

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y  
METALÚRGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019”**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez

Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

**ASESOR:**

ING. JUAN CARLOS ASCUE CUBA

Cusco – Perú

2021

## **DEDICATORIA.**

Para la mujer que simplemente me hace llenar de orgullo, te amo y no existe manera de devolverte tanto que me has ofrecido desde antes de nacer. No sé dónde me encontraría de no ser por tu ayuda, tu compañía y tu amor  
Gracias Mamá.

Posiblemente en este momento no entiendan mis palabras, pero cuando sean capaces quiero que se den cuenta de lo que significan para mí. Ustedes son mi principal motivación y mi mayor inspiración.  
Valentina Alba y Sergio Mauricio.

Siempre me alentaste a seguir sin desfallecer, a no rendirme, siempre me diste tu amor y paciencia  
Carlos.

A mis hermanos quienes siempre fueron mis cómplices y amigos, quienes siempre estuvieron conmigo.  
Mei y Alejandro.

También agradezco a nuestro asesor Ing. Juan Carlos Ascue por el apoyo incondicional en este proyecto de investigación.

**Kristell Alexandra Calderon Yopez.**

**DEDICATORIA Y  
AGRADECIMIENTOS.**

Esta tesis se la dedico a mi Madre Lucila, tus esfuerzos son impresionantes y tu amor para mi invaluable, este proyecto no fue fácil a pesar de las innumerables circunstancias que viví a tu lado, siempre estuviste motivándome y apoyándome hasta donde tus alcances lo permitían y siempre agradeceré por ello.

De igual manera también quiero agradecer desde lo más profundo de mi corazón a mi tía Martha quien me apoyo y alentó sin condición para que esta meta se cumpliera, a mi tío Mauro que se encuentra en el cielo, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este; a mis familiares que siempre me apoyaron imprescindiblemente, a mi esposa gracias por estar siempre en esos momentos difíciles brindándome tu amor, paciencia y comprensión; a mi pequeños ángeles; y por ultimo agradecer a esos verdaderos amigos con los que compartí diferentes experiencias en distintas etapas de mi vida (Karol, Santos).

*Carlos Quillahuaman Muñoz*

## INTRODUCCIÓN

Desde hace ya un buen tiempo las investigaciones Hidrogeológicas juegan un papel muy importante para el aprovechamiento del recurso hídrico y son de vital importancia para el desarrollo de los pueblos rurales y urbanos, donde se ubican las microcuencas Acopia – Santo Domingo y Huayrachapi – Miskiunu, en el distrito de Acopia, Provincia de Acomayo de la Región Cusco. El desarrollo de estos sectores se hace crítico debido a la acentuada escases de recursos hídricos superficiales, por ello las autoridades y agricultores demandan suplir esta deficiencia recurriendo a la explotación racional de las aguas subterráneas, cuya disponibilidad se ha identificado en el presente estudio.

Actualmente existen técnicas y métodos que nos permiten explorar e identificar reservas hídricas subterráneas que puedan ser alumbradas a futuro mediante obras de captación, y de esta manera permitan incrementar la oferta del recurso hídrico para consumo humano y las actividades agropecuarias y/o ganaderas en el ámbito territorial donde se ubican las microcuencas: Santo Domingo – Acopia y Huayrachapi – Miskiunu, del distrito de Acopia. El presente tema de investigación Hidrogeológica, se enfoca en el estudio para la localización de flujos de agua subterráneo mediante la ejecución de métodos indirectos, así como técnicas apropiadas para el óptimo aprovechamiento del agua subterránea, es así que para dicho fin se identificaron las principales fuente de recargas de las microcuencas: Santo Domingo - Acopia y Huayrachapi – Miskiunu, se evaluaron las unidades geológicas con potenciales de ser buenos acuíferos, así como la evaluación de la geología estructural, el cual permite identificar de manera indirecta las dirección de los flujos de agua, ya que estos circulan mediante fallas y discontinuidades de los macizos rocosos presentes en el ámbito de estudio, estudios hidrológicos, balance hídrico, se realizaron sondajes eléctricos verticales en lugares priorizados para determinar la morfología de la napa freática y de las características hidráulicas de los acuíferos. Igualmente se evaluó la situación actual de la calidad de las aguas para los diferentes usos (doméstico, agrícola, y pecuario), se calculó aproximadamente la reserva total de agua contenida en el acuífero y se delimitó sectores en donde es factible realizar trabajos para el alumbramiento de aguas subterráneas y por último un análisis de las acciones y propuestas de recarga.

Todo ello con la finalidad de tener un diagnóstico veraz que permita establecer las acciones necesarias para una racional y eficiente explotación del agua subterránea, y cuyo resultado permitirá delimitar el acuífero y obtener información técnica actualizada de las fuentes de agua subterránea.



## RESUMEN

Las microcuencas Santo Domingo – Acopia y Huayrachapi – Miskiunu, se ubican en el distrito de Acopia, provincia de Acomayo de la región del Cusco, los cuales se encuentran entre los 3966 y 4130 msnm. Hidrográficamente se encuentran ubicadas en la Intercuenca Pomacanchi perteneciente a la Cuenca del Alto Urubamba.

Geomorfológicamente a nivel regional la superficie es muy heterogénea y accidentada comprendida entre los 3600 y 4895 msnm destacando las altiplanicies de Pomacanchi esta unidad se emplaza en toda la zona de estudio. Se tienen principalmente pendientes moderadamente empinadas ocupando el 32.23% de la microcuenca Santo Domingo-Acopia y pendientes empinadas ocupando el 26.22% de la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu. Presentan una fisiografía donde destacan subunidades de Vertientes de montaña alta muy empinada hasta las terrazas bajas ligeramente inclinadas, geomorfológicamente la unidad más destacada son los paisajes de montaña (montaña alta) ocupando un 39.565% y 34.418% respectivamente.

Regionalmente afloran rocas que van desde Siluro Devoniano representado por la Formación Ananea hasta el Cuaternario representando por depósitos fluviales, aluviales, coluviales, fluvio-glaciares recientes Cuaternario.

Estructuralmente la zona de estudio se relaciona con el dominio tectónico del Altiplano Occidental en donde sufre la influencia de fallas regionales como el sistema de fallas Cusco Lagunillas-Mañazo, la Falla Puca Puca, el sistema de fallas Langui-Layo-Acomayo y el sistema de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri, que es el principal sistema de fallas del Altiplano. La evaluación estructural y geomecánica se realizó mediante ventanas estructurales del análisis de estos, como resultado se identificó calidades de roca de media a buena, lo cual nos indica que son rocas fracturadas, estas características indican la facilidad de almacenamiento del recurso hídrico y su distribución.

Las microcuencas Santo Domingo – Acopia y Huayrachapi – Miskiunu presentan precipitaciones medias anuales entre 841.09 mm y 817.18 mm respectivamente y temperaturas medias entre 8.62 y 9.73 °C respectivamente.

Se realizó el cálculo de parámetros geomorfológicos de ambas microcuencas, posteriormente se realizó el análisis de regionalización de la precipitación, temperatura, evapotranspiración, horas de sol, etc.; estos análisis se hicieron con información obtenida de fuentes confiables como es el SENAMHI.

A través de la caracterización hidrogeológica realizada en la zona de estudio teniendo en cuenta la descripción litológica, el inventario de fuentes de agua, la geofísica a través de

sondeos eléctricos verticales y la hidroquímica se identificaron las principales e importantes unidades hidrogeológicas de los cuales destacan notablemente los acuíferos porosos (Anta, Mítu y aluviales), el acuífero Kárstico (Arcurquina) y no menos importante el acuífero fisurado (intrusivo diorítico), todas estas unidades actualmente almacenan y transmiten la mayor cantidad de agua.

Asimismo, se realizó un modelo conceptual basado en los datos obtenidos del análisis estructural, geomecánico, geomorfológico, geológico e hidrológico, del cual se obtuvo que el recorrido de las aguas subterráneas muestran cambios de cursos asociados a manifestaciones estructurales, el cambio de la morfología, permeabilidad de las formaciones geológicas entre otros aspectos, predominando una dirección de flujo SW a NE paralela al río principal, las cuales se concentran hacia el centro del valle de la microcuenca Santo Domingo -Acopia en cambio en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu presenta flujos en dirección NE-SW y E-W a favor de la pendiente.

A esto se suman la ejecución de métodos indirectos como el Sondeo Eléctrico Vertical, tomando en cuenta puntos específicos, donde se hicieron 97 SEVs en la microcuenca Santo Domingo-Acopia y 48 SEVs en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu; a partir de estos cálculos en campo, se hicieron secciones en donde se obtuvieron buenos resultados; identificándose sectores aprovechables hídricamente como la Pampa y Qhapaq Ñan, Huarasayco bajo, Markuyo y Santo Domingo (microcuenca Santo Domingo-Acopia) y en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu donde se ha identificado zonas favorables para la acumulación de agua subterránea en los sectores de Miskiunu, Hyruyoc, Ccatawi y Uypiña. Al realizar el balance hídrico se determinó que existe un déficit de agua entre los meses de mayo junio, octubre y noviembre de 15540.34 m<sup>3</sup> esto con respecto al sector agropecuario y se utilizaría el agua proveniente de la microcuenca Santo Domingo-Acopia, por otro lado, la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu en donde la calidad de agua es apta para el consumo humano existe un déficit de agua de 17455.49m<sup>3</sup> en todos los meses.

Al ver el déficit de agua tanto para el consumo humano como para el agropecuario se plantean diversas acciones de recarga como recargas artificiales mediante zanjas de infiltración y reforestación, lo cual después de realizar diversos cálculos nos dio como resultado que se puede cubrir el déficit existente en ambos sectores. Complementando a estas acciones de recarga se plantea la implementación de amunas la cual es una propuesta económicamente rentable y de fácil práctica, la cual favorecería a reducir el impacto ambiental.

## ABSTRACT

The Santo Domingo - Acopia and Huayrachapi - Miskiunu watersheds are located in the Acopia district, Acomayo province of the Cusco region, which are located between 3,966 and 4,130 meters above sea level. Hydrographically, they are located in the Pomacanchi Inter-basin belonging to the Basin High Urubamba.

Geomorphologically at the regional level, the surface is very heterogeneous and rugged between 3,600 and 4,895 meters above sea level, highlighting the Pomacanchi mountain range. This unit is located throughout the study area. There are mainly moderately steep slopes that occupy 32.23% of the Santo Domingo-Acopia watershed and steep slopes that occupy 26.22% of the Huayrachapi-Miskiunu watershed. They present a physiography where very steep subunits of high mountain slopes stand out up to the slightly inclined low terraces, geomorphologically the most prominent unit is the mountain landscapes (high mountain) occupying 39,565% and 34,418% respectively.

Regionally there are rock outcrops from the Devonian Siluro represented by the Ananea Formation to the Quaternary represented by fluvial, alluvial, colluvial, recent fluvio-glacial quaternary deposits.

Structurally, the study area is related to the tectonic domain of the Western Altiplano where it is influenced by regional faults such as the Cusco Lagunillas-Mañazo fault system, the Puca Puca fault, the Langui-Layo-Acomayo fault system and the Urcos-Sicuani-Ayaviri faults, which is the main fault system of the Altiplano.

The structural and geomechanical evaluation was carried out through structural windows of the analysis of these, as a result rocks of medium to good qualities were identified, which indicates that they are fractured rocks, these characteristics indicate the ease of storage of the water resource and its distribution.

The Santo Domingo - Acopia and Huayrachapi - Miskiunu micro-basins present average annual rainfall between 841.09 mm and 817.18 mm respectively and average temperatures between 8.62 and 9.73 ° C respectively.

The geomorphological parameters of both micro-basins were calculated, subsequently the regionalization analysis of precipitation, temperature, evapotranspiration, hours of insolation, etc. was carried out. These analyzes were carried out with information obtained from reliable sources such as SENAMHI.

Through the hydrogeological characterization carried out in the study area, taking into account the lithological description, the inventory of water sources, the geophysics through vertical electrical soundings and the hydrochemistry, the main and important hydrogeological units were identified, of which the porous aquifers (Anta, Mitu and

alluvial), the Karst aquifer (Arcurquina) and not least the fissured aquifer (intrusive dioritic), all these units currently store and transmit the greatest amount of water.

Likewise, a conceptual model was made based on the data obtained from the structural, geomechanical, geomorphological, geological and hydrological analysis, from which it was obtained that the path of the groundwater shows changes of courses associated with structural manifestations, the change of morphology, permeability of geological formations, among other aspects, prevailing a direction of flow SW to NE parallel to the main river, which are concentrated towards the center of the valley of the Santo Domingo micro-basin -Acopia instead in the Huayrachapi-Miskiunu micro-basin presents flows in the direction NE-SW and EW in favor of the slope.

Added to this is the execution of indirect methods such as the Vertical Electric Sounding, taking into account specific points, where 97 SEVs were made in the Santo Domingo-Acopia micro-basin and 48 SEVs in the Huayrachapi-Miskiunu micro-basin; From these calculations in the field, sections were made where good results were obtained; Identifying water-usable sectors such as the Pampa and Qhapaq Ñan, Huarasayco Bajo, Markuyo and Santo Domingo (Santo Domingo-Acopia micro-basin) and in the Huayrachapi-Miskiunu micro-basin where favorable areas for the accumulation of underground water in the Miskiunu sectors have been identified. Hyruyoc, Ccatawi and Uypiña.

When carrying out the water balance it was determined that there is a water deficit between the months of May, June, October and November 15540.34 m<sup>3</sup> this with respect to the agricultural sector and the water from the Santo Domingo-Acopia micro-basin would be used, on the other hand, the Huayrachapi-Miskiunu watershed, where the quality of water is suitable for human consumption, there is a water deficit of 17455.49m<sup>3</sup> every month.

Seeing the water deficit for both human and agricultural consumption, various recharge actions are proposed such as artificial recharges through infiltration and reforestation ditches, which after performing various calculations gave us the result that the existing deficit in both sectors. Complementing these recharge actions, the implementation of amunas is proposed, which is an economically profitable and easy-to-practice proposal, which would favor reducing the environmental impact.

## INDICE

<b>CAPITULO I: GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	1
1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. ....	1
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....	1
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION. ....	1
1.2.1. OBJETIVO GENERAL. ....	1
1.2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO. ....	2
1.3. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN. ....	2
1.4. HIPOTESIS. ....	2
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL. ....	2
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA. ....	2
1.5. VARIABLES. ....	3
1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE. ....	3
1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE. ....	3
1.5.3. INDICADORES. ....	3
1.6. METODOLOGÍA. ....	4
1.6.1. MÉTODOS QUE SE EMPLEARAN EN LA INVESTIGACIÓN. ....	4
1.6.2. PROCEDIMIENTO. ....	5
1.6.3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN. ....	5
1.7. RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	6
1.7.1. TÉCNICAS. ....	6
1.7.2. EQUIPOS. ....	6
1.7.3. MATERIALES. ....	6
1.7.4. LABORATORIO. ....	6
1.7.5. PROCESAMIENTO DE DATOS. ....	6
<b>CAPITULO II: UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD .....</b>	<b>8</b>
2.1. UBICACIÓN POLÍTICA. ....	8
2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA. ....	8
2.3. UBICACIÓN HIDROGRÁFICA. ....	9
2.4. LÍMITES. ....	9
2.5. ACCESIBILIDAD. ....	9
2.6. DEMOGRAFIA. ....	11
2.7. PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONOMICAS PRODUCTIVAS. ....	12
2.7.1. ACTIVIDADES AGRICOLAS. ....	12
2.7.2. ACTIVIDADES PECUARIAS. ....	13
2.7.3. ACTIVIDAD PESQUERA. ....	14
2.8. USO DE SUELOS. ....	15

2.8.1. TIERRAS APTAS PARA CULTIVO EN LIMPIO (A).....	15
2.8.2. TIERRAS APTAS PARA CULTIVO DE PASTOS (P). ....	16
2.8.3. TIERRAS APTAS PARA PRODUCCIÓN FORESTAL (F). ....	17
2.8.4. TIERRAS DE PROTECCIÓN (X). ....	17
2.8.5. TIERRAS CON AREAS URBANAS (Tu). ....	17
<b>CAPITULO III: GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>18</b>
3.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL. ....	18
3.1.1. ALTIPLANO. ....	18
3.1.2. BORDE NE DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL.....	18
3.1.3. BORDE SUROESTE DEL ANTICLINAL DEL VILCANOTA. ....	19
3.1.4. ALTIPLANICIES DE POMACANCