-colono, con una variación de  $\pm 10\%$ ; en estos asentamientos por lo general la población colona dispone de título individual de sus propiedades, por lo que la estructura de la comunidad shuar como un todo se ve reducida. Una baja sensibilidad y el valor (1) representan territorios en los cuales la menor parte de la población es de identidad shuar.

El segundo indicador, “Porcentaje de territorio indígena”, evalúa la cantidad de territorio indígena que se encuentra en el interior del Área 1. Se establece una sensibilidad alta para un porcentaje mayor o igual a 60 % de territorio shuar dentro del área de análisis y se asigna el valor (3). Una sensibilidad media (2) para un porcentaje de entre 20 % a 60 % de territorio indígena dentro del área de estudio. Por último, un porcentaje de territorio indígena menor al 20 % dentro del área, representará una sensibilidad baja (1). Los rangos que evalúan la sensibilidad de este indicador corresponden a los propuestos en los apartados de “Terreno” en las metodologías para la valoración de predios a ser indemnizados, para mayor detalle véase el Apéndice 8.2 Metodología para la valoración de predios.

El indicador, “Grado de influencia social indígena”, evalúa la influencia que posee el principal actor de cada unidad de análisis hacia sus bases indígenas. Debido a la estructura del poder del pueblo shuar, caracterizada por una organización jerárquica vertical, un nivel alto de influencia social se traduce en asentamientos alineados a los ideales y políticas de sus líderes. El nivel de influencia del actor principal, y por lo tanto el grado de sensibilidad, se define de la siguiente manera:

- Alta (3): actores con influencia en la toma de decisiones y plenamente reconocidos por sus bases.
- Media (2): actores reconocidos por sus bases y con influencia al informar, pero sin influencia en la toma de decisiones de sus bases.
- Baja (1): actores no reconocidos por sus bases y sin influencia en la toma de decisiones.

Los principales actores sociales del Área 1, concernientes según la metodología desarrollada, se los detalla en la Tabla 10- 54. Si bien existen actores que se encuentran ubicados fuera del área de emplazamiento de obras, como es el caso de la Federación Interprovincial de Centros Shuar (FICSH), estos tienen influencia directa sobre asentamientos que si se encuentran dentro del área de estudio por lo que su integración al estudio es de relevancia.

Tabla 10- 54: Principales actores sociales del Área 1

Nº	Sede		Nombre	Influencia Social Indígena
	Cantón	Parroquia		
2	Sucúa	Sucúa	Federación Interprovincial de Centros Shuar	Alta
3	N/D	N/D	Organización Shuar del Ecuador	Baja
4	Limón Indanza	General Leonidas Plaza	GAD Cantonal, Limón Indanza	Baja

Nº	Sede		Nombre	Influencia Social Indígena
	Cantón	Parroquia		
5	Santiago de Méndez	Cabecera de Méndez	GAD Cantonal, Santiago de Méndez	Baja
6	Tiwintza	Santiago	GAD Cantonal, Tiwintza	Alta
7	Santiago de Méndez	Chupianza	GAD Parroquial, Chupianza	Baja
8	Santiago de Méndez	Patuca	GAD Parroquial, Patuca	Alta
9	Limón Indanza	San Antonio	GAD Parroquial, San Antonio	Alta
10	Santiago de Méndez	San Francisco de Chinimbimi	GAD Parroquial, San Francisco de Chinimbimi	Alta
11	Santiago de Méndez	San Luis del Acho	GAD Parroquial, San Luis del Acho	Baja
12	Limón Indanza	Santa Susana de Chiviaza	GAD Parroquial, Santa Susana de Chiviaza	Baja
13	Santiago de Méndez	Tayuza	GAD Parroquial, Tayuza	Baja

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda.  
Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

En la Tabla 10- 55 se presentan los indicadores antes descritos según su criterio de evaluación y grado de sensibilidad.

Tabla 10- 55: Sensibilidad por presencia de territorios indígenas y etnias nativas.

Indicador	Descripción	Criterio de evaluación	Asignación de puntaje
Población indígena	Referido a la composición poblacional del asentamiento. El grado de sensibilidad está relacionado con la cantidad de población shuar en comparación a la población colona.	Población mayoritaria shuar	3
		Población mixta colono-shuar	2
		Población minoritaria shuar	1
Porcentaje de territorio indígena	Referido a la cantidad de territorio indígena dentro del Área 1. Una mayor cantidad de territorio indígena dentro del área de estudio representará una mayor sensibilidad.	Territorio indígena => 60 %	3
		20 % <= Territorio indígena < 60 %	2
		Territorio indígena < 20 %	1
Grado de influencia social indígena	Referido a la fortaleza de la estructura social indígena dentro de cada asentamiento. Un mayor grado de sensibilidad estará denotado por una mayor influencia de los principales actores de cada asentamiento hacia sus bases. Un menor grado de sensibilidad estará relacionado con una influencia social indígena baja entre el principal actor hacia sus bases.	Influencia alta	3
		Influencia media	2
		Influencia baja	1

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda. Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.



Tabla 10- 56: Sensibilidad por presencia de territorios indígenas y etnias nativas

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores				Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad por Territorios Indígenas y Etnias Nativas	Unidad Cartográfica		
	Población indígena		Porcentaje de territorio indígena					Actores con influencia social	
Ampakai	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Ayankas	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia baja	1	6	MEDIA	
Bella Unión	Población minoritaria shuar	1	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia baja	1	4	MEDIA	
Charip	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Chichis	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Chinganaza Nuevo	Población minoritaria shuar	1	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia baja	1	4	MEDIA	
Coangos	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Kapisunk	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Kaputna	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Kimm	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Kuchantza	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Kurints	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Kushapuk	Población	3	20 % <= Territorio	2	Influencia alta	3	8	ALTA	

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores						Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad por Territorios Indígenas y Etnias Nativas	Unidad Cartográfica
	Población indígena		Porcentaje de territorio indígena		Actores con influencia social				
	mayoritaria shuar		indígena < 60 %						
Kusumas	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
La Esperanza	Población minoritaria shuar	1	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia baja	1	4	MEDIA	
La Unión	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
La Victoria	Población minoritaria shuar	1	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	6	MEDIA	
Mayaik	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Mayaipis	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Nuevo Triunfo	Población minoritaria shuar	1	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia baja	1	4	MEDIA	
Nunkantai	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Paantam	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Palomino	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Pania	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Peñas	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores						Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad por Territorios Indígenas y Etnias Nativas	Unidad Cartográfica
	Población indígena		Porcentaje de territorio indígena		Actores con influencia social				
Piankas	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Puente Guayaquil	Población minoritaria shuar	1	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia baja	1	4	MEDIA	
Quimius	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Saant San José	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
San José de Chinganaza	Población minoritaria shuar	1	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia baja	1	4	MEDIA	
San Luis	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
San Miguel	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
San Ramón	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
San Simón de Ipiakum	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Sharian	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Shuar Ampam	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Suritiak	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Tayunts	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores						Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad por Territorios Indígenas y Etnias Nativas	Unidad Cartográfica
	Población indígena		Porcentaje de territorio indígena		Actores con influencia social				
Tsapa	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Tuntiak	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Waje	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Yapapas	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Yuquianza	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Yunkumas	Población mayoritaria shuar	3	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	8	ALTA	
Cabecera Méndez	Población minoritaria shuar	1	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia baja	1	4	MEDIA	
Cabecera Patuca	Población minoritaria shuar	1	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	6	MEDIA	
Cabecera San de Francisco Chinimbimi	Población minoritaria shuar	1	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	6	MEDIA	
Cabecera San Luis de El Acho	Población minoritaria shuar	1	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia baja	1	4	MEDIA	
Cabecera Tayuza	Población minoritaria shuar	1	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia baja	1	4	MEDIA	
Cabecera Tiwintza	Población mixta colono-shuar	2	20 % <= Territorio indígena < 60 %	2	Influencia alta	3	7	ALTA	

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda.  
Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

## **Conclusiones**

Se deduce una alta sensibilidad a nivel en toda el área de análisis por presencia de territorio indígena y etnias nativas. Esta alta sensibilidad está caracterizada por una población mayoritariamente indígena y una influencia social indígena alta de parte de los principales líderes.

