



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES POR PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS
CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA DEL PROYECTO
QUELLAVECO – MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

Línea de investigación:

Procesamiento Digital de Imágenes y Señales

Informe de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero

Geógrafo

Autor:

Lévano Camones, Jennifer Rocío

Asesor:

Osorio Rojas, Eberardo Antonio

(ORCID: 0000-0002-3451-0223)

Jurado:

Gladys Rojas Leon

Felicita Nancy Fernandez Ybarra

Roxana Clara Aparicio Ilazaca

Lima – Perú

2023

CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES POR PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA DEL PROYECTO QUELLAVECO - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 repositorio.unfv.edu.pe 3%
Fuente de Internet

2 docplayer.es 2%
Fuente de Internet

3 repositorio.undac.edu.pe 2%
Fuente de Internet

4 www.ptolomeo.unam.mx:8080 2%
Fuente de Internet

5 repositorio.unap.edu.pe 1%
Fuente de Internet

6 Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes 1%
Trabajo del estudiante

7 peruhydraulics.com.pe 1%
Fuente de Internet

repository.usta.edu.co

Dedicatoria

A mi hija Ariana fuente de inspiración, a mi familia por darme en estos años su apoyo moral, emocional y económico, ya que sin ellos no hubiera obtenido todos los logros que tengo y los seguiré teniendo.

Índice

Resumen.....	6
Abstrac	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Trayectoria del Autor.....	9
1.2 Descripción de la empresa	12
1.2.1 Datos generales	12
1.2.2 Misión y Visión	12
1.2.3 Servicios de la Empresa	13
1.3 Organigrama de la empresa	14
1.4 Áreas y funciones desempeñadas	15
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA	16
2.1 Introducción.....	16
2.2 Objetivos.....	16
2.2.1 Objetivo General.....	16
2.2.2 Objetivos Específicos	16
2.3 Metodología.....	17
2.3.1 Ecuación universal de pérdida de suelo – USLE.....	17
2.4 Resultados.....	21
2.4.1 Información cartográfica y de imágenes satelitales.....	21
2.4.2 Información de suelos	21
2.4.3 Información hidrológica	22

2.4.4	<i>Factores de la Ecuación Universal de pérdida de suelos</i>	22
a)	Factor de Erosividad de la lluvia (R)	22
b)	Factor de Erodabilidad (K).....	25
c)	Factor Topográfico (LS).....	26
d)	Factor de Cobertura Vegetal (C)	26
e)	Factor de Prácticas de Conservación (P).....	27
2.4.5	<i>Estimación de pérdidas de suelo</i>	27
III.	APORTES MAS DESTACADOS A LA INSTITUCIÓN.....	29
IV.	CONCLUSIONES.....	30
V.	RECOMENDACIONES	31
VI.	REFERENCIAS	32
VII.	ANEXOS.....	33
	Anexo A: Estimación del Índice de Erosividad de la Lluvia en las Diferentes Estaciones .	34
	Anexo B: Informe de Análisis Espacial en Suelo	35
	Anexo C: Figuras	38
	Figura 01: Mapa de Ámbito del estudio	39
	Figura 02: Mapa de Erosividad de la Lluvia (R) en las Cuencas de los ríos Asana, Vizcachas y Titire.....	40
	Figura 03: Mapa de Erodabilidad del Suelo (K) en la cuenca del río Asana	41
	Figura 04: Mapa de Erodabilidad del Suelo (K) en las cuencas de los ríos Vizcachas y Titire	42
	Figura 05: Mapa Topológico (LS) en la cuenca del río Asana.....	43

Figura 06: Mapa Topológico (LS) en las cuencas de los ríos Vizcachas y Titire	44
Figura 07: Mapa Cobertura Vegetal (C) en la cuenca del río Asana.....	45
Figura 08: Mapa Cobertura Vegetal (C) en las cuencas de los ríos Vizcachas y Titire ...	46
Figura 09: Mapa de estimación de la pérdida de suelo (E) en la cuenca del río Asana ...	47
Figura 10: Mapa de estimación de la pérdida de suelo (E) en las cuencas de los ríos Vizcachas y Titire	48

Índice de Tablas

Tabla 1 Factor de Prácticas de Conservación del Suelo (P)..	21
Tabla 2 Factor de Erosividad de la lluvia (R)	23
Tabla 3 Estimación de Producción de Sedimentos	27

Índice de Figuras

Figura 1 Organigrama de PERÚ HYDRAULICS S.A.C.	14
---	----

Resumen

El presente informe tiene como objetivo estimar la pérdida de suelo en las cuencas del río Vizcachas, Titire y Asana del Proyecto Quellaveco, que se encuentran ubicados en la provincia Mariscal Nieto, región Moquegua. Se analizó la pérdida de suelos en las tres cuencas, con la intención de ver su comportamiento en mayor medida las características propias de ellas. Para ello se aplicó la metodología conocida como Universal Soil Loss Equation (USLE) haciendo uso del Sistemas de Información Geográfica (SIG), Teniendo como caracterización de cada factor lo siguiente: En el factor de Erosividad (R), en la cuenca del río Asana varía entre 111.8 a 306.7 $Mj*mm/ha*hr$ y en las cuencas del río Vizcachas y Titire varía entre 164.7 a 310 $Mj*mm/ha*hr$, en el factor de Erodabilidad del suelo (K), en la cuenca del río Asana varía entre 0.003 a 0.065 $[(t/ha)/(Mj.mm.hr)]$, en las cuencas del río Vizcachas y Titire varía entre 0.003 a 0.079 $[(t/ha)/(Mj.mm.hr)]$, en el factor Topológico (LS), en la cuenca del río Asana varía entre 0.01 a 75.5, en las cuencas del río Vizcachas y Titire varía entre 0.01 a 62.25, en el factor de cobertura vegetal (C), en la cuenca del río Asana varía entre 0.17 a 0.64, en las cuencas del río Vizcachas y Titire varían entre 0.18 a 0.75. Teniendo como resultado de erosión hídrica en la cuenca río Asana de 64.3 Ton/ha; en la cuenca del río Titire de 69.1 Ton/ha; en la cuenca del río Viscachas de 56.8 Ton/ha.

Palabras claves: erosión, universal soil loss equation, sistemas de información geográfica.

Abstrac

The objective of this report is to estimate the loss of soil in the Vizcachas, Titire and Asana river basins of the Quellaveco Project, which are located in the Mariscal Nieto province, Moquegua region. The soil loss in the three basins was analyzed, with the intention of seeing their behavior to a greater extent and their own characteristics. For this, the methodology known as Universal Soil Loss Equation (USLE) was applied using Geographic Information Systems (GIS), with the following as the characterization of each factor: In the Erosivity factor (R), in the Asana River basin it varies between 111.8 to 306.7 $\text{Mj} \cdot \text{mm} / \text{ha} \cdot \text{hr}$ and in the Vizcachas and Titire river basins it varies between 164.7 to 310 $\text{Mj} \cdot \text{mm} / \text{ha} \cdot \text{hr}$, in the soil erodibility factor (K), in the Asana river basin it varies between 0.003 to 0.065 $[(\text{t} / \text{ha}) / (\text{Mj} \cdot \text{mm} \cdot \text{hr})]$, in the Vizcachas and Titire river basins it varies between 0.003 to 0.079 $[(\text{t} / \text{ha}) / (\text{Mj} \cdot \text{mm} \cdot \text{hr})]$, in the Topological factor (LS), in the Asana river basin it varies between 0.01 to 75.5, in the Vizcachas and Titire river basins it varies between 0.01 to 62.25, in the vegetation cover factor (C), in the Asana River basin it varies between 0.17 to 0.64, in the Vizcachas and Titire River basins it varies between 0.18 to 0.75. As a result of water erosion in the Asana River basin of 64.3 Ton/ha; in the Titire River basin of 69.1 Ton/ha; in the Viscachas River basin of 56.8 Ton/ha.

Keywords: erosion, universal soil loss equation, geographic information systems.

I. INTRODUCCIÓN

El informe ha sido elaborado de conformidad con el Anexo IV del Reglamento General de grados y títulos de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), de conformidad con el procedimiento para la obtención de títulos profesionales por la modalidad de suficiencia profesional.

El presente informe contiene la experiencia del autor como especialista en Sistema de Información Geográfica (GIS), lo cual participo en diferentes proyectos, siendo su principal proyecto: “CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES POR PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA DEL PROYECTO QUELLAVECO – MARISCAL NIETO - MOQUEGUA”, administrado por la empresa PERU HYDRAULICS S.A.C.

Es causada por la erosión gradual del suelo y ha sido uno de los problemas más graves del mundo porque a ese ritmo será perjudicial para los humanos. La metodología usada fue el método de U.S.L.E. Además, se utilizaron técnicas geoespaciales para derivar la erosionabilidad del suelo a partir de muestras de campo, para determinar el factor topológico se requirió del DEM brindado por el Ministerio del Ambiente (MINAM), para determinar la Cobertura vegetal se calculó a través de imágenes Landsat 8 y por último el factor de prácticas de conservación se le asigno el valor de 1 debido a la ausencia de prácticas de conservación en las cuencas de estudio.

Finalmente, el autor expone el procedimiento y los resultados del trabajo de estudio por la estimación de pérdida de suelo, tomando como herramienta el Sistema de Información Geográfica.

1.1 Trayectoria del Autor

Bachiller de la especialidad de Ingeniería Geográfica de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), cuya experiencia profesional se enmarca en el área de recursos hídricos.

Durante mi trayectoria laboral he participado en la elaboración de estudios en Recursos Hídricos y monitoreos de aguas superficiales y sedimentológico. A continuación, mi trayectoria Laboral:

➤ PERÚ HYDRAULICS S.A.

• Periodos:

- 01 de Enero del 2014 al 31 de Julio del 2018.

• Elaboración de Informe de los siguientes proyectos:

- Estudio de Caracterización de potenciales de pérdidas de suelo en las cuencas de los ríos Vizcachas, Titire y Asana
- Fase inicial para estabilización del lecho y márgenes del río Rímac en el tramo puente Santa María - puente peatonal de aguas arriba.
- Zonificación de amenazas de erosión y en el tramo del río Rímac entre el puente del ejército y el puente Bella Unión y propuestas de posibles soluciones.
- Estudio de hidrología e hidráulica para la verificación de obras de emergencia del puente Independencia.
- Estudios hidrogeológicos y de aguas subterráneas e informe de estado actual - Ransa.
- Caracterización de potencial de ocurrencia de inundaciones por desbordamiento de quebradas en el ámbito de la ciudad de Jaén.
- Caracterización de precipitaciones extremas y niveles freáticos en el ámbito del distrito de San Miguel.

- Evaluación del potencial de inundación de las instalaciones del Club Regatas en Chosica debido a desbordes de la Quebrada la Cantuta.
- Evaluación de los estudios de hidrología e hidráulica del puente peatonal Solidaridad.
- Evaluación de los estudios de hidrología e hidráulica del puente peatonal los Libertadores.
- Informe técnico de la evaluación hidrológica e hidráulica de 11 bocatomas ubicadas en el río Lurín.
- Afianzamiento hídrico de los terrenos agrícolas de "Inversiones las Arenas" ubicados en el Valle de Mala.
- Estudio hidráulico del río rímac en el sector de Huascarán.
- Estudio de hidrología e hidráulica del Puente Virú.
- Estudios básicos para la optimización del sistema Marca II con represamientos de lagunas ubicadas sobre el canal alimentador de Antacoto más nueva presa Casacancha, Marcapomacocha, Junin – componente 01 (hidrológico).
- Estudios básicos para la optimización del sistema Marca II con represamientos de lagunas ubicadas sobre el canal alimentador de Antacoto más nueva presa Casacancha, Marcapomacocha, Junin – componente 02 (hidrológico y sedimentológico).
- Estudio a nivel de perfil reforzado “Mejoramiento de los Servicios Turísticos Públicos del Parque Arqueológico de Choquequirao”.
- Catastro de Usuarios de Agua y su relación con los planes de compensación del Proyecto Shahuindo”.

➤ ECOTERRA INGENIEROS E.I.R.L

- Periodos:

- 01 de Agosto del 2018 al 30 de Marzo del 2019.

- Elaboración de Informe de los siguientes proyectos:

- Estudio de estabilidad física para minimizar el riesgo por caída de taludes de 6 unidades – Riesgo por Movimiento de Masas, mineras de COMICSA – primera parte.

- Estudio de estabilidad física para minimizar el riesgo por caída de taludes de 7 unidades – Riesgo por Movimiento de Masas, mineras de COMICSA – segunda parte.

➤ LÉVANO INGENIERIA Y CONSTRUCCION

- Periodo:

- 01 se Abril del 2019 al 31 de Diciembre del 2020

- Elaboración de mapas temáticos.

➤ TÉCNICA Y PROYECTO S.A SUCURSAL DEL PERÚ

- Periodo:

- 02 se Junio del 2021 hasta la actualidad.

- Participo en los proyectos:

- Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete y del Río Huaura.

- Diseño Integral del Drenaje Pluvial Integrado de la ciudad de Chiclayo.

Formación adicional:

- ArcGis (Centro de Extensión y Proyección Social de la Universidad Nacional de Ingeniería – CEPS UNI).

- Autocad (Centro de Extensión y Proyección Social de la Universidad Nacional de Ingeniería – CEPS UNI).

- Qgis (Geogis Ingenieros)

- 3Dem (Autodidacta)

- Ilwis (Autodidacta)
- ERDAS (Autodidacta)

1.2 Descripción de la empresa

PERU HYDRAULICS S.A.C., es una empresa consultora especializada en Recursos Hídricos que abarca los campos de Ingeniería Hidráulica, Hidrología, Hidrogeología y aplicaciones ambientales de los mismos. Brindan servicios a los sectores minero, energético, transportes, planeamiento urbano y agricultura con soluciones técnicas creativas, eficaces, ambientales y sostenibles.

Se fundó en el año 2009, asume el compromiso de desarrollar una Ingeniería de Recursos Hídricos que genere valor y contribuya al desarrollo sostenible del País.

1.2.1 Datos generales

- Empresa: PERU HYDRAULICS S.A.C.
- Gerente general: MSc. Ing. Roberto Campaña Toro.
- RUC: 20520535951
- Dirección: Calle José Morelos 140 - Pueblo Libre – Lima.
- Alcance: Estudios en el Área de Recursos Hídricos.
- Cliente principal: Knight Piésold, Yacu Consultores, Statkraft, LAM SAC, Minera Quechua, PETACC, Otros.

1.2.2 Misión y Visión

- Misión: Proveer servicios de consultoría especializada en Recursos Hídricos y Medio Ambiente, brindando soluciones innovadoras de calidad que generen valor para nuestros clientes, actuando con responsabilidad social.
<https://www.peruhydraulics.com.pe/nosotros/misionvision>

- Visión: Ser líder en consultoría especializada en Recursos Hídricos y Medio Ambiente, reconocido como socio estratégico de empresas que contribuyen al desarrollo del Perú. <https://www.peruhydraulics.com.pe/nosotros/misionvision>

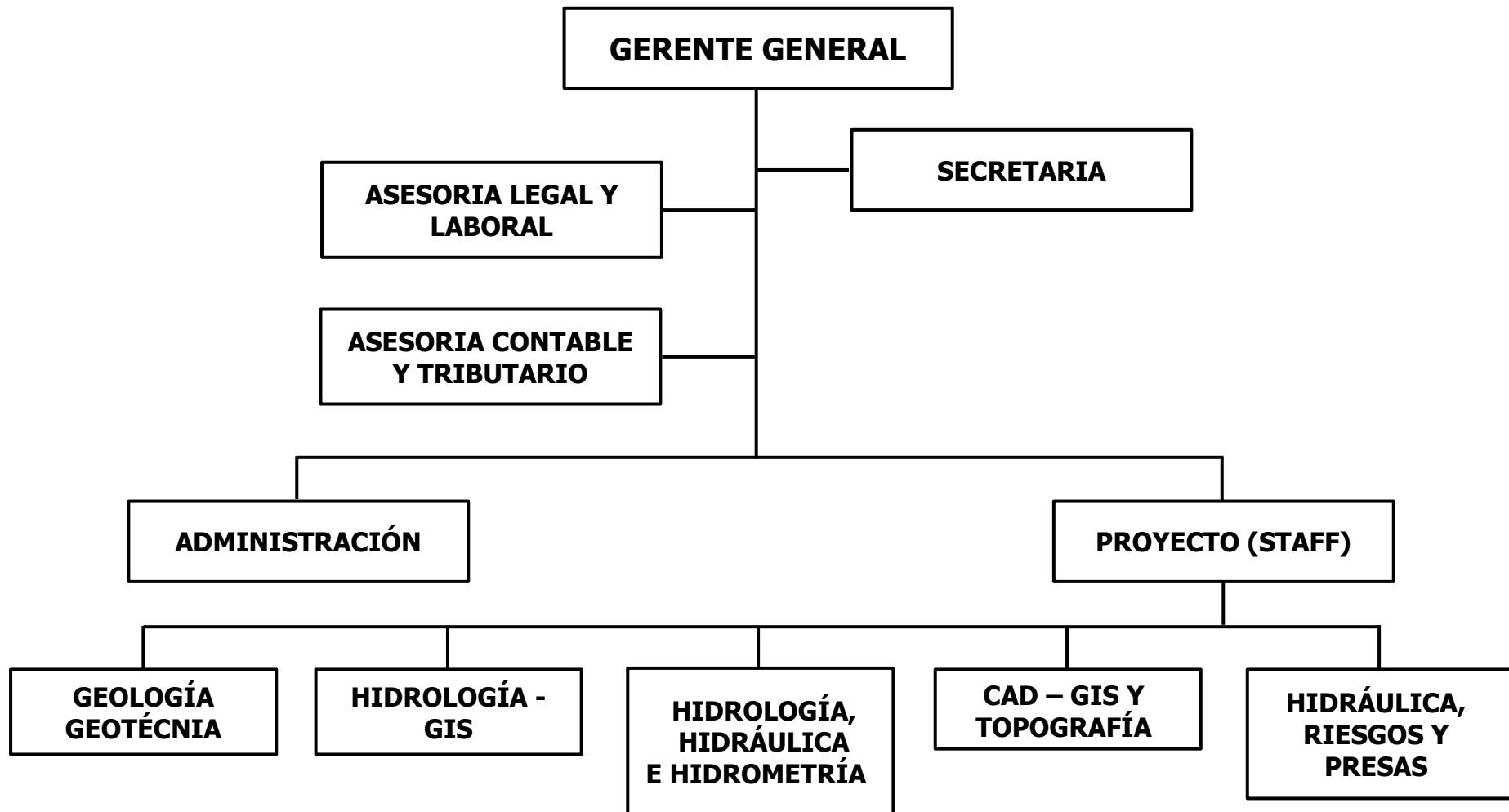
1.2.3 Servicios de la Empresa

- Permisos Ambientales.
- Estudios de Usos de Agua.
- Hidrogeología.
- Asesoría en Recursos Hídricos.
- Hidrología.
- Balances de Agua.
- Manejo de Agua y Sedimentos.
- Diseño de Estructuras Hidráulicas.
- Caudal Ecológico y Calidad de Agua.

1.3 Organigrama de la empresa

Figura 1.

Organigrama de PERÚ HYDRAULICS S.A.C.



1.4 Áreas y funciones desempeñadas

El área en la cual laboré fue en hidrología – GIS, la función que desempeñe fue como especialista Senior en GIS; la cual trata de visualizar y analizar la información de cada estación hidrológica y meteorológica, para realizar el tratamiento de datos y delimitación de la cuenca con respecto a cada estación y modelamiento hidrológicos en los softwares ArcGis, HEC-RAS, GEO-RAS y HEC-HMS, en el periodo comprendido desde 01 de Enero del 2014 al 31 de Julio del 2018, siendo parte del área de servicios fijos de la empresa PERÚ HYDRAULICS S.A.C.

En el área de Riesgo me desempeñé como Especialista GIS, elaboré mapas temáticos de los factores de vulnerabilidad y peligro, para obtener como resultado el mapa temático de Riesgo, con respecto a los datos extraídos de dichos factores condicionantes y desencadenante, en la empresa ECOTERRA INGENIEROS E.I.R.L.

En el área de Ingeniería, la función que desempeñé fue como ingeniera junior; elaborando mapas temáticos y modelamientos hidráulico, en la empresa LÉVANO INGENIERIA Y CONSTRUCCION.

En el Área de Ingeniería del Agua, la función que desempeñé como Analista Gis; analizo y proceso la base de datos espaciales para el desarrollo de aplicaciones GIS, geo codificación, Inventario y documentación para uso técnico y elaboración de mapas temático, en la empresa TECNICA Y PROYECTOS S.A SUCURSAL DEL PERU.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA

2.1 Introducción

El presente informe tiene como prioridad estimar la pérdida de suelo de las cuencas Asana, Vizcachas y Titire, mediante la ecuación universal de pérdida de suelo – USLE, este modelo se basa en el supuesto de que las mayores fuerzas hídricas que intervienen en el proceso son el impacto de las gotas de lluvia y el flujo a través de la superficie del suelo. Varios estudios han comprobado que los rasgos más importantes que influyen en la erosionabilidad hídrica del suelo son el clima, la topografía y las características de los suelos.

En los últimos 40 años, cerca de un tercio de las tierras arables o tierras de cultivo del mundo se han perdido por este fenómeno y continúa perdiéndose a tasas mayores de 10 millones de hectáreas por año. Al respecto, se estima que el 80 % de la superficie del planeta presenta este fenómeno (Sánchez et al., 2010) y aproximadamente el 66 % de las tierras cultivables se encuentran degradadas por erosión hídrica (Ramírez e Hincapié, 2009).

Los estudios se ubican en la provincia de Mariscal Nieto de la región Moquegua. La cuenca del río Asana, y se encuentra ubicado en parte alta del río Ilo y las cuencas de los ríos Titire y Vizcachas. Ambos cursos están ubicados en la parte alta del río Tambo.

En la Figura 1 del Anexo III se muestra el ámbito geográfico del presente estudio.

2.2 Objetivos

2.2.1 *Objetivo General*

- Evaluar las condiciones de los suelos en las cuencas de los ríos Asana, Vizcachas y Titire, aplicando la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (USLE).

2.2.2 *Objetivos Específicos*

- Determinar los factores o elementos que intervienen en el método USLE.
- Estimar la pérdida de suelos en las cuencas de los ríos Asana, Vizcachas y Titire.

2.3 Metodología

2.3.1 Ecuación universal de pérdida de suelo – USLE

Modelo también conocido como EUPS, originaria del SCS (Servicio de Conservación de Suelos de estados Unidos), formada durante los años 50 del siglo pasado. Este modelo es desarrollado a partir de relaciones estadísticas de una amplia base de datos experimental de más de 8000 parcelas alrededor del territorio (Cisneros *et al.*, 2012). Es el modelo más usado para la predicción de la pérdida promedio anual de suelo por erosión hídrica.

La ecuación es la siguiente:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

En donde:

A= Pérdida anual del suelo en t/ha/año

R= Factor de erosividad por la precipitación pluvial

K= Factor de erodabilidad del suelo

L= Factor de longitud de la pendiente

S= Factor de gradiente de pendiente

C= Factor de manejo de cosechas

P= Factor del método de control de erosión

El SCS hace hincapié en el correcto uso de las unidades del sistema, puesto que la formula se desarrolló en el sistema métrico americano (Kg, fuerza, acre, pie, pulgadas), mientras el sistema métrico internacional es el sistema usado (ton, mm, ha, Mj).

2.1.3.1. Factor de erosividad de la lluvia (R)

Este factor toma en cuenta el potencial rosivo de la lluvia al impactar sobre los suelos de la cuenca. Este factor fue estimado empleando las expresiones de Roose (1995), Wischmeier & Smith (1978) y Rogler & Schwertmann (1981) que se describen a continuación.

- Roose (1995)

$$R = 0.865 * P_t$$

- Wischmeier and Smith (1978)

$$R = \frac{9.28 * P_t * 75}{1000}$$

Donde:

R = Erosividad média anual (MJ.mm/ha.hr.año).

Pt = Precipitación media anual (mm.)

- Rogler & Schwertmann (1981)

$$R = 10(-1.48 + 1.48.NS)$$

Donde:

R = Erosividad média anual (MJ.mm/ha.hr.año)

NS = Precipitación media de los meses de lluvia (mm.).

Estas expresiones son de naturaleza empírica y su empleo se recomienda en la literatura especializada.

2.1.3.2. Erodabilidad del suelo (K)

Este factor toma en cuenta la susceptibilidad del suelo a la erosión que depende de la resistencia al desprendimiento de partículas del suelo.

Fue estimado empleando la expresión de Williams (1990) & Silva (1992) que relaciona la erodabilidad del suelo con sus porcentajes de arena, limo, arcilla y materia orgánica. Esta expresión es de naturaleza empírica y su empleo se recomienda en la literatura especializada.

$$K = \left[0.2 + 0.3 * e^{-0.0256 * SAN \left(1 - \frac{SIL}{100}\right)} \right] * m * n * o$$

Donde:

K: Factor de Erodabilidad [(t.ha.hr)/(ha.Mj.mm)]

$$m = \left(\frac{SIL}{CLA+SIL} \right)^{0.3}, n = \left(1 + \frac{0.25 * C}{C + e^{(3.72 - 2.95 * C)}} \right), o = \left(1 + \frac{0.7 * SN1}{SN1 + e^{(-5.51 + 22.9 * SN1)}} \right)$$

Siendo:

$$SN1 = 1 - \frac{SAN}{100} \quad C = \frac{MO}{1.92}$$

SAN = Porcentaje de arena

SIL = Porcentaje de limo

CLA = Porcentaje de arcilla

MO = Materia orgánica

Esta expresión es de naturaleza empírica y su empleo se recomienda en la literatura especializada.

2.1.3.3. Factor Topológico (L.S)

Este factor toma en cuenta la influencia de la pendiente de los suelos y su respectiva longitud en la potencialidad de erosionabilidad de los suelos.

Este factor fue caracterizado empleando la expresión de Winchell et al. (2008) que se presenta a continuación:

$$L.S = \left(\frac{A_s}{22.13} \right)^m * \left(\frac{\sin \phi}{0.0896} \right)^n$$

Donde:

L.S : Factor Topológico

As= Unidad de contribución (metros)

ϕ = pendiente de la ladera (Radianes)

m = exponente que depende de la pendiente

n = exponente variable (1.2-1.3)

2.1.3.4. Factor de Cobertura Vegetal (C)

El factor de cobertura vegetal toma en cuenta la protección que proporciona la presencia de vegetación a los suelos susceptibles a erosionarse por efecto de la lluvia.

Este factor fue caracterizado empleando la expresión desarrollada por Chao-Yuan Lin (2002) que asocia el factor C con el índice NDVI. El índice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) obtenidos por C.O. Justice (1985), permite caracterizar la vegetación existente a partir de la medición de la reflectancia del espectro electromagnético emitido por la vegetación y registrado en las imágenes satelitales.

$$C = \left(\frac{1 - NDVI}{2} \right)$$

$$NDVI = \frac{R_{IRC} - R_{RVis}}{R_{IRC} + R_{RVis}}$$

Donde:

C.: Factor de cobertura

RIRC: Reflectancia de la radiación del infrarrojo cercano, tiene su firma espectral que varía entre 0,7 y 1,1 μm .

RRVis: Reflectancia de la radiación del rojo visible. Tiene una firma espectral que se caracteriza por encontrarse entre 0,6 y 0,7 μm .

2.1.3.5. Factor de prácticas de conservación (P)

El factor de prácticas de conservación toma en cuenta las prácticas de conservación realizadas por el hombre para la conservación del suelo.

Su valor depende del tipo de prácticas empleadas (surcos, franjas o terrazas) y de la pendiente del terreno. En la Tabla 1 se muestran los valores sugeridos por Wischmeier (1978).

Tabla 1.*Factor de Prácticas de Conservación del Suelo (P).*

% Pendiente del terreno	Surcos con contorno (canales)	Franjas al contorno	Terrazas
1-2	0.6	0.3	0.12
3-8	0.5	0.25	0.1
9-12	0.6	0.3	0.12
13-16	0.7	0.35	0.14
17-20	0.8	0.4	0.16
21-25	0.9	0.45	0.18

Fuente Datos obtenidos del Proyecto Quellaveco.

2.4 Resultados

2.4.1 Información cartográfica y de imágenes satelitales.

Para realizar este trabajo, recopilamos información cartográfica a una escala de 1:100.000 correspondiente a las hojas 33u (Ichuña), 33v (Pichacani), 34-u (Omate), 34-v (Hualtiri), 35-u (Moquegua) y 35-v (Tarata) de la Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

También se empleó las imágenes satelitales Lansat 8 ubicadas en las filas y columnas (2,71; 2,72; 3,71; 3,72).

2.4.2 Información de suelos

Para el presente estudio se utilizó la información de estudios de suelos realizados en el marco de la 4ta modificatoria del Estudio de Impacto Ambiental. Esta información fue complementada con análisis adicionales realizados en el marco del presente estudio. Cuya 4ta modificatoria fue generado dentro de los estudios del proyecto Quellaveco.

2.4.3 Información hidrológica

Para realizar este estudio utilizamos la información pluviométrica proveniente de las estaciones operadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Anglo American Quellaveco (AAQ) - Moquegua, Southern Perú Copper Corporation (SCC) – Tacna y el Proyecto Especial Regional Pasto Grande (PERPG) – Arequipa. Esta información fue tomada del Estudio Hidrológico de la Línea Base elaborado para la 4ta modificatoria del Estudio de Impacto Ambiental.

Dada la extensión del área a estudiarse, que involucra una gran variabilidad en los factores de la ecuación, su aplicación se ha realizado a nivel geoespacial haciendo uso de SIG e información proveniente de mapas temáticos existentes, imágenes satelitales y levantamientos de campo.

2.4.4 Factores de la Ecuación Universal de pérdida de suelos

a) Factor de Erosividad de la lluvia (R)

Se realiza con los datos de precipitación obtenida del SENAMHI y de la Autoridad Nacional del Agua (ANA). En primer lugar, se descargó los datos de la página web de SENAMHI, específicamente en las cuencas hidrográficas Asana, Vizcachas y Titire. Este proceso de análisis de datos se realizó con el software Excel.

Luego, se recolectó información de las estaciones pluviométricas que se encontraban dentro y alrededor de las cuencas de estudio. Después, se hizo un tratamiento de datos de cada estación con la finalidad de detectar registros dudosos; con lo cual finalmente se pudo hallar la precipitación anual del periodo 1953-2012 de cada estación estudiada.

Se ubicaron las estaciones en el software Arcgis, con la finalidad de hacer una interpolación con todas las estaciones, para así poder determinar que estaciones se consideran.

A continuación, se muestra la tabla 2 que resume la información sobre el Factor R encontrada en las estaciones pluviométricas seleccionadas para el presente estudio.

Tabla 2*Factor de Erosividad de la lluvia (R).*

N°	Estación Pluviométrica	Este (m)	Norte (m)	Precipitación Total Anual (mm)	EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (MJ.mm/ha.hr.año)			Promedio
					E.J. Roose	Wischmeier y Smith	Rogler y Schwertmann	
1	Moquegua	294540	8100708	13.21	11.4	6.8	9.2	9.1
2	Yacango	301435	8109108	46.04	39.8	60.3	32.0	44.1
3	Coscori	312013	8106655	55.34	47.9	75.4	38.5	53.9
4	Quellaveco	327670	8108508	238.52	206.3	372.1	166.0	248.1
5	Cuajone	317063	8117411	118.49	102.5	175.4	82.5	120.1
6	Toquepala	331470	8091710	83.84	72.5	119.7	58.4	83.5
7	Cairani	357693	8088084	113.87	98.5	169.5	79.3	115.8
8	Qda. Honda	340246	8102847	263.69	228.1	412.5	183.5	274.7
9	Tacalaya	349540	8113230	436.38	377.5	691.9	303.7	457.7
10	Suches	349115	8127834	328.43	284.1	515.5	228.6	342.7
11	Suches Toquepala	352000	8126526	346.73	299.9	544.7	241.3	362.0
12	Pampa Umalso	348359	8133726	431.80	373.5	678.8	300.5	450.9

N°	Estación Pluviométrica	Este (m)	Norte (m)	Precipitación Total Anual (mm)	EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (MJ.mm/ha.hr.año)			Promedio
					E.J. Roose	Wischmeier y Smith	Rogler y Schwertmann	
13	Otora	303051	8119515	62.08	53.7	86.5	43.2	61.1
14	Tumilaca	304965	8104775	21.04	18.2	19.5	14.6	17.5
15	Quinistaquillas	297729	8143876	72.44	62.7	103.2	50.4	72.1
16	Omate	288583	8155071	115.65	100.0	173.0	80.5	117.8
17	Carumas	319438	8140353	371.61	321.4	589.5	258.6	389.9
18	Calacoa	313497	8148951	437.08	378.1	693.3	304.2	458.5
19	Ichuña	335626	8214882	562.49	486.6	892.0	391.5	590.0
20	Pachas	314931	8178619	281.89	243.8	438.3	196.2	292.8
21	Chilota	349205	8152934	544.19	470.7	858.0	378.8	569.1
22	Pasto Grande	370091	8151003	509.68	440.9	802.3	354.7	532.7
23	Tocco	380816	8140002	473.46	409.5	746.1	329.5	495.1
24	Ubinas	302402	8189606	327.60	283.4	511.9	228.0	341.1

Fuente: Datos obtenidos del Proyecto Quellaveco.

En el Anexo I se presenta mayor detalle de los cálculos de la erosividad por efecto de lluvia obtenidas para las diferentes estaciones en la zona de operaciones y de abastecimiento.

A partir de los valores promedios generado por interpolación un mapa de distribución espacial del factor de erosividad (R) en el ámbito de las cuencas de los ríos Titire, Vizcachas y Asana.

La interpolación presenta un error medio cuadrático de 3 mm, una desviación media relativa de 0.12%, y un coeficiente de determinación de 0.99; estos valores indican que la interpolación es válida.

El factor de erosividad de lluvia (R), fue estimado empleando las expresiones de Roose (1995), Wischmeier & Smith (1978) y Rogler & Schwertmann (1981) utilizando como insumo básico la información de precipitación media anual y media mensual para época húmeda registrada por las estaciones próximas al área de estudio.

En la Figura 2 del Anexo III se muestra el mapa de erosividad de la lluvia (factor R) distribución espacialmente.

b) Factor de Erodabilidad (K)

Empleando la información existente de suelos, imágenes satelitales y la vista de campo se generó un mapa de suelos de las cuencas de interés. A partir de la información de porcentajes de arena, limo, arcilla y contenido de materia orgánica obtenida en los análisis en laboratorio de las muestras tomadas en la visita de campo y en análisis previos, utilizando la ecuación se determinó la erodabilidad de los suelos identificados.

El factor K fue estimado empleando la expresión de Williams (1990) & Silva (1992) utilizando como insumo básico los resultados de porcentajes de arena, limo, arcilla y contenido de materia orgánica obtenida en los análisis en laboratorio de las muestras tomadas en la visita de campo y en análisis previos.

En el Anexo II se presenta la información de suelos utilizada. En las Figuras 3 y 4 del Anexo III se presenta los mapas de erodabilidad de suelos generados para las cuencas de interés.

c) Factor Topográfico (LS)

Para la estimación del factor se empleó un mapa de pendientes construido a partir de un DEM (Modelo de elevación digital). El factor fue estimado para cada una de las celdas (15 m x 15 m), y el DEM se descargó del Geoservidor de la página web del MINAM. A partir del ráster de pendiente obtenido se hizo el cálculo para hallar dicho factor, como resultado de calcular los factores L y S.

El factor de topológico o de longitud de la pendiente (L.S) fue estimado empleando la expresión de Winchell (2008) utilizando como insumo básico un mapa de pendientes construido a partir del DEM.

En las Figuras 5 y 6 del Anexo III se presenta los mapas de distribución del factor LS en las cuencas de estudio.

d) Factor de Cobertura Vegetal (C)

Para calcular el factor se descargaron imágenes satelitales LandSat de la página web de la USGS. Realizándose con la expresión desarrollada por Chao-Yuan Lin (2002), que asocia el factor C con el índice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Así, se calculó el factor C para todos los meses del año, tomando en cuenta para el estudio el de mayor valor promedio.

El factor de cobertura vegetal (C) fue estimado empleando la expresión de Chao-Yuan Lin (2002) utilizando como insumo básico los valores de reflectancia registrados en imágenes satelitales.

En las Figuras 7 y 8 del Anexo III se muestra el mapa de distribución del factor C en las cuencas de estudio.

e) Factor de Prácticas de Conservación (P)

Dado que actualmente no se han implementado medidas de conservación en el área de estudio para reducir la erosión hídrica, este factor no se incluye en los cálculos del método USLE. Por lo tanto, se asigna un valor constante de 1 en todos los casos. Nuevamente cabe señalar que este valor no tendrá un impacto importante en los resultados finales del método USLE, ya que este valor será analizado para identificar áreas de alta, media y baja erosión hídrica.

2.4.5 Estimación de pérdidas de suelo

Una vez obtenidos los parámetros de la ecuación universal de pérdida de suelos, las pérdidas de suelo fueron estimados aplicando la ecuación sobre cada una de las celdas que conforman el modelo de elevación digital de las cuencas en estudio. Esta operación se realizó empleando el software ARC-GIS.

En las Figuras 9 y 10 del Anexo III se presentan el mapa de pérdidas de suelo generado mediante la metodología previamente descrita. En la Tabla 3 se resumen los valores estimados pérdidas de suelo a nivel medio anual.

Tabla 3

Estimación de Producción de Sedimentos

Cuencas de Interés	Límite de Aguas Abajo	Área (Km ²)	Pérdidas de Suelo (Ton/Ha. Año)	Caracterización
Río Asana	Confluencia con el río Charaque	200.4	64.3	Moderada
Río Vizcachas	Confluencia con el río Titire	697.7	69.1	Moderada
Río Titire	Confluencia con el río Vizcachas	637.4	56.8	Moderada

Fuente: Datos obtenidos del Proyecto Quellaveco.

Las pérdidas de suelo por erosión hídrica en las cuencas del río Asana son mayoritariamente de magnitud moderada. Esto se debe a que, si bien las precipitaciones son de baja magnitud, se tienen pendientes pronunciadas, cobertura vegetal escasa y suelos de texturas que varían de franco a franco arenoso.

Las pérdidas de suelo por erosión hídrica en las cuencas del río Viscachas y Titire son de magnitud moderada. Si bien las precipitaciones son de mayor magnitud que en la zona de operaciones, la cobertura vegetal es mayor, las pendientes del terreno son menores y los suelos presentan texturas que varían de arenoso a franco y franco arenoso.

III. APORTES MAS DESTACADOS A LA INSTITUCIÓN

El aporte más importante fue determinar el área de influencia de la cuenca de estudio, con apoyo de google earth con elevación y las curvas de nivel, a partir de dicha información procedo a realizar lo siguiente:

- Hacer la caracterización fisiográfica de las cuencas de estudio.
- Llevar a efecto el tratamiento de datos pluviométricos de las estaciones de estudio que se encuentran dentro y alrededor del área de influencia.
- Participar en la recolección de datos y muestras en campo para el factor de erodabilidad y de cobertura vegetal.
- Efectuar el Procesamiento de información de las imágenes satelitales para el factor de cobertura vegetal.
- Elaborar los mapas temáticos de los factores que consideran el método USLE.
- El manejo de los Sistemas de información Geográfica para cualquier requerimiento del Cliente y la rapidez en solucionar los procesos de información.

IV. CONCLUSIONES

- Los factores o elementos que intervienen en el método USLE son:
 - En el factor de erosividad de lluvia (R), la cuenca del río Asana el factor varía entre 111.8 a 306.7 $\text{Mj} \cdot \text{mm} / \text{ha} \cdot \text{hr}$, para la cuenca del río Vizcachas y Titire varían entre 164.7 a 310 $\text{Mj} \cdot \text{mm} / \text{ha} \cdot \text{hr}$.
 - En el factor de erodabilidad del suelo (K), la cuenca del río Asana el factor varía entre 0.003 a 0.065 $[(\text{t}/\text{ha})/(\text{Mj} \cdot \text{mm} \cdot \text{h})]$, para la cuenca del río Vizcachas y Titire varían entre 0.003 a 0.079 $[(\text{t}/\text{ha})/(\text{Mj} \cdot \text{mm} \cdot \text{h})]$.
 - En el factor de topológico o de longitud de la pendiente (L.S), la cuenca del río Asana el factor varía entre 0.01 a 75.5, para la cuenca del río Vizcachas y Titire varían entre 0.01 a 62.25.
 - En el factor de cobertura vegetal (C), la cuenca del río Asana el factor varía entre 0.17 a 0.64, para la cuenca del río Vizcachas y Titire entre 0.18 a 0.75.
- La pérdida de suelo en las cuencas de los ríos Asana, Vizcachas y Titire.
 - Se tiene que la tasa de erosión anual promedio en la cuenca del río Asana alcanza los 64.3 Ton/ha . Teniendo una cuenca es mayoritariamente de magnitud moderada. Esto se debe a que, si bien las precipitaciones son de baja magnitud, se tienen pendientes pronunciadas, cobertura vegetal escasa y suelos de texturas que varían de franco a franco arenoso.
 - Se tiene que la tasa de erosión anual promedio en la cuenca del río Vizcachas y Titire, alcanza los 69.1 y 56.8 Ton/ha respectivamente. Teniendo en las cuencas del río Viscachas y Titire con magnitud moderada. Si bien las precipitaciones son de mayor magnitud que en la zona de operaciones, la cobertura vegetal es mayor, las pendientes del terreno son menores y los suelos presentan texturas que varían de arenoso a franco y franco arenoso.

V. RECOMENDACIONES

- Se debe manejar toda la información en una misma escala, y el ráster con la misma resolución espacial. Este estudio utilizó una escala de 1/100.000 y una resolución espacial típica de 30 m.
- Se sugiere que en las zonas más elevadas se lleven a cabo proyectos de construcción de diques para reducir la erosión de suelo, pues las prácticas de conservación son importantes en el proceso erosivo al proteger a los suelos de una potencial erosión.
- Promover el entendimiento de la población relevante y de las autoridades responsables del procesamiento y manejo de los recursos naturales sobre la importancia de proteger estos recursos.
- En el corto plazo, se recomienda centrarse en áreas con mayores tasas de erosión, prefiriendo las partes superiores de la cuenca, que son más propensas a la erosión del suelo.

VI. REFERENCIAS

- Chao-Yuan Lin, Wen-Tzu Lin, Wen-Chieh Chou (2002) Soil erosion prediction and sediment yield estimation, Taiwan experience
- Desmet and Govers (1996), GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*
- Flores López, Hugo Ernesto; Martínez Menes (2003), "integración de la eups a un sig para estimar la erosión hídrica del suelo en una cuenca hidrográfica de tepatitlán, jalisco, méxico" *Terra Latinoamericana*, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
- Justice, C.O., Townshend, J.R.G., Holben, B.N., Tucker, C.J. (1985) Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *Int. J. Remote Sens.*
- Métodos de estimación de la erosión y sedimentos. (2002), Colegio de Posgrado. Instituto de recursos naturales, México.
- Ramírez, F. A. e Hincapie G., E. 2009. "Riesgo a la erosión en la zona cafetera central del departamento de Caldas". *Cenicafé*, vol. 60, no. 2.
- Rogler, H. and Schwertmann, (1981). Rainfall erosivity and isoerodent map of Bavaria.
- Rostan Philip Charles Morgan (2005), *SOIL EROSION AND CONSERVATION (2005)*, National Soil Resources Institute, Cranfield University, United Kingdom.
- Sánchez, H. R. "Mapa de erosión potencial en la cuenca hidrológica GrijalvaUsumacinta México mediante el uso de SIG". *Universidad y ciencia*, vol. 29, no.2, agosto de 2013.
- Soil Erosion Risk. (2000), Assessment in Europe, JM Van Der Knijff, A.J.A Jones, L Montanarella, European Soil Bureau.

VII. ANEXOS

Anexo A: Estimación del Índice de Erosividad de la Lluvia en las Diferentes Estaciones

N°	Estación	Este	Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	TOTAL	EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (MJ.mm/ha.hr.año)			
																	E.J. Roose	Wischmeier and Smith	Rogler & Schwertmann	Promedio
1	Moquegua	294540	8100708	4.72	4.99	2.25	0.34	0.05	0.02	0.04	0.04	0.05	0.02	0.18	0.53	13.21	11.4	6.8	9.2	9.1
2	Yacango	301435	8109108	13.21	19.90	7.85	0.91	0.26	0.04	0.17	0.16	0.27	0.32	0.63	2.32	46.04	39.8	60.3	32.0	44.1
3	Coscori	312013	8106655	14.74	24.50	10.44	1.00	0.20	0.04	0.19	0.25	0.21	0.18	0.52	3.08	55.34	47.9	75.4	38.5	53.9
4	Quellaveco	327670	8108508	70.71	78.70	47.38	6.82	1.07	1.02	0.87	1.37	2.00	1.63	3.50	23.44	238.52	206.3	372.1	166.0	248.1
5	Cuajone	317063	8117411	37.86	36.18	22.50	2.90	0.45	0.57	0.45	1.89	1.52	0.68	1.85	11.70	118.49	102.5	175.4	82.5	120.1
6	Toquepala	331470	8091710	24.30	29.73	14.90	1.56	0.49	0.32	0.56	1.15	1.03	0.42	1.56	7.83	83.84	72.5	119.7	58.4	83.5
7	Cairani	357693	8088084	37.41	38.51	19.70	2.25	0.79	0.33	0.53	0.91	1.40	0.66	1.51	9.87	113.87	98.5	169.5	79.3	115.8
8	Qda. Honda	340246	8102847	78.98	84.42	55.84	6.98	1.09	1.27	0.90	1.68	2.01	1.75	3.62	25.17	263.69	228.1	412.5	183.5	274.7
9	Tacalaya	349540	8113230	118.14	117.68	82.95	19.43	3.12	1.91	1.37	3.36	6.01	8.21	17.48	56.72	436.38	377.5	691.9	303.7	457.7
10	Suches	349115	8127834	85.70	86.80	59.26	17.98	2.58	2.30	1.06	2.57	3.63	7.00	16.80	42.75	328.43	284.1	515.5	228.6	342.7
11	Suches Toquepala	352000	8126526	93.17	86.06	61.15	18.89	2.86	2.58	0.89	3.04	4.18	8.25	19.23	46.43	346.73	299.9	544.7	241.3	362.0
12	Pampa Umalso	348359	8133726	109.56	106.16	85.23	22.70	4.52	3.72	1.27	5.06	7.50	6.87	23.04	56.17	431.80	373.5	678.8	300.5	450.9
13	Otora	303051	8119515	17.62	26.37	11.18	1.24	0.41	0.05	0.23	0.22	0.37	0.45	0.72	3.23	62.08	53.7	86.5	43.2	61.1
14	Tumilaca	304965	8104775	5.79	8.06	3.63	0.47	0.12	0.02	0.08	0.07	0.09	1.50	0.22	0.99	21.04	18.2	19.5	14.6	17.5
15	Quinistaquillas	297729	8143876	20.75	27.78	13.61	1.38	0.30	0.15	0.18	0.33	0.56	0.34	1.63	5.43	72.44	62.7	103.2	50.4	72.1
16	Omate	288583	8155071	37.00	43.14	20.25	2.38	0.55	0.41	0.24	0.80	1.23	0.30	1.40	7.95	115.65	100.0	173.0	80.5	117.8
17	Carumas	319438	8140353	103.78	112.81	79.36	10.29	1.45	1.84	0.73	1.59	3.59	2.19	11.70	42.30	371.61	321.4	589.5	258.6	389.9
18	Calacoa	313497	8148951	124.49	131.73	90.86	11.01	1.72	2.30	0.85	3.34	4.32	4.08	14.89	47.48	437.08	378.1	693.3	304.2	458.5
19	Ichuña	335626	8214882	142.62	128.34	88.34	30.80	4.98	3.53	2.24	5.28	11.53	15.78	40.23	88.83	562.49	486.6	892.0	391.5	590.0
20	Pachas	314931	8178619	76.72	72.68	54.68	13.12	2.23	1.94	1.22	3.18	4.82	4.54	14.15	32.61	281.89	243.8	438.3	196.2	292.8
21	Chilota	349205	8152934	144.51	129.90	88.75	29.41	5.85	4.50	2.31	6.66	9.56	12.92	33.75	76.08	544.19	470.7	858.0	378.8	569.1
22	Pasto Grande	370091	8151003	133.86	122.25	82.57	27.66	5.71	4.29	2.14	6.34	9.05	12.71	31.71	71.40	509.68	440.9	802.3	354.7	532.7
23	Tocco	380816	8140002	123.10	115.30	78.99	24.24	5.17	3.69	1.75	5.30	7.92	11.82	29.55	66.64	473.46	409.5	746.1	329.5	495.1
24	Ubinas	302402	8189606	88.12	87.05	59.96	16.49	2.48	2.62	1.38	3.32	5.67	4.88	15.27	40.36	327.60	283.4	511.9	228.0	341.1

Fuente: Datos obtenidos del Proyecto Quellaveco.

Anexo B: Informe de Análisis Espacial en Suelo

Tabla 1 Informe de Análisis Espacial en Suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : PERU HYDRAULICS S.A.C.

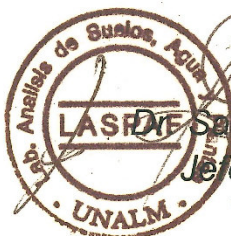
PROCEDENCIA : MOQUEGUA

REFERENCIA : H.R. 44382

FACTURA : 26257

FECHA : 28/03/2014

Lab	Número Muestra	M.O. %
	Claves	
1470	Q1	1.31
1471	Q2	1.41
1472	Q3	1.24
1473	Q4	0.64
1474	Q5	0.80
1475	Q6	0.72
1476	Q7	1.32
1477	Q8	1.12
1478	Q9	0.65
1479	Q10	1.31
1480	Q11	1.59
1481	Q12	5.71
1482	Q13	1.07
1483	Q14	1.00
1484	Q15	0.74



Sady García Bendezu
 Jefe del Laboratorio

Tabla 2 Informe de Análisis Espacial en Suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : PERU HYDRAULICS S.A.C.

PROCEDENCIA : MOQUEGUA

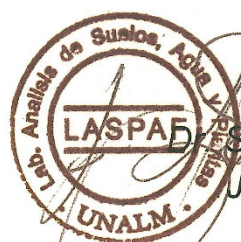
REFERENCIA : H.R. 44382

FACTURA : 26257

FECHA : 28/03/2014

Lab	Número Muestra Claves	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
1470	Q1	78	16	6	A.Fr.
1471	Q2	70	20	10	Fr.A.
1472	Q3	54	24	22	Fr.Ar.A.
1473	Q4	76	14	10	Fr.A.
1474	Q5	82	18	0	A.Fr.
1475	Q6	66	24	10	Fr.A.
1476	Q7	80	20	0	A.Fr.
1477	Q8	52	24	24	Fr.Ar.A.
1478	Q9	72	22	6	Fr.A.
1479	Q10	58	24	18	Fr.A.
1480	Q11	70	20	10	Fr.A.
1481	Q12	42	50	8	Fr.L.
1482	Q13	72	22	6	Fr.A.
1483	Q14	72	20	8	Fr.A.
1484	Q15	80	14	6	A.Fr.

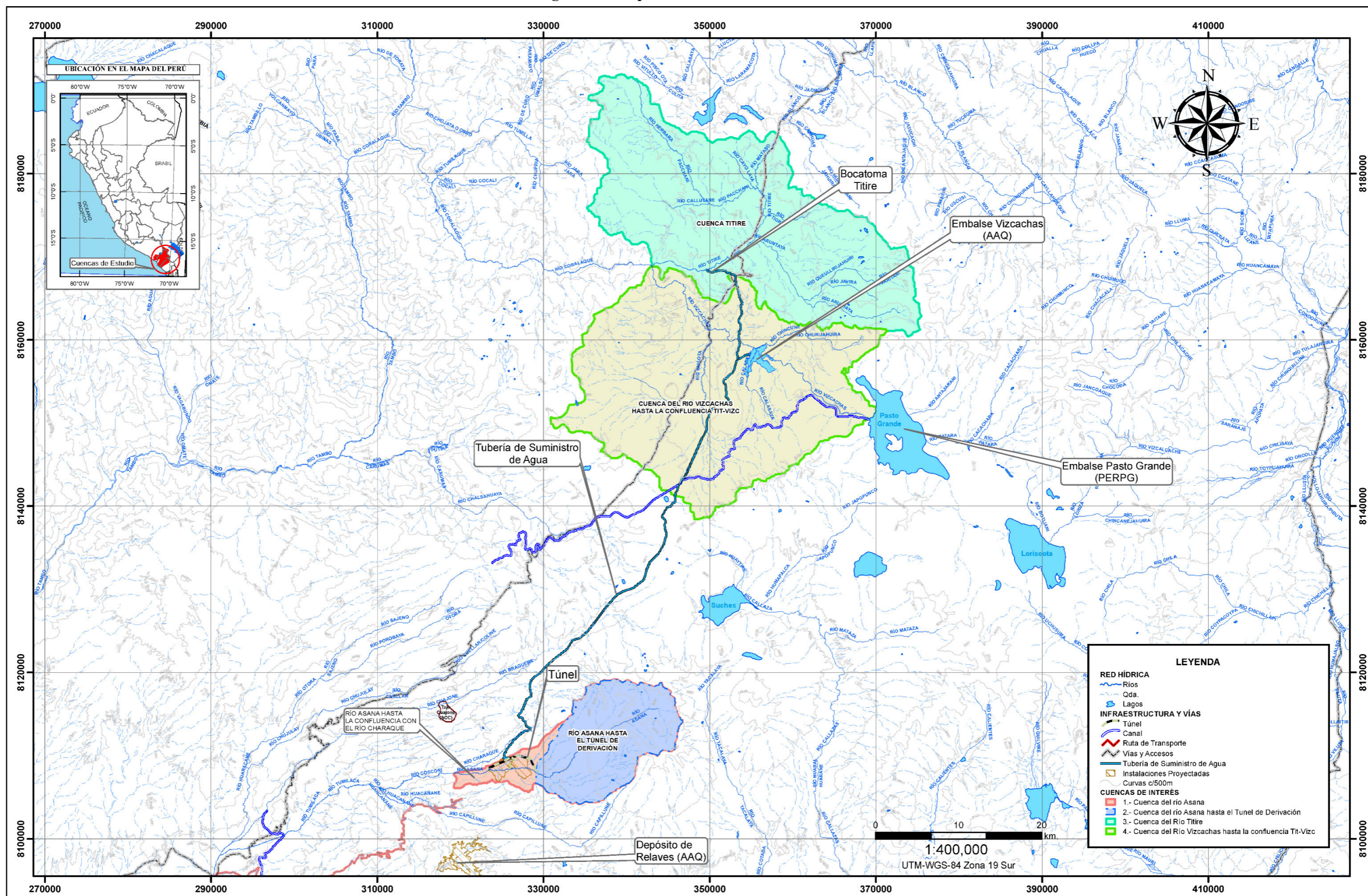
A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Sady García Bendeza
 Jefe del Laboratorio

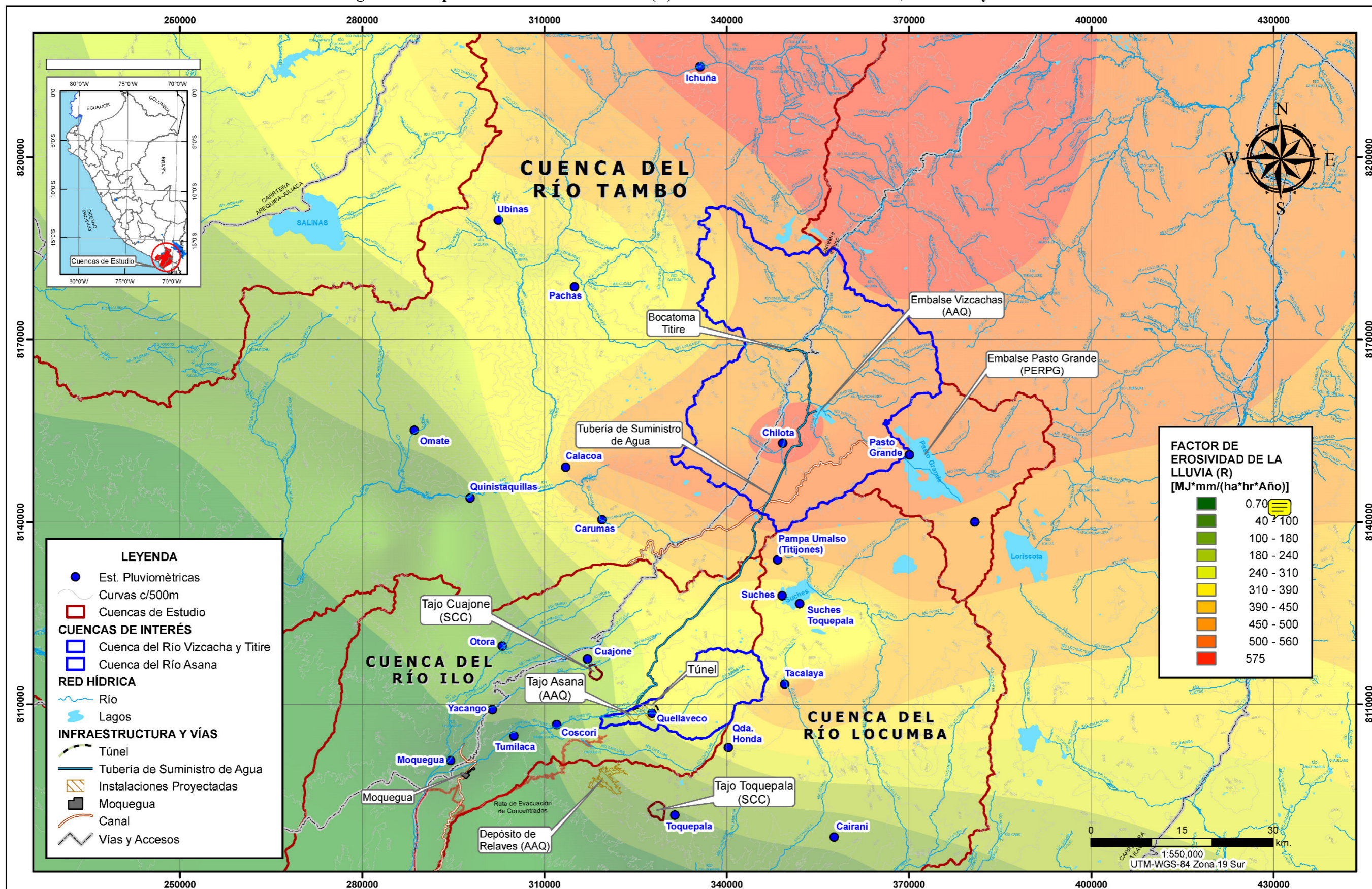
Anexo C: Figuras

Figura 01: Mapa de Ámbito del estudio



<p>ELABORADO POR: PERU HYDRAULICS S.A.C. Hidráulica, Recursos Hídricos y Medio Ambiente</p>	<p>CLIENTE: Knight Piésold CONSULTING</p>	<p>PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES DE PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA PROYECTO QUELLAVECO</p>	<p>Nº PROYECTO: PH - KP - 05 - 2013 APROBADO: R.C.T. FECHA: ENERO 2015</p>	<p>FIGURA Nº 01: ÁMBITO DEL ESTUDIO</p>
--	--	---	--	---

Figura 02: Mapa de Erosividad de la Lluvia (R) en las Cuencas de los ríos Asana, Vizcachas y Titire



ELABORADO POR:
PERU HYDRAULICS S.A.C.
Hidráulica, Recursos Hídricos y Medio Ambiente

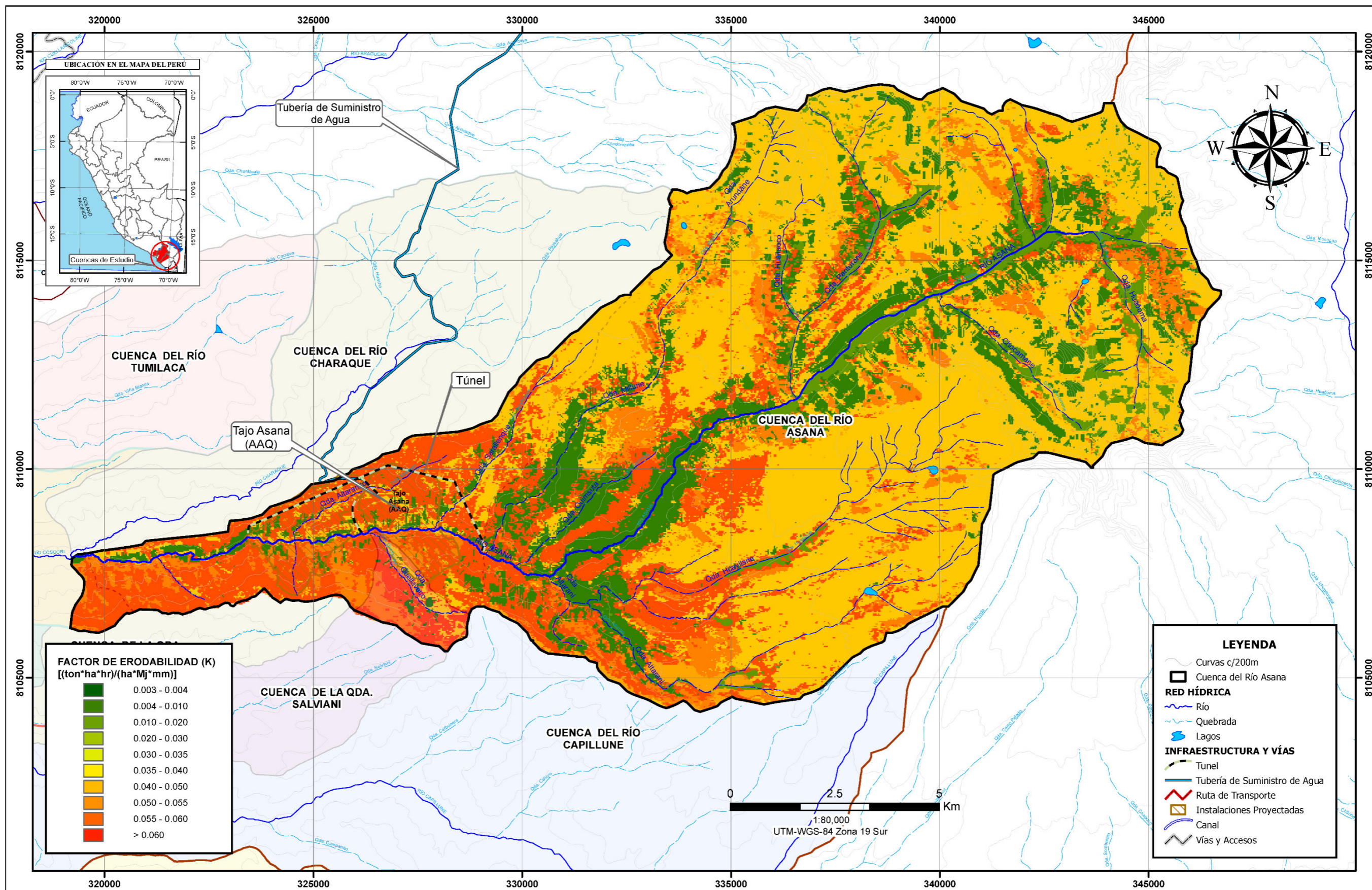
CLIENTE:
Knight Piésold
CONSULTING

PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES DE PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA PROYECTO QUELLAVECO

Nº PROYECTO: PH - KP - 05 - 2013
APROBADO: R.C.T.
FECHA: ENERO 2015

FIGURA Nº 02:
MAPA DE EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (R) EN LA ZONA DE OPERACIONES Y ABASTECIMIENTO

Figura 03: Mapa de Erodabilidad del Suelo (K) en la cuenca del río Asana



ELABORADO POR:

PERU HYDRAULICS S.A.C.
Hidráulica, Recursos Hídricos y Medio Ambiente

CLIENTE:

Knight Piésold
CONSULTING

PROYECTO:

CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES DE PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA PROYECTO QUELLAVECO

Nº PROYECTO: PH - KP - 05 - 2013

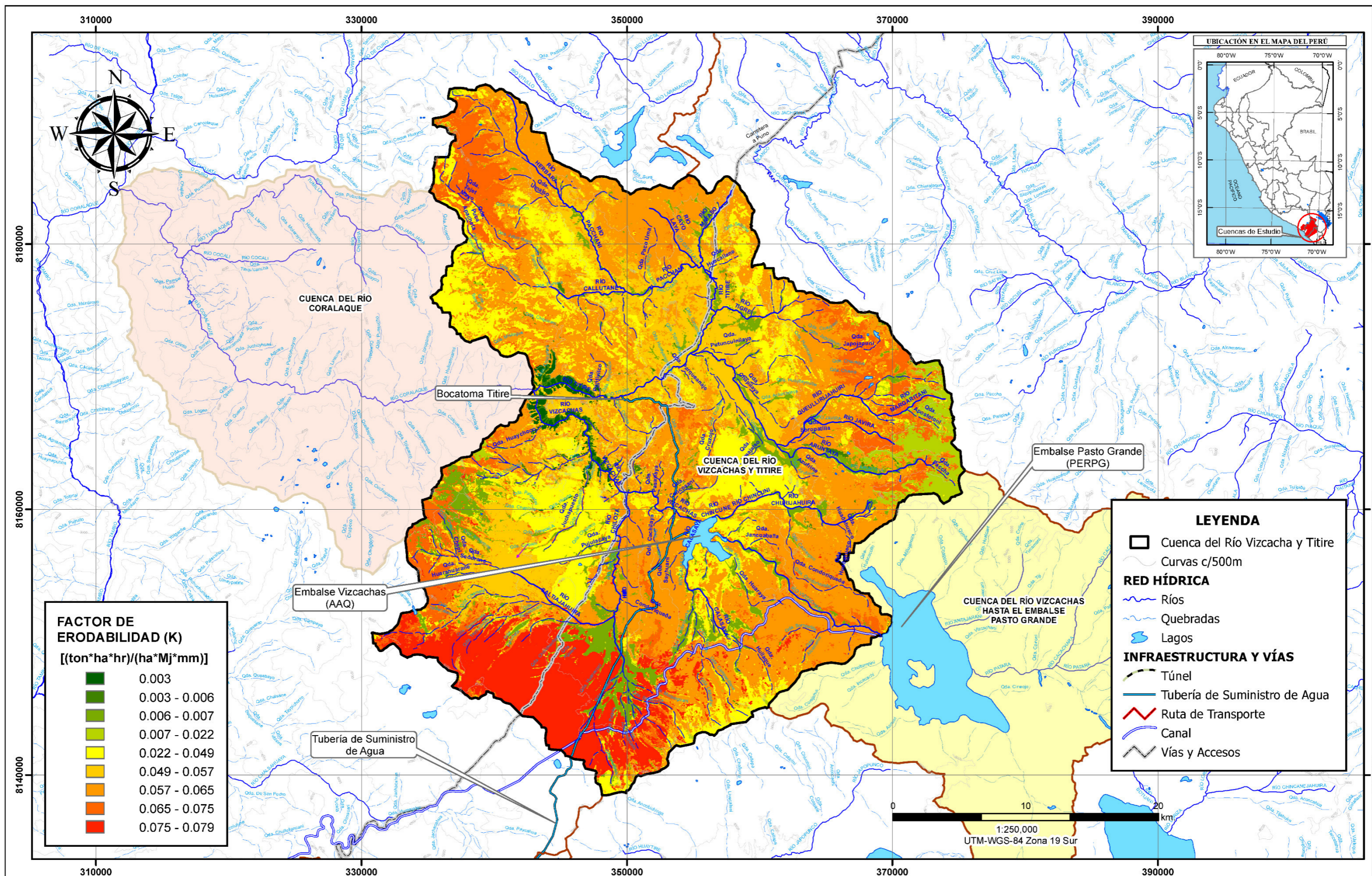
APROBADO: R.C.T.

FECHA: ENERO 2015

FIGURA Nº 03:

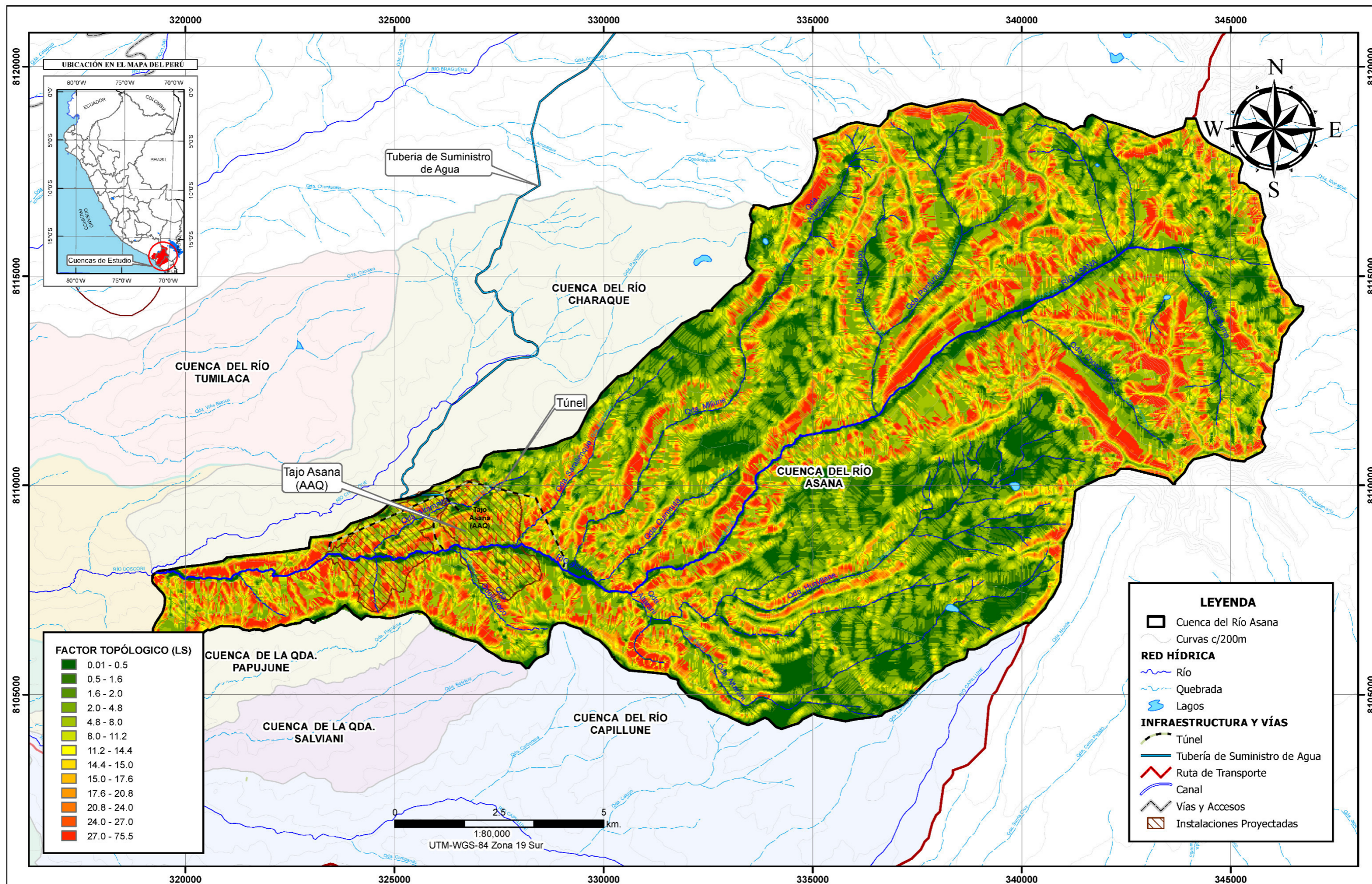
MAPA DE ERODABILIDAD DEL SUELO (K) EN LA ZONA DE OPERACIONES

Figura 04: Mapa de Erodabilidad del Suelo (K) en las cuencas de los ríos Vizcachas y Titire



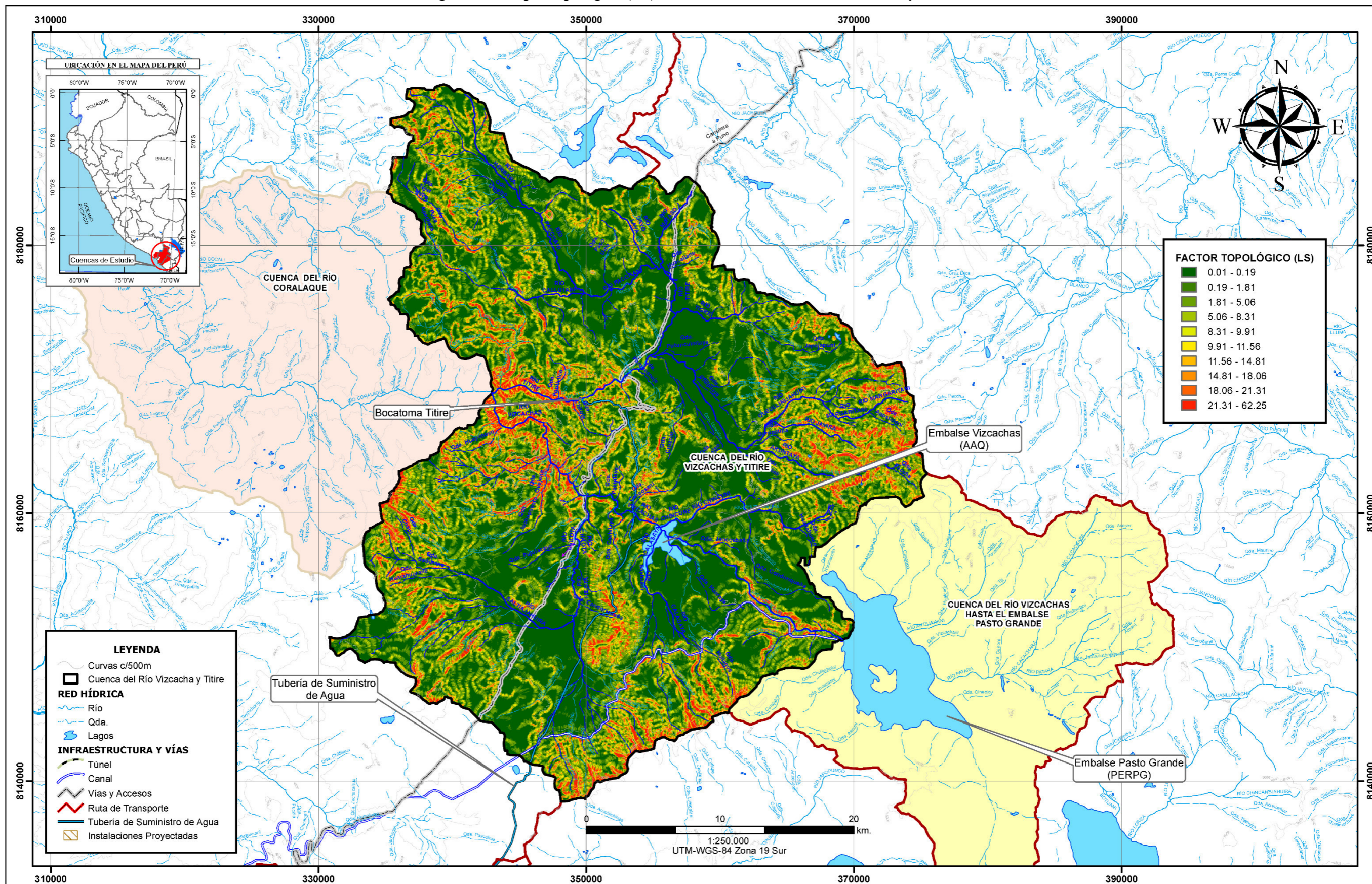
ELABORADO POR: PERU HYDRAULICS S.A.C. Hidráulica, Recursos Hídricos y Medio Ambiente	CLIENTE: Knight Piésold CONSULTING	PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES DE PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA PROYECTO QUELLAVECO	N° PROYECTO: PH - KP - 05 - 2013 APROBADO: R.C.T. FECHA: ENERO 2015	FIGURA N° 04: MAPA DE ERODABILIDAD DEL SUELO (K) EN LA ZONA DE ABASTECIMIENTO
---	---	---	---	--

Figura 05: Mapa Topológico (LS) en la cuenca del río Asana



<p>ELABORADO POR: PERU HYDRAULICS S.A.C. Hidráulica, Recursos Hídricos y Medio Ambiente</p>	<p>CLIENTE: Knight Piésold CONSULTING</p>	<p>PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES DE PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA PROYECTO QUELLAVECO</p>	<p>Nº PROYECTO: PH - KP - 05 - 2013 APROBADO: R.C.T. FECHA: ENERO 2015</p>	<p>FIGURA Nº 05: MAPA TOPOLÓGICO (LS) EN LA ZONA DE OPERACIONES</p>
--	--	---	--	---

Figura 06: Mapa Topológico (LS) en las cuencas de los ríos Vizcachas y Titire



ELABORADO POR:

PERU HYDRAULICS S.A.C.
Hidráulica, Recursos Hídricos y Medio Ambiente

CLIENTE:

Knight Piésold
CONSULTING

PROYECTO:

CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES DE PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA PROYECTO QUELLAVECO

Nº PROYECTO: PH - KP - 05 - 2013

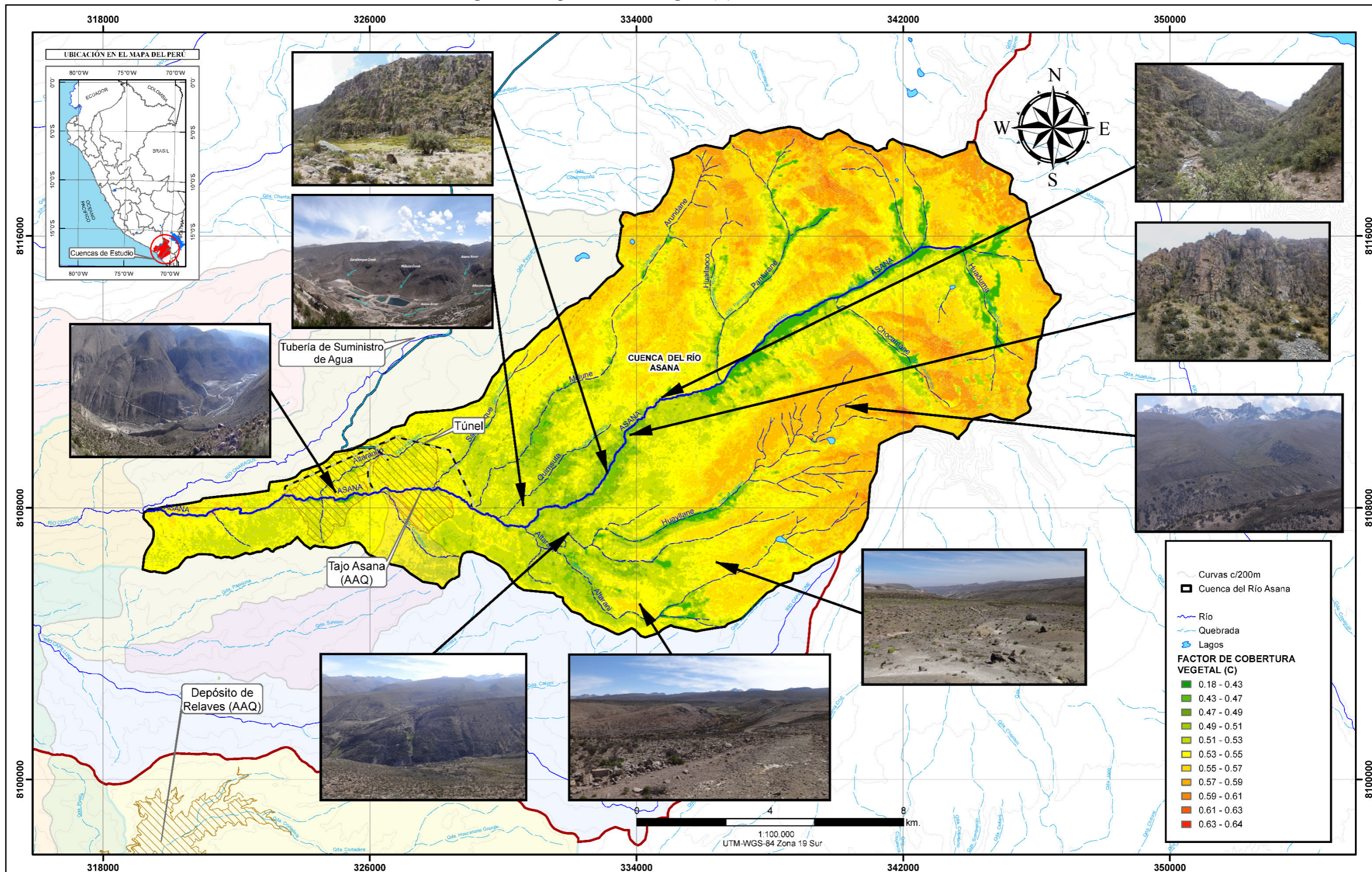
APROBADO: R.C.T.

FECHA: ENERO 2015

FIGURA Nº 06:

MAPA TOPOGRÁFICO (LS)
EN LA ZONA DE ABASTECIMIENTO

Figura 07: Mapa Cobertura Vegetal (C) en la cuenca del río Asana



ELABORADO POR:
PERU HYDRAULICS S.A.C.
 Hidráulica, Recursos Hídricos y Medio Ambiente

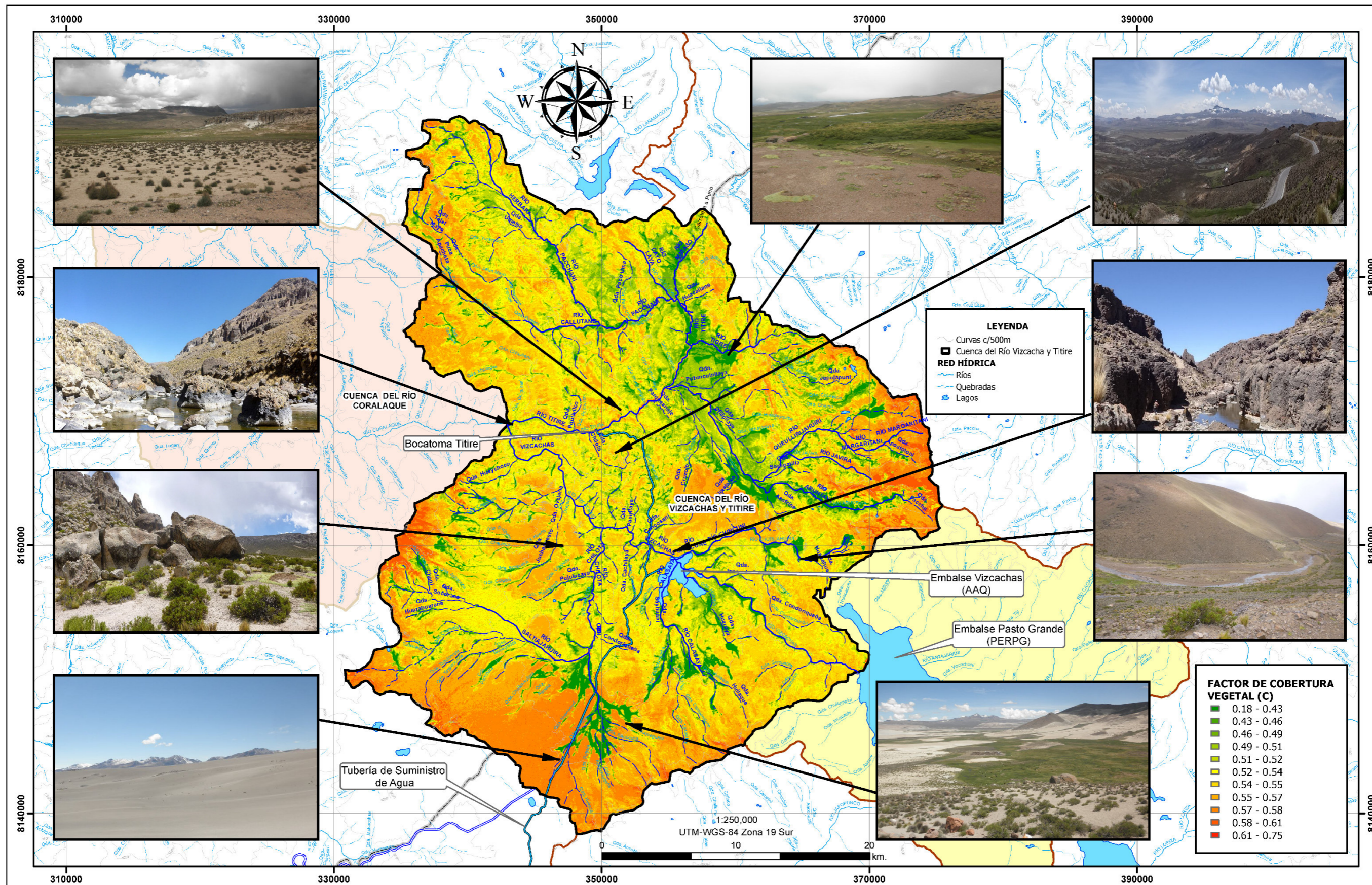
CLIENTE:
Knight Piésold
 CONSULTING

PROYECTO:
 CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES DE PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA PROYECTO QUELLAVECO

Nº PROYECTO: PH - KP - 05 - 2013
 APROBADO: R.C.T.
 FECHA: ENERO 2015

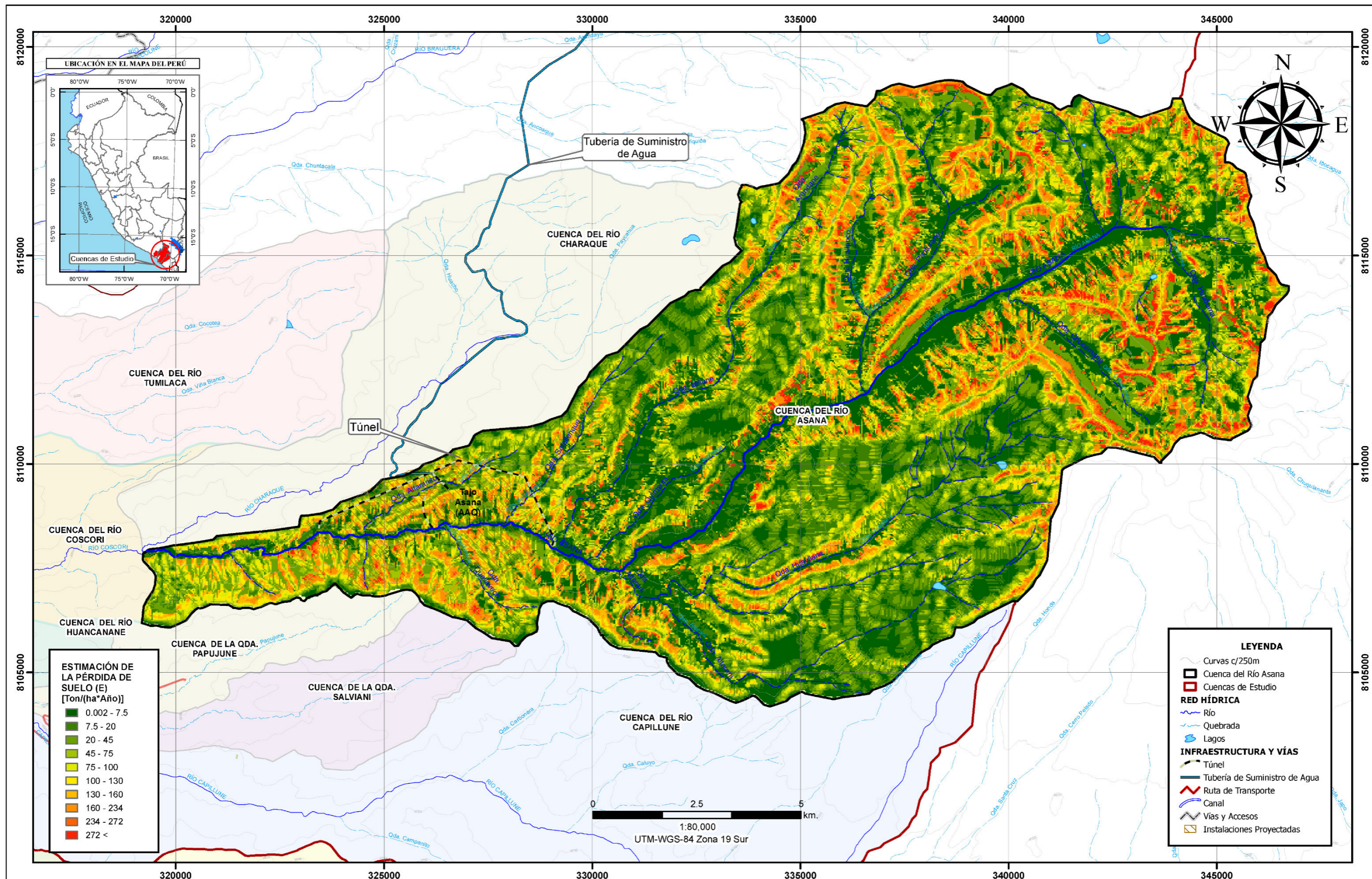
FIGURA Nº 07:
 MAPA DE COBERTURA VEGETAL (C) EN LA ZONA DE OPERACIONES

Figura 08: Mapa Cobertura Vegetal (C) en las cuencas de los ríos Vizcachas y Titire



<p>ELABORADO POR: PERU HYDRAULICS S.A.C. Hidráulica, Recursos Hídricos y Medio Ambiente</p>	<p>CLIENTE: Knight Piésold CONSULTING</p>	<p>PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES DE PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA PROYECTO QUELLAVECO</p>	<p>Nº PROYECTO: PH - KP - 05 - 2013 APROBADO: R.C.T. FECHA: ENERO 2015</p>	<p>FIGURA Nº 08: MAPA DE COBERTURA VEGETAL (C) EN LA ZONA DE ABASTECIMIENTO</p>
--	--	---	--	---

Figura 09: Mapa de estimación de la pérdida de suelo (E) en la cuenca del río Asana



ELABORADO POR:

PERU HYDRAULICS S.A.C.
Hidráulica, Recursos Hídricos y Medio Ambiente

CLIENTE:

Knight Piésold
CONSULTING

PROYECTO:

CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES DE PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA PROYECTO QUELLAVECO

Nº PROYECTO: PH - KP - 05 - 2013

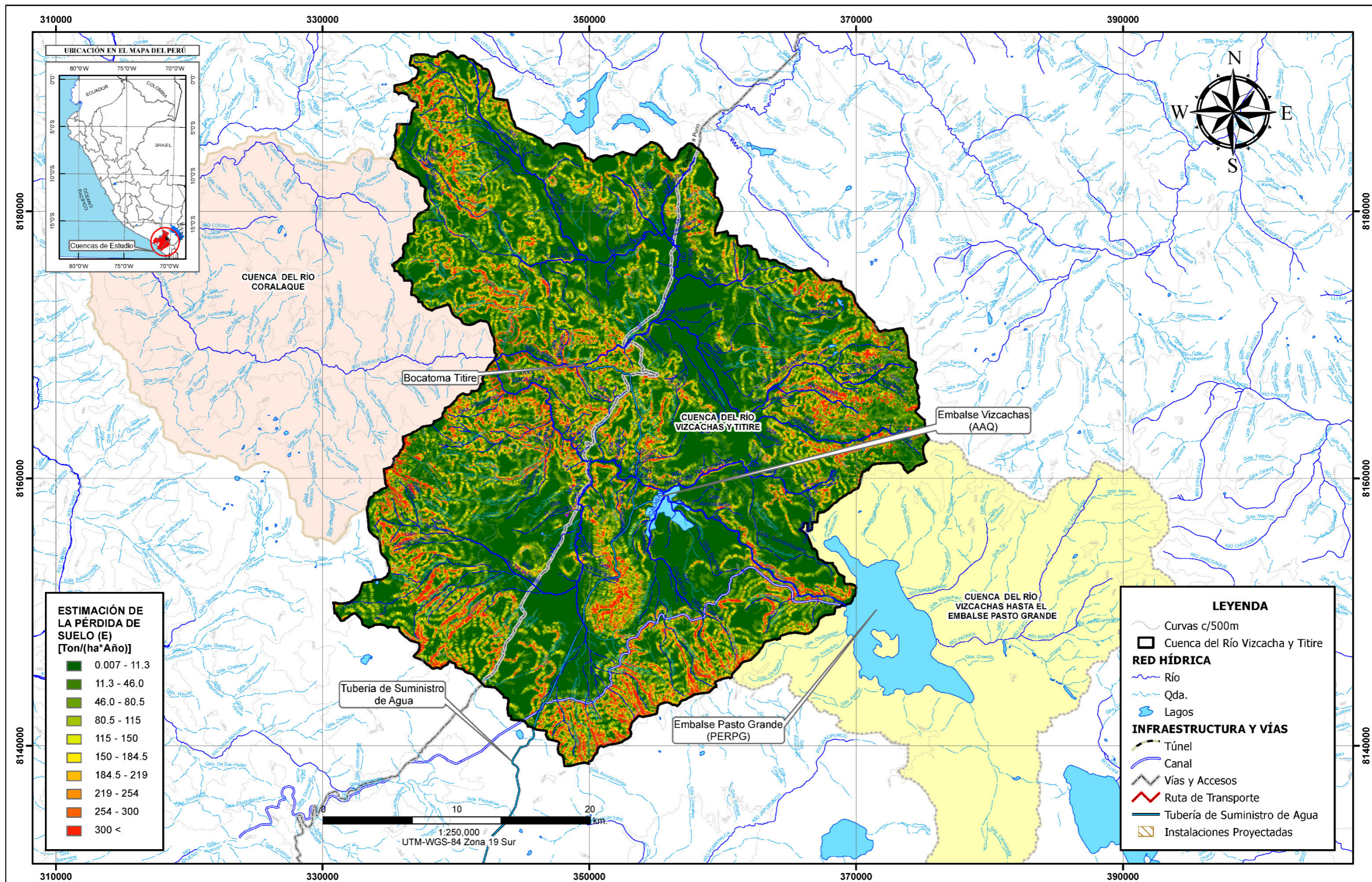
APROBADO: R.C.T.

FECHA: ENERO 2015

FIGURA Nº 09:

MAPA DE ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO (E) EN LA ZONA DE OPERACIONES

Figura 10: Mapa de estimación de la pérdida de suelo (E) en las cuencas de los ríos Vizcachas y Titire



<p>ELABORADO POR: PERU HYDRAULICS S.A.C. Hidráulica, Recursos Hídricos y Medio Ambiente</p>	<p>CLIENTE: Knight Piésold CONSULTING</p>	<p>PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE POTENCIALES DE PÉRDIDAS DE SUELO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS VIZCACHAS, TITIRE Y ASANA PROYECTO QUELLAVECO</p>	<p>Nº PROYECTO: PH - KP - 05 - 2013 APROBADO: R.C.T. FECHA: ENERO 2015</p>	<p>FIGURA Nº 10: MAPA DE ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO (E) EN LA ZONA DE ABASTECIMIENTO</p>
--	--	---	--	---