Al momento de analizar los resultados de la sensibilidad por presencia de asentamientos indígenas y etnias nativas se determina que el 74 % de las unidades de análisis poseen una sensibilidad alta frente las alteraciones que el PH Santiago podría generar en el área. El 13 % de las unidades de análisis posee una sensibilidad media; y finalmente, no se registran asentamientos con un grado de sensibilidad baja.

Los asentamientos que poseen un grado de sensibilidad alta corresponden a 1 cabecera cantonal (Tiwintza), y 36 comunidades. Al analizar en términos porcentuales cada tipo de asentamiento, se obtiene que el 16,67 % de las cabeceras poseen una sensibilidad alta, frente al 81,81 % de comunidades con el mismo grado de sensibilidad. Bajo este mismo esquema, el 83,33 % de las cabeceras poseen una sensibilidad media, frente al 18,19 % de las comunidades con el mismo nivel de sensibilidad.

A nivel de comunidades, siete se encuentran conformadas por una población colona mayoritaria, como es el caso de Bella Unión, Chinganaza Nuevo, La Esperanza, La Victoria, Nuevo Triunfo, Puente de Guayaquil y San José de Chinganaza. Esta estructura poblacional, junto con una influencia social shuar baja, marcan la tendencia en los asentamientos que poseen una sensibilidad media. En el caso de Ayankas, si bien esta comunidad corresponde a un asentamiento conformado mayoritariamente por población indígena, el grado medio de su sensibilidad se debe a su actor principal. A diferencia de las demás 36 comunidades mayoritariamente shuar que se encuentra bajo la estructura de la FICSH, Ayankas se encuentra bajo la Organización Shuar del Ecuador (OSHE), cuya influencia social se establece como baja.

La falta de asentamientos con una sensibilidad baja por presencia de territorios indígenas y etnias nativas concuerda con la realidad de la zona, caracterizada por una presencia y dominio mayoritario de población indígena, especialmente bajo la influencia directa de la Federación Interprovincial de Centros Shuar (FICSH). Dentro del área, el principal actor, bajo en enfoque de influencia social shuar, corresponde a la FICSH. Dicho actor tiene alta influencia y de manera directa sobre el 74 % de los asentamientos, particularmente sobre las comunidades. Las cabeceras cantonales y parroquiales mantienen los esquemas de Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs), siendo estas dirigidas en el Área 1 por diversas tendencias políticas como Alianza País, MUPP-PACHAKUTIK, y Alianza Juntos por Morona Santiago.

### **10.2.3.3.3 Áreas sensibles relacionadas con la economía**

Las condiciones económicas de la población residente en el área de influencia del proyecto la ubican en una situación de sensibilidad económica respecto de factores externos provocados por la presencia del proyecto.

La sensibilidad respecto a la parte económica incluye tres componentes:

- Áreas de sensibilidad por actividades agroproductivas
- Áreas de sensibilidad por presencia de minería artesanal
- Áreas de sensibilidad por presencia de concesiones mineras

### **a) Áreas de sensibilidad por actividades agroproductivas**

Las actividades agroproductivas que realiza la población en el Área 1, son importantes en la economía de la población, puesto que su producción se destina principalmente al autoconsumo y subsistencia familiar. A veces, los excedentes de la producción son destinados a la comercialización interna. Por lo tanto, resulta necesario determinar el grado de sensibilidad que posee el sector agroproductivo frente a las actividades del proyecto.

Tres indicadores se definen para determinar la sensibilidad agroproductiva. Estos se enumeran y describen a continuación y su evaluación se la realiza mediante el uso de la información recopilada mediante la “Encuesta Socioeconómica” e información obtenida mediante la entrevista a comerciantes de la zona.

1. Uso del suelo
2. Producción monetaria agropecuaria
3. Destino de la producción agrícola

El indicador, “Uso del suelo”, evalúa el principal uso del suelo de cada unidad de análisis. Bajo el enfoque de salvaguardar la seguridad alimentaria en la zona, específicamente la disponibilidad de alimentos, se ha definido una sensibilidad alta (3) para unidades de análisis que destinan la mayor cantidad del suelo de sus Unidades Productoras Agrícolas (UPAs) a áreas de cultivo. Asentamientos que destinan la mayor cantidad de la superficie de sus UPAs a áreas de pastizales, poseen sensibilidad media (2). Finalmente, asentamientos que destinan la mayor cantidad de suelo de sus UPAs a la intervención o preservación de bosques poseen una sensibilidad baja (1). Adicionalmente, el presente enfoque se plantea debido a las características geográficas de los asentamientos, particularmente las comunidades. Estas, además de destinar la mayor parte de su producción al autoconsumo, se encuentran por lo general en zonas remotas e incomunicadas de sus pares y de las cabeceras (en promedio se encuentran a 90 minutos de las cabeceras), por lo que una afectación a sus áreas de cultivo no solo representa una problemática a la cantidad de alimento disponible dentro del asentamiento, sino también un problema para el abastecimiento de alimentos provenientes de otras zonas.

El indicador, “Producción monetaria agropecuaria” evalúa la producción anual en términos monetarios de las actividades agropecuarias de cada unidad de análisis. Estas actividades corresponden a la producción de cultivo de ciclo corto, cultivo permanente, venta de ganado y producción de leche. En el presente análisis se valoró de manera indistinta a la producción que se destina al autoconsumo y la comercialización debido a que la producción que se destina al autoconsumo, si bien no genera rédito económico directo, si lo hace de manera indirecta al ahorrar al productor el valor de dicha producción al momento de abastecerse de alimentos. Una vez obtenidos los valores de la producción anual de las actividades descritas, según unidad de análisis, se procedió por estratificar la distribución aleatoria de acuerdo a los subgrupos que se formaron, siguiendo la misma metodología desarrollada en

el indicador “Número de habitantes del centro poblado”, en el apartado de “Sensibilidad por presencia de asentamientos poblacionales”. Como resultado de esta estratificación, se establece una sensibilidad alta (3) para unidades de análisis con una producción monetaria anual superior a \$ 95.000 USD. Una sensibilidad media (2) es considerada para asentamientos con una producción monetaria anual superior a \$ 40.000 USD e inferior o igual a \$ 90.000 USD. Por último, una sensibilidad baja (1) corresponde a asentamientos con una producción monetaria anual inferior o igual a los \$ 40.000 USD.

El tercer indicador se denomina “Destino de la producción agrícola”. Gran parte de los asentamientos del Área 1 se caracterizan por encontrarse en zonas remotas, de difícil acceso y con una producción agrícola destinada mayoritariamente al autoconsumo. Sin embargo, en muchos casos se produce un comercio interno de los productos sobrantes de cada productor; a esto se lo puede denominar como mercado interno. Si bien no todos los asentamientos tienen las condiciones de enviar su producción agrícola a centros de acopio para su venta, aun así, se puede establecer una relación entre la producción que se destina al autoconsumo y la que se destina al mercado interno o externo. Según este planteamiento, la producción que puede verse afectada por actividades relacionadas con el proyecto, se la puede catalogar según su destino principal en: Mercado, Mercado-Subsistencia y Subsistencia. La sensibilidad alta (3), corresponde a las unidades de análisis que destinan la mayoría de su producción al mercado. Una sensibilidad media (2) se atribuye a asentamientos con un destino de la producción mixto, Mercado-Subsistencia, con una variación propuesta de  $\pm 10\%$ . Por último, la sensibilidad baja (1) corresponde a asentamientos que destinan al mercado la minoría de su producción agrícola; la producción de estos asentamientos tiene como prioridad el autoconsumo del productor, pudiendo ser comercializada en caso de existir excedente.

Tabla 10- 57: Sensibilidad agroproductiva.

Indicador	Descripción	Criterio de evaluación	Asignación de puntaje
Uso del suelo	Referido al principal uso del suelo de las UPAs de cada unidad de análisis. Una mayor sensibilidad se otorga a asentamientos con UPAs que la mayoría de su suelo a la producción de agrícola.	Áreas de cultivo	3
		Áreas de pastizales	2
		Áreas sin uso agropecuario	1
Producción monetaria agropecuaria	Relacionado con la cantidad monetaria anual que produce cada unidad de análisis. El grado de sensibilidad estará relacionado con la cantidad monetaria de producción teniendo una mayor sensibilidad ante una mayor producción.	Producción > \$ 95.000	3
		\$ 40.000 < Producción <= \$ 95.000	2
		Producción <= \$ 40.000	1
Destino de la producción agrícola	Referido al destino principal de la producción agrícola. El grado de sensibilidad estará relacionado con el destino principal de la producción, siendo prioritario el mercado.	Mercado	3
		Mercado-Subsistencia	2
		Subsistencia	1

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda.  
Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

## Resultados

Para determinar la sensibilidad social por actividades agroproductivas, los criterios de evaluación se aplican a las comunidades ubicadas en el área de estudio y los resultados obtenidos se registran en la Tabla 10- 58 y se la presenta en el siguiente gráfico y en el Mapa: SBS-008. Área 1. Sensibilidad socioeconómica por actividades agroproductivas. Para mayor detalle acerca de la evaluación de los indicadores que correspondientes a esta sensibilidad, véase Apéndice. 8.1 Apéndices Indicadores Sensibilidad Social “Construcción de sensibilidad agroproductiva”.

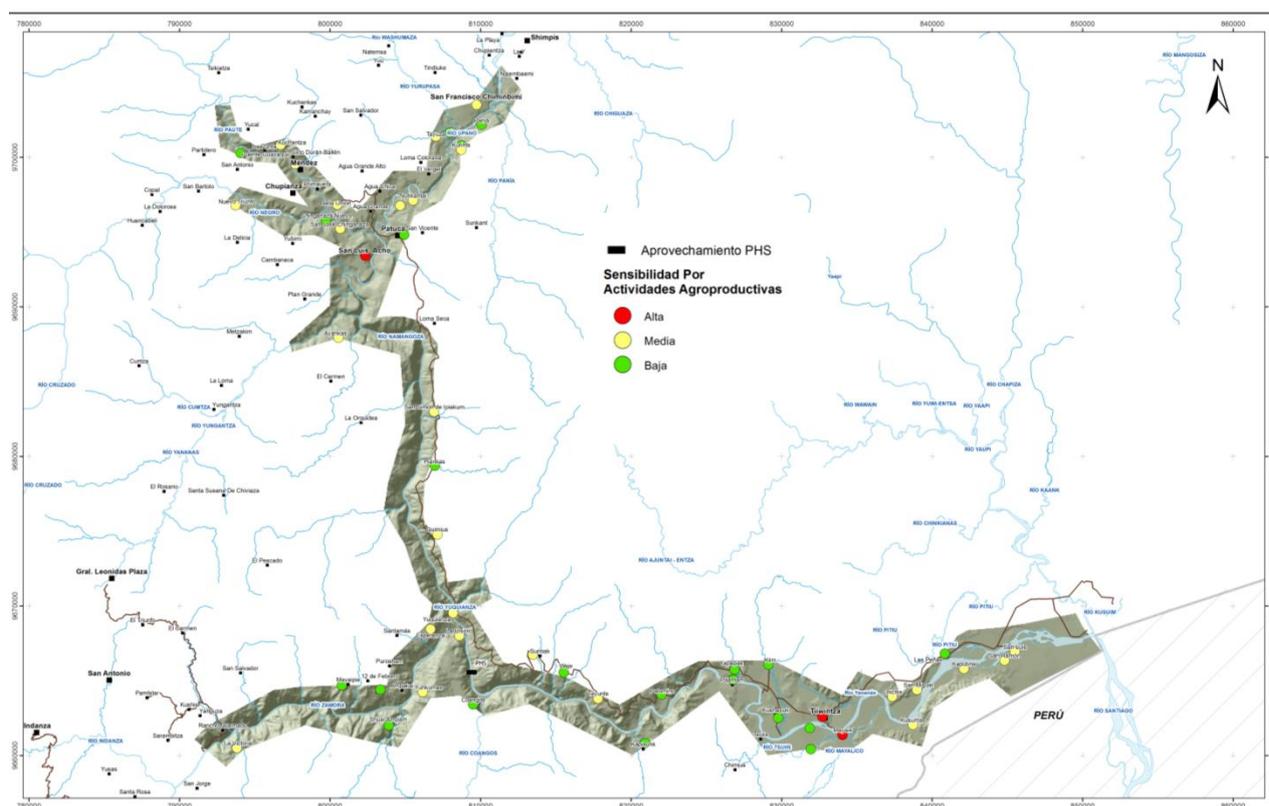


Figura 10- 43: Sensibilidad por actividades agroproductivas

Fuente y Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

Tabla 10- 58: Sensibilidad agroproductiva

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores						Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad Agroproductiva	Unidad Cartográfica
	Uso del suelo		Producción monetaria		Destino de la producción agrícola				
Ampakai	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Ayankas	Área mayoritaria de pastizales	2	Producción > \$ 95.000	3	Subsistencia	1	6	MEDIA	
Bella Unión	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Mercado	3	5	MEDIA	
Charip	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Chichis	Área mayoritaria de pastizales	2	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	4	MEDIA	
Chinganaza Nuevo	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Coangos	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Kapisunk	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Kaputna	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Mercado - Subsistencia	2	4	MEDIA	
Kimm	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Kuchantza	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Mercado - Subsistencia	2	4	MEDIA	
Kurints	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Kushapuk	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores						Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad Agroproductiva	Unidad Cartográfica
	Uso del suelo		Producción monetaria		Destino de la producción agrícola				
Kusumas	Bajo uso agropecuario	1	\$ 40.000 < Producción <= \$ 95.000	2	Mercado	3	6	MEDIA	
La Esperanza	Área mayoritaria de pastizales	2	\$ 40.000 < Producción <= \$ 95.000	2	Subsistencia	1	5	MEDIA	
La Unión	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Mercado - Subsistencia	2	4	MEDIA	
La Victoria	Área mayoritaria de pastizales	2	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	4	MEDIA	
Mayaik	Área mayoritaria de pastizales	2	\$ 40.000 < Producción <= \$ 95.000	2	Mercado	3	7	ALTA	
Mayaipis	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Nuevo Triunfo	Bajo uso agropecuario	1	\$ 40.000 < Producción <= \$ 95.000	2	Mercado - Subsistencia	2	5	MEDIA	
Nunkantai	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Mercado - Subsistencia	2	4	MEDIA	
Paantam	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Palomino	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Pania	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Peñas	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores						Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad Agroproductiva	Unidad Cartográfica
	Uso del suelo		Producción monetaria		Destino de la producción agrícola				
Piankas	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Puente Guayaquil	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Quimius	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Mercado	3	5	MEDIA	
Saant San José	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Mercado - Subsistencia	2	4	MEDIA	
San José de Chinganaza	Área mayoritaria de pastizales	2	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	4	MEDIA	
San Luis	Área mayoritaria de cultivos	3	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	5	MEDIA	
San Miguel	Área mayoritaria de pastizales	2	\$ 40.000 < Producción <= \$ 95.000	2	Subsistencia	1	5	MEDIA	
San Ramón	Área mayoritaria de cultivos	3	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	5	MEDIA	
San Simón de Ipiakum	Bajo uso agropecuario	1	\$ 40.000 < Producción <= \$ 95.000	2	Subsistencia	1	4	MEDIA	
Sharian	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Shuar Ampam	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Suritiak	Área mayoritaria de pastizales	2	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	4	MEDIA	
Tayunts	Área mayoritaria de pastizales	2	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	4	MEDIA	

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores						Puntaje Total	Categoría de Sensibilidad Agroproductiva	Unidad Cartográfica
	Uso del suelo		Producción monetaria		Destino de la producción agrícola				
Tsapa	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Tuntiak	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Mercado - Subsistencia	2	4	MEDIA	
Waje	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Yapapas	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Yuquianza	Bajo uso agropecuario	1	\$ 40.000 < Producción <= \$ 95.000	2	Mercado - Subsistencia	2	5	MEDIA	
Yunkumas	Área mayoritaria de pastizales	2	Producción <= \$ 40.000	1	Mercado - Subsistencia	2	5	MEDIA	
Cabecera Méndez	Área mayoritaria de pastizales	2	Producción > \$ 95.000	3	Subsistencia	1	6	MEDIA	
Cabecera Patuca	Bajo uso agropecuario	1	Producción <= \$ 40.000	1	Subsistencia	1	3	BAJA	
Cabecera San de Francisco Chinimbimi	Área mayoritaria de pastizales	2	Producción > \$ 95.000	3	Subsistencia	1	6	MEDIA	
Cabecera San Luis de El Acho	Área mayoritaria de pastizales	2	\$ 40.000 < Producción <= \$ 95.000	2	Mercado	3	7	ALTA	
Cabecera Tayuza	Área mayoritaria de pastizales	2	Producción > \$ 95.000	3	Subsistencia	1	6	MEDIA	
Cabecera Tiwintza	Bajo uso agropecuario	1	Producción > \$ 95.000	3	Mercado	3	7	ALTA	

Fuente: ACOTECNIC CÍA LTDA.  
Elaborado por: ACOTECNIC CÍA. LTDA.

## **Conclusiones**

Se evidencia a nivel general del área que la mayoría de asentamientos se caracterizan por un bajo uso del suelo de las UPAs hacia la agricultura, una producción monetaria anual menor a los \$ 40.000 USD, y el destino principal de los productos agrícolas hacia la subsistencia.

En referencia a la sensibilidad agroproductiva, el 52 % de las unidades de análisis poseen una sensibilidad media, el 42 % una sensibilidad baja, y únicamente el 6 % posee una sensibilidad alta. Los asentamientos que poseen una sensibilidad alta corresponden a la cabecera cantonal de Tiwintza, la cabecera parroquial de San Luis del Acho y la comunidad de Mayaik.

En general las características agroproductivas de las comunidades del área de análisis tienden a un bajo uso del suelo para producción agrícola, una producción monetaria agropecuaria anual inferior a los \$ 40.000 USD, y una producción agrícola destinada principalmente a la subsistencia. Por otro lado, a nivel de comunidades, estas poseen un uso de suelo destinado principalmente a zonas de pastizales, su producción monetaria agropecuaria anual supera los \$ 95.000 USD. En este tipo de asentamientos el destino de la producción agrícola se asemeja al destino de las comunidades, siendo prioritaria la subsistencia.

Destaca el asentamiento de Mayaik al ser la única comunidad que tiene una sensibilidad alta por producción agropecuaria. Para obtener esta categoría de sensibilidad, resultó clave el destino principal de su producción (mercado) y una producción monetaria anual mayor a \$ 40.000 USD.

### ***Áreas de sensibilidad por presencia de minería artesanal***

En el año 2014 se llevó a cabo en Ecuador, a nivel de estado, el 1er Encuentro Trinacional de Minería Artesanal conjuntamente con representantes de Colombia y Perú. Entre varios compromisos de este encuentro, se acordó buscar mecanismos que impulsen la minería artesanal. A través de la Ley Minera vigente, se define a la minería artesanal o de subsistencia como una actividad que se efectúa mediante el trabajo individual, familiar o asociativo, con la utilización de herramientas y máquinas, simples y portátiles, para la obtención de minerales cuya comercialización, en general, solo permiten cubrir las necesidades básicas de las personas que realizan esta actividad.

Dentro del Área 1, una de las principales fuentes de ingreso de las familias proviene de la minería artesanal. Esta actividad se realiza principalmente a lo largo de los ríos Zamora y Santiago, específicamente en épocas de estiaje cuando el caudal del río es bajo, aproximadamente 6 meses del año. Con la implementación del PHS se verá afectada esta actividad y en consecuencia la economía de las familias del área. Por lo tanto, resulta necesario evaluar la sensibilidad de la minería artesanal dentro del área de análisis frente al PHS.

Tres indicadores se definen para evaluar en la sensibilidad por minería artesanal. Estos se enumeran y describen a continuación. Para su evaluación se utiliza la información

recopilada mediante la “Encuesta de Equipamiento Comunitario” y “Encuesta de Equipamiento de Cabeceras”.

1. Población dedicada a la minería con respecto a la PEA
2. Tipología del material recolectado
3. Producción monetaria anual

El primer indicador desarrollado, evalúa la cantidad de personas de cada asentamiento que realiza minería artesanal, con relación a la Población Económicamente Activa (PEA). A través de la estratificación de la distribución aleatoria de la población que realiza esta actividad, según unidad de análisis, se establecieron los diferentes grados de sensibilidad. Esta estratificación sigue la misma metodología desarrollada en el indicador “Número de habitantes del centro poblado”, en el apartado de “Sensibilidad por presencia de asentamientos poblacionales”. Se atribuye una sensibilidad alta (3) para asentamientos en los que el 40 % o más de la población se dedica a la minería artesanal. Una sensibilidad media (2) corresponde a asentamientos en los que del 5 % al 40 % de su población en relación a la PEA se dedica a la minería; y, una sensibilidad baja (1) corresponde a unidades de análisis que poseen menos del 5 % de su población dedicada a esta actividad.

El segundo indicador se denomina “Tipología del material recolectado”. Hace referencia al tipo de material principal que es extraído por la unidad de análisis. Dentro del área de estudio se ha identificado que los materiales objeto de extracción minera corresponden al oro, materiales pétreos comunes y en cantidades pequeñas otros como la sílice. En vista de que el oro corresponde al principal material de extracción de la zona se ha otorgado una sensibilidad alta (3) a asentamientos que extraigan principalmente este material. En menor magnitud, el segundo material extraído de manera artesanal corresponde a materiales pétreos comunes por lo que a esta categoría se la establecido con una sensibilidad media (2); y, por último, una sensibilidad baja (1) para asentamientos que extraigan otros tipos de materiales a los mencionados anteriormente o que no registren actividad minera artesanal.

El indicador “Producción monetaria anual”, hace referencia a la cantidad monetaria, en forma anual, que la unidad de análisis obtiene por la comercialización de los materiales extraídos artesanalmente. A través de la estratificación de la distribución aleatoria de la producción mensual monetaria, según unidad de análisis, se estableció una sensibilidad alta (3) para asentamientos que obtienen un ingreso igual o mayor a \$ 50.000 USD mensuales. Una sensibilidad media (2) para asentamientos con una producción mensual de \$ 10.000 a \$ 50.000 USD, y por último, una sensibilidad baja (1) para asentamientos que producen mensualmente una cantidad menor a \$ 10.000 USD.

Tabla 10- 59: Sensibilidad por presencia de minería artesanal.

Indicador	Descripción	Criterio de evaluación	Asignación de puntajes
Población	Referido a la cantidad de población de cada	Población $\geq$ 40 %	3

Indicador	Descripción	Criterio de evaluación	Asignación de puntajes
dedicada a la minería con respecto a la PEA	asentamiento, con relación a la PEA, que se dedica a la minería artesanal. Un mayor grado de sensibilidad estará relacionado a un mayor número de población que realiza esta actividad	5 % <= Población < 40 %	2
		Población < 5 %	1
Tipología del mineral recolectado	Referido al tipo de material principal que extrae la población de la comunidad que realiza esta actividad. Un mayor grado de sensibilidad estará definido por el oro como material principal de recolección; mientras que un menor grado de sensibilidad será determinado por la recolección principal de materiales ajenos al oro.	Oro	3
		Materiales pétreos	2
		Otros	1
Producción monetaria anual	Referido a la cantidad monetaria anual que obtienen, en promedio, los asentamientos dedicados a esta actividad. Un mayor grado de sensibilidad estará relacionado a una mayor cantidad de producción.	Producción >= \$ 50.000	3
		\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2
		\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda.  
Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

### Resultados

La sensibilidad social descrita anteriormente se la detalla en la Tabla 10- 60 y se la presenta en el gráfico siguiente y en el Mapa: SBS-09. Área 1. Sensibilidad socioeconómica por presencia de minería artesanal. Para mayor detalle acerca de la evaluación de los indicadores que correspondientes a esta sensibilidad, véase Apéndice 8.1 Apéndices Indicadores Sensibilidad Social; “Construcción de sensibilidad por presencia de minería artesanal”.

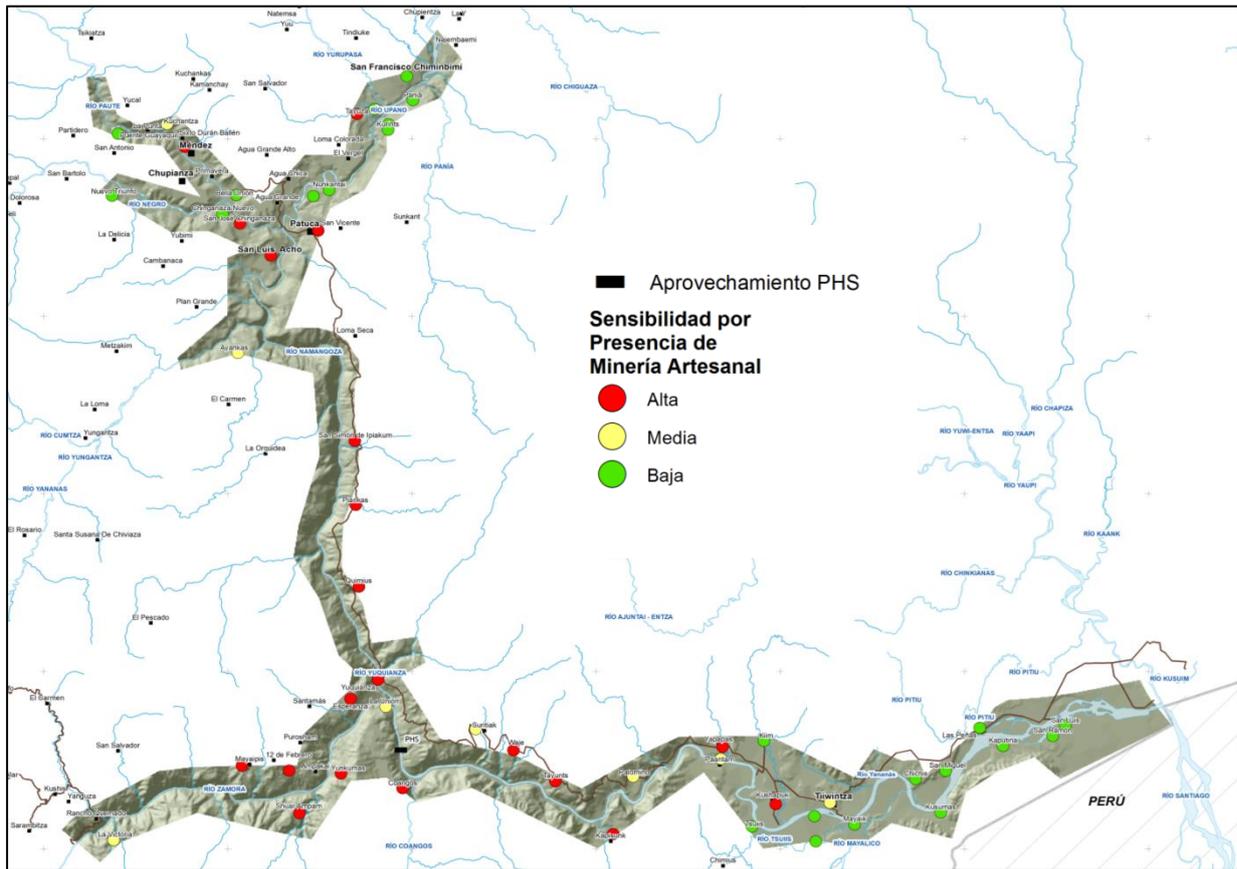


Figura 10- 44: Sensibilidad por presencia de Minería Artesanal  
Fuente y Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

Tabla 10- 60: Sensibilidad por presencia de minería artesanal

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores					Puntaje Total	Categoría de sensibilidad por presencia minería artesanal	Unidad Cartográfica
	Cantidad de población que realiza minería artesanal	Tipología del mineral	Producción monetaria anual					
Ampakai	Población >= 40%	3	Oro	3	\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2	8	ALTA
Ayankas	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	6	MEDIA
Bella Unión	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA
Charip	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA
Chichis	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA
Chinganaza Nuevo	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA
Coangos	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2	7	ALTA
Kapisunk	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2	7	ALTA
Kaputna	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA
Kimm	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA
Kuchantza	Población < 5%	1	Oro	3	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	5	MEDIA
Kurints	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA
Kushapuk	5% <= Población	2	Oro	3	Producción >= \$	3	8	ALTA

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores				Puntaje Total	Categoría de sensibilidad por presencia minería artesanal	Unidad Cartográfica		
	Cantidad de población que realiza minería artesanal	Tipología del mineral	Producción monetaria anual						
	< 40%				50.000				
Kusumas	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
La Esperanza	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2	7	ALTA	
La Unión	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	6	MEDIA	
La Victoria	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	6	MEDIA	
Mayaik	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
Mayaipis	Población >= 40%	3	Oro	3	Producción >= \$ 50.000	3	9	ALTA	
Nuevo Triunfo	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
Nunkantai	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
Paantam	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	6	MEDIA	
Palomino	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	6	MEDIA	
Pania	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
Peñas	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores						Puntaje Total	Categoría de sensibilidad por presencia minería artesanal	Unidad Cartográfica
	Cantidad de población que realiza minería artesanal		Tipología del mineral		Producción monetaria anual				
Piankas	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2	7	ALTA	
Puente Guayaquil	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
Quimius	Población >= 40%	3	Oro	3	Producción >= \$ 50.000	3	9	ALTA	
Saant San José	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
San José de Chinganaza	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2	7	ALTA	
San Luis	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
San Miguel	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
San Ramón	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
San Simón de Ipiakum	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2	7	ALTA	
Sharian	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
Shuar Ampam	Población >= 40%	3	Oro	3	\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2	8	ALTA	
Suritiak	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	6	MEDIA	
Tayunts	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2	7	ALTA	

Unidad de Análisis	Calificación de Indicadores						Puntaje Total	Categoría de sensibilidad por presencia minería artesanal	Unidad Cartográfica
	Cantidad de población que realiza minería artesanal		Tipología del mineral		Producción monetaria anual				
Tsuits	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
Tsapa	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
Tuntiak	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
Waje	Población >= 40%	3	Oro	3	\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2	8	ALTA	
Yapapas	Población >= 40%	3	Oro	3	\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2	8	ALTA	
Yuquianza	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	Producción >= \$ 50.000	3	8	ALTA	
Yunkumas	Población >= 40%	3	Oro	3	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	7	ALTA	
Cabecera Méndez	5% <= Población < 40%	2	Oro	3	Producción >= \$ 50.000	3	8	ALTA	
Cabecera Patuca	Población >= 40%	3	Oro	3	Producción >= \$ 50.000	3	9	ALTA	
Cabecera San de Francisco Chinimbimi	Población < 5%	1	Otros / No se registra casos	1	\$ 0 < Producción < \$ 10.000	1	3	BAJA	
Cabecera San Luis de El Acho	Población >= 40%	3	Oro	3	Producción >= \$ 50.000	3	9	ALTA	
Cabecera Tayuza	Población >= 40%	3	Oro	3	Producción >= \$ 50.000	3	9	ALTA	
Cabecera Tiwintza	Población < 5%	1	Oro	3	\$ 10.000 <= Producción < \$ 50.000	2	6	MEDIA	

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda. Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

## **Conclusiones**

Las unidades de análisis que registran actividad minera artesanal se caracterizan por una sensibilidad alta. El 39,22 % de los asentamientos poseen una sensibilidad alta, el 16,69 % una sensibilidad media, y el 45,10 % una sensibilidad baja.

A nivel de las cabeceras, el 66,66 % poseen una sensibilidad alta, el 16,67 % una sensibilidad media y el 16,66 % restante una sensibilidad baja. Las cabeceras con una sensibilidad alta corresponden a Méndez, Patuca, San Luis del Acho y Tayuza. Por otro lado, los asentamientos con una sensibilidad media y baja, corresponden a Tiwintza y San Francisco de Chinimbimi respectivamente. La tendencia de los indicadores dentro de las cabeceras con una sensibilidad alta está caracterizada por una producción monetaria anual superior a los \$ 50.000 USD; y a excepción de Méndez, el 40 % o más de la población con respecto a la PEA se dedican a la minería artesanal. La sensibilidad baja de la cabecera de San Francisco de Chinimbimi se debe a que en este asentamiento no se registra actividad minera artesanal por parte de su población.

Por otro lado, a nivel de las comunidades, el 35,56 % de estas presentan una sensibilidad alta, el 15,56 % una sensibilidad media, y el 48,88 % una sensibilidad baja. De igual manera que en las cabeceras, el principal material que se extrae corresponde al oro. Difiere de las cabeceras en que en estas unidades de análisis la población dedicada a esta actividad se encuentra entre el 5 % y el 40 % del total de la PEA. Adicionalmente, difiere en la producción monetaria anual, siendo inferior a los \$ 10.000 USD.

## **Áreas de sensibilidad por presencia de concesiones mineras**

En el Ecuador, la minería a gran escala se encuentra desarrollada principalmente en sus regiones centro y sur, por encontrarse aquí la mayor parte de los depósitos de metales, áridos y pétreos. Actualmente el Estado Ecuatoriano ha otorgado 13 concesiones a la gran minería dentro del área de estudio. Una alteración a las concesiones no solo es percibida por sus propietarios sino por todo el sector. De acuerdo a la actual ley de minería, en su artículo 93, las concesiones mineras deben pagar regalías no menores al 5 % sobre las ventas de los minerales principales y los minerales secundarios, adicional a los pagos del 25 % del impuesto a la renta, 12 % de las utilidades, 70 % del impuesto sobre los ingresos extraordinarios y del 12 % del impuesto al valor agregado. De la totalidad recaudada, el 60% se destinan proyectos productivos y de desarrollo local sustentable a través de GADs Cantonales, GADs Parroquiales, y en casos especiales, el 50 % de este porcentaje se destina a comunidades indígenas y/o circunscripciones indígenas. Por lo tanto, resulta necesario determinar el grado de sensibilidad que tienen las concesiones de interés, frente al PHS. Tres indicadores se definen para determinar la sensibilidad por presencia de minería a gran escala. Estos se describen a continuación. La evaluación de estos indicadores se realizó en base a información de la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM), obtenida el mes de marzo de 2015.

1. Estado actual de legalización
2. Cruzamiento con el área del proyecto
3. Tipología del material extraído

El primer indicador, “Estado actual de legalización”, evalúa el estado legal de cada unidad

de análisis, atribuyendo la valoración alta (3 puntos) a concesiones que están legalizadas e inscritas en los registros de ARCOM; una valoración de (2) para concesiones que se encuentren en trámite para obtener los permisos correspondientes; y una valoración menor (1) para concesiones que no poseen ningún documento para su funcionamiento.

El segundo indicador, “Cruzamiento con el área del proyecto”, evalúa la superficie de cada unidad de análisis que se encuentra dentro del área de estudio. Retomando el criterio de evaluación de la sensibilidad por presencia de territorio indígena, la mayor valoración (3 puntos) corresponde a unidades de análisis que posean una superficie superior al 60 % dentro del área de estudio; la valoración media (2 puntos) para unidades de análisis con una superficie dentro del área entre el 20 % y el 60 %; y finalmente, la menor valoración (1 punto) para concesiones con menos del 20 % de su superficie dentro del área de análisis.

El tercer indicador, “Tipología del material extraído”, evalúa el tipo de material principal que cada unidad de análisis extrae. Se han identificado dentro del área al oro, piedra caliza y materiales pétreos comunes, como los materiales que son motivo de extracción por parte de la gran minería dentro del área. Por lo tanto, se ha definido el grado de sensibilidad en relación con el valor monetario de cada material; asignado la mayor valoración (3 puntos) para concesiones que extraen oro; una sensibilidad media (2 puntos) para unidades de análisis que extraen piedra caliza, y la menor valoración (1 punto) para unidades de análisis que extraen materiales pétreos comunes.

Tabla 10- 61: Sensibilidad por presencia de concesiones mineras.

Indicador	Descripción	Criterio de evaluación	Asignación de puntajes
Estado actual de legalización	Referido al estado de legalización que posee una concesión. Un mayor grado de sensibilidad se otorga a concesiones ya inscritas, un grado medio para concesiones que se encuentran en trámite y una baja sensibilidad para concesiones sin documentos.	Inscrita	3
		En trámite	2
		Sin documentos	1
Cruzamiento con el área del proyecto	Cruzamiento de la concesión minera con las áreas de intervención del PHS. Se establece una mayor sensibilidad ante una mayor superficie del área concesionada que interseque con el área del proyecto.	Cruzamiento $\geq 60\%$	3
		$20\% \leq$ Cruzamiento $< 60\%$	2
		Cruzamiento $20\%$	1
Tipología del material extraído	Referido al tipo de material que extrae la concesión. El grado de sensibilidad estará determinado por la preponderancia de los materiales con respecto a sus pares siendo los más relevantes de mayor a menor el oro, la piedra caliza y los pétreos comunes.	Oro	3
		Piedra caliza	2
		Pétreos comunes	1

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda.  
Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

## Resultados

La sensibilidad social descrita anteriormente se la detalla en la Tabla 10- 62 y se la presenta



Tabla 10- 62: Sensibilidad por presencia de concesiones mineras.

Unidad de Análisis		Calificación de Indicadores						Puntaje Total	Categoría de sensibilidad por presencia concesiones mineras	Unidad Cartográfica
		Estado de legalización		Cruzamiento con el área del proyecto		Tipología del material recolectado				
102701	Áridos Del Rio Paute	Inscrita	3	Cruzamiento >= 60 %	3	Oro	3	9	ALTA	
102509	Bomboiza	Inscrita	3	20 % <= Cruzamiento < 60 %	2	Oro	3	8	ALTA	
102813	Chupianza	Inscrita	3	Cruzamiento >= 60 %	3	Oro	3	9	ALTA	
102708	Flor-Van	Inscrita	3	Cruzamiento >= 60 %	3	Pétreos comunes	1	7	ALTA	
100170.1	Gretha Piedad	Inscrita	3	20 % <= Cruzamiento < 60 %	2	Piedra caliza	2	7	ALTA	
102693	Joaquín Xi (1/2)	Inscrita	3	Cruzamiento >= 60 %	3	Oro	3	9	ALTA	
102527	La Vicentina 1	Inscrita	3	20 % <= Cruzamiento < 60 %	2	Oro	3	8	ALTA	
102735	La Vicentina 2	Inscrita	3	Cruzamiento >= 60 %	3	Oro	3	9	ALTA	
102529	La Vicentina 3	Inscrita	3	Cruzamiento >= 60 %	3	Oro	3	9	ALTA	
102530	La Vicentina 4	Inscrita	3	Cruzamiento >= 60 %	3	Oro	3	9	ALTA	
102021	Nungachu	Inscrita	3	Cruzamiento >= 60 %	3	Pétreos comunes	1	7	ALTA	
102022	Nungachu 1	Inscrita	3	Cruzamiento >= 60 %	3	Oro	3	9	ALTA	
101844	Shuara	Inscrita	3	Cruzamiento >= 60 %	3	Oro	3	9	ALTA	

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda.  
Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

## **Conclusiones**

El 100 % de las unidades de análisis, 13 concesiones, poseen una sensibilidad alta frente a las actividades del PHS. De estas, el 100 % cuentan con todos los documentos para su funcionamiento y están inscritas dentro de las bases de datos de ARCOM. Además, el 76,92 % de las concesiones poseen una superficie mayor al 60 % dentro del área de emplazamiento de obras, mientras que el restante 23,08 % de las concesiones intersectan con un rango de entre el 20 % al 60 %.

### **10.2.3.4 Áreas de sensibilidad arqueológica**

Comprende la valoración de la sensibilidad arqueológica de un espacio determinado en el que se ha investigado, sea mediante diagnóstico o prospección. La base teórica-metodológica para esta valoración son los criterios establecidos y desarrollados por Armendáris, Bolaños et. al. (2007) y Bolaños (2005), quienes han planteado este método para valorar los sitios arqueológicos asociados al KapakÑan (Camino del Inca).

Para estudios en las fases de diagnóstico y prospección arqueológica, se ha hecho una adaptación al método citado, de manera que permita partir de una valoración cualitativa, para llevarla a una escala numérica y de esta manera establecer los niveles de sensibilidad arqueológica de espacios investigados con una calificación que va de 0 a 15 puntos.

Según este método, que ya ha sido adoptado como parte de la sistematización de la información de este tipo de estudios<sup>2</sup> se tienen los siguientes criterios para establecer los niveles de sensibilidad arqueológica.

#### Criterios para valoración

- Estudios arqueológicos realizados en las áreas adyacentes
- Dato arqueológico *in-situ* –cerámica, lítica y otros–
- Sitios arqueológicos e históricos asociados.
- Estudios históricos y etnohistóricos de la zona.
- Estado de conservación de la zona puntual.

Un Área de Interés Arqueológico (AIA) recibe su puntaje en base a cómo se acerca o se aleja de los criterios de valoración y la calificación va en un rango de 0 a 3; la suma de los puntos asignados ubica a los AIA en uno de los siguientes cuatro rangos:

- Sensibilidad nula: 0 puntos;
- Sensibilidad baja: de 1 a 5 puntos;
- Sensibilidad media de 6 a 10 puntos; y,
- Sensibilidad alta de 11 a 15 puntos

---

<sup>2</sup> La adaptación de este método es de la autoría de María Aguilera Vásquez y ha sido puesta en práctica en sus investigaciones en los últimos cuatro años.

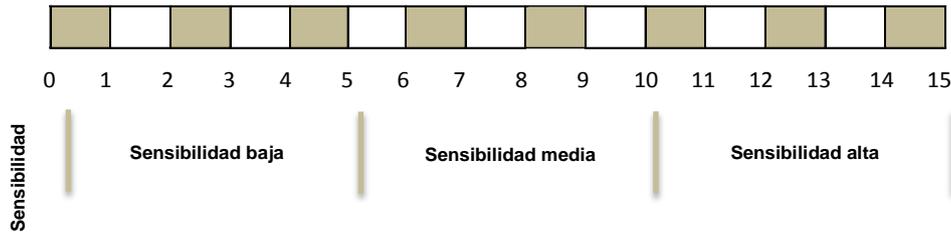


Gráfico 10- 11: Escala de valores en la calificación de prospección arqueológica

El informe arqueológico contiene los resultados de un proceso de análisis, contrastación de información, interpretación de datos e inferencias que se realizan en base a la revisión bibliográfica, información ambiental general, resultados de la etapa de campo, resultados de los análisis de gabinete y de laboratorio especializado.

### Resultados

La ejecución de estudios arqueológicos tiene como objetivo primordial preservar y proteger el patrimonio cultural del país y concienciar a la sociedad de su valor en el reforzamiento de la identidad nacional, y como resultado, la investigación arqueológica llega a puntualizar el nivel de sensibilidad arqueológica como el estado de la cuestión para el diseño de futuros estudios o actividades.

El presente estudio, que corresponde a la investigación arqueológica de prospección, aplicada a las obras de infraestructura del PHS, exige la definición de niveles de sensibilidad arqueológica, de los espacios a ser intervenidos por el proyecto.

El establecimiento de los niveles de sensibilidad se lo realiza con un método de calificación, cuantitativa y cualitativa, de los sectores estudiados. El método se fundamenta en criterios adoptados, adaptados y aplicados en la experiencia profesional.

Efectivamente, los seis sitios arqueológicos definidos en el presente estudio han sido calificados en base a cinco criterios. Los resultados de la calificación se presentan en la Tabla 10- 63

Tabla 10- 63: Niveles de Sensibilidad Arqueológica de los sectores estudiados

No.	Criterio	Sitio Arqueológico					
		Kuankus1	Kuankus2	Kuankus3	Kuankus4	Kuankus5	Yukianza1
1	Estudios arqueológicos realizados en las áreas adyacentes	1	1	1	1	1	1
2	Dato arqueológico in-situ cerámica, lítica y otros	1	1	1	1	3	3
3	Sitios arqueológicos asociados	1	1	1	1	1	1
4	Estudios históricos y etnohistóricos de la zona	1	1	1	1	1	2
5	Estado de conservación de la zona puntual	1	1	1	1	1	1
<b>Total</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda.  
Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

## Conclusiones

De la Tabla 10- 63 se desprende que el sitio Kuankus5, califica con tres puntos en el criterio de dato arqueológico in situ, básicamente, por la datación que arrojó el análisis de C14, puesto que ese fechamiento ha permitido ubicar a las evidencias del sitio en el período Formativo.

El sitio Yukiantza1 califica con el máximo puntaje por lo siguiente: en el criterio dos, este sitio tiene el 68,51% de todo el material registrado en campo; así mismo, en este sitio se ubica el 79,68% del material diagnóstico analizado. En el criterio 4, a través de la información histórica y etnohistórica se conoce que Logroño, una de las primeras ciudades fundadas por los españoles, estuvo, posiblemente, en la zona de Yukiantza; por otra parte, la ubicación geográfica de este espacio es estratégica, por las vías fluviales que le rodean, lo cual hace inferir que hubo en esa zona asentamientos humanos, posiblemente desde épocas tempranas hasta la actualidad.

En consecuencia, los sitios Kuankos5 y Yukiantza1 están dentro del rango de **sensibilidad media**, por sus calificaciones de 7 y 8, respectivamente. Los cuatro sitios restantes que califican con 5, se ubican en el rango de **sensibilidad baja**. El Gráfico 10- 12 ilustra estos resultados y su visualización espacial se la observa en el Mapa: SBS-011. Área 1. Sensibilidad arqueológica.

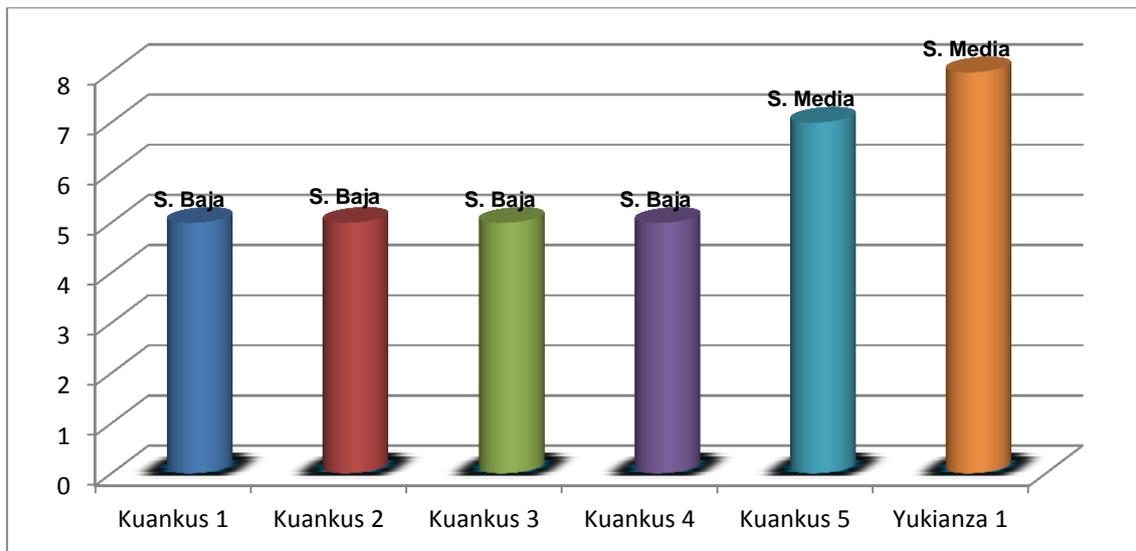


Gráfico 10- 12: Resultados de sensibilidad arqueológica

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda.  
Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

## Interpretación de los datos

En general, en la región sur-oriental del Ecuador, sus espacios de planicies, ubicados en terrazas aluviales de ríos importantes y secundarios: y, pequeñas planicies en líneas de cumbre formaron parte del paisaje natural de la zona cuyos recursos fueron conocidos, aprovechados, usados y apropiados por los pueblos ancestrales desde épocas tempranas hasta períodos tardíos.

La presencia de material arqueológico como cerámica, lítica, carbón vegetal, etc.; los vestigios de cambios antrópicos, realizados en el paisaje, como las adecuaciones del terreno para actividades agrícolas y para implantar habitaciones; las estructuras en piedra,

los montículos cuadrangulares, rectangulares y hemisféricos son evidencias de la actividad humana en esta geografía.

La zona del presente estudio se emplaza en una geografía compleja e irregular con alturas que oscilan entre 600 y los 300msnm; de ríos caudalosos que reciben aguas del escurrimiento de las Cordilleras Kutukú y Cóndor; de quebradas profundas y pendientes pronunciadas, en las que se forman grandes y pequeñas cascadas. En esta orografía y en contraste se tienen planicies en las terrazas aluviales y en las cimas de las lomas, los recursos hídricos de mayor caudal en la zona son los ríos Namangoza y Santiago. Esta descripción corresponde a lo que se denomina Alto Amazonas.

Para el Proyecto Hidroeléctrico Santiago hay como estudio inicial, un diagnóstico (Suárez, 2012), en el que se registran evidencias arqueológicas como cerámica y lítica en el área de Yukiantza, lo cual ya refleja el uso de esta zona por parte de pobladores prehispánicos, y se confirma con los resultados de la prospección arqueológica.

En este estudio se identificaron 6 sitios arqueológicos, de los cuales Yukiantza1 es el que presenta mayores evidencias como su ubicación en una planicie –terrazza aluvial- y en la margen izquierda del río Namangoza, factores idóneos para un asentamiento permanente, definido por la presencia de material cultural cerámico y lítico. Mientras que los sitios Kuankus 1 al 5 se localizan en topografía muy irregular, en pequeñas planicies, por lo que se puede decir que la población allí asentada, posiblemente era menos que la de Yukiantza1.

También se considera la posibilidad de que las poblaciones de todos estos sitios mantenían relaciones entre sí y podrían haber sido complementarios.

De los análisis de la muestra cerámica, a pesar de ser relativamente pequeña  $n=49$ , se encuentran algunas características formales y una variedad de decoraciones, en las que predomina el corrugado simple y el corrugado con otras decoraciones. La tradición del corrugado, como es conocido, es recurrente en toda la Amazonía, a la cual se suma la zona de estudio.

Otras decoraciones presentes en los fragmentos analizados como: impresiones oblicuas, paralelas y verticales de uña; impresión de dedos; filos ondulados, incisos con aplique, encisos circulares, igualmente se han encontrado en material de otros estudios de la Alta Amazonía. Un ejemplo es lo que consta en el gráfico siguiente en donde se puede distinguir la similitud entre el material analizado por Porras (1987:387) en Chihuahua y el artefacto 002-01 recuperado en la presente prospección.

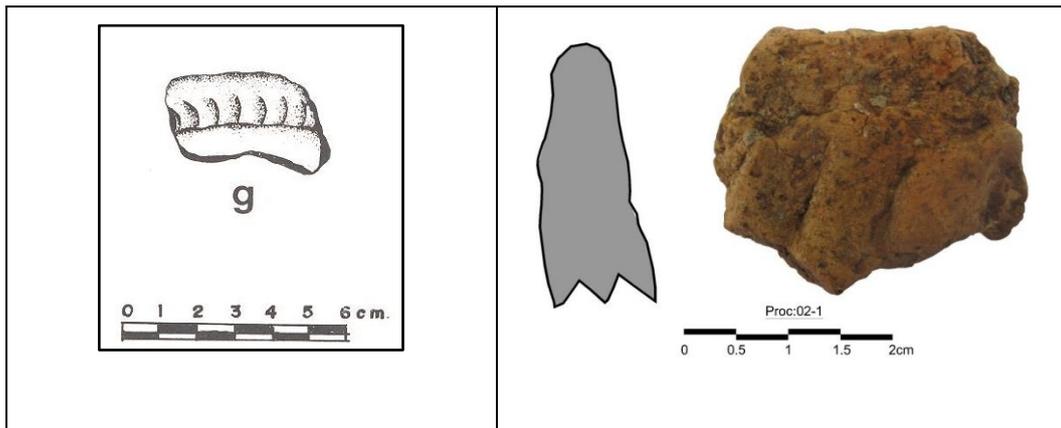


Figura 10- 46: Izq. Estampado de uña Porras (1987:387) Der. Artefacto con impresión de uña, 002-01

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda.  
Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

Los bordes evertidos y sus diversas decoraciones, analizados en gabinete, posiblemente correspondían a artefactos para contener líquido, particularmente la forma del borde sería para facilitar verter los contenidos. Mientras que los bordes invertidos serían para facilitar la permanencia de los contenidos.

Un borde con escisos transversales al el labio, Artefacto 14-6, similar a un borde identificado la terraza aluvial de la margen derecha del río Zamora, Proyecto Vía Pindal. Como se ha descrito anteriormente, este río desemboca en el Namangoza, para formar el río Santiago, espacio del presente estudio.



Figura 10- 47: Borde con escisos transversales al labio. Artefacto 14-6

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda.  
Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

Un borde, localizado en el tercer depósito D3 de una de las unidades excavadas en el sitio Yukianza1, es el único recuperado de este tipo en toda el área de estudio. Correspondería a un pico de botella, tiene características similares a las identificadas en un estudio realizado para la región por Duche y De Saulieu (2009:91). El gráfico siguiente muestra la similitud.

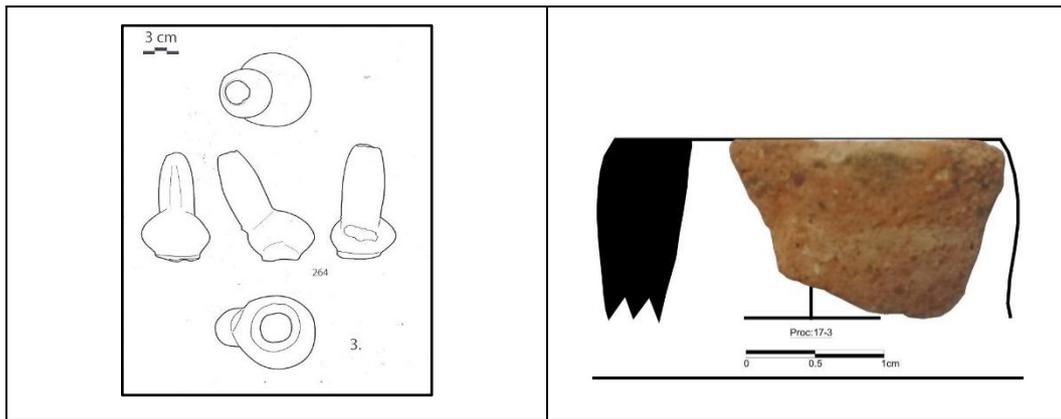


Figura 10- 48: Fragmento de botella Duche y De Saulieu (2009:91) Artefacto 017-03, posible pico de botella D3, en Yukianza1

Fuente: ACOTECNIC Cía. Ltda.  
Elaboración: ACOTECNIC Cía. Ltda.

Cuerpos con PC, con hollín al exterior definen a un artefacto que fue utilizado como utensilio de cocina, expuesto al fuego. Otros cuerpos registrados presentan hollín al interior y exterior, se ha inferido que estos quizá tuvieron una función vinculada a actividades diferentes de lo doméstico.

En la muestra lítica, se observan artefactos pulidos y tallados, en un  $n=11$ . Se evidencia una posible hacha; un perforador/raedera, pieza lítica útil para trabajar en pieles de animales y en vegetales; manos de moler, que por sus características, su uso y función debieron ser para trituración de granos así como para procesar plantas dentro del desarrollo de las actividades domésticas, igualmente se puede decir de una mano de mortero recuperada. El artefacto 017-05 es un bloque que presenta una pequeña concavidad en su centro; pese a ser de tamaño pequeño, se encuentra muy bien elaborado, se observa, además, desgaste en lo que pudo ser la base, posiblemente a consecuencia de presión y fricción, quizá pudo haber sido usado para trituración o mezclas de productos muy finos y en pequeñas cantidades.

En la muestra lítica también se analizaron dos bloques definidos como núcleos, en los cuales se observa claramente la extracción de lascas, que debieron requerir para la elaboración de piezas útiles como perforadores, cuchillos, raspadores, entre otros. Este tipo de materia prima pudo haber sido escaso en la zona, ya que se ve que está aprovechado al máximo

En resumen, el material recuperado y analizado en la prospección arqueológica está compuesto por artefactos cerámicos y líticos, que corresponden a la época aborigen de la cual se obtuvo, en uno de los sectores estudiados, una datación absoluta del período Formativo, esto indica que el espacio en cuestión estuvo habitado, por lo menos, desde esa época.

El espacio estudiando en la presente prospección arqueológica tiene un nivel de sensibilidad medio y bajo, por la presencia de vestigios arqueológicos que deben ser preservados a través de investigación arqueológica y la puesta en valor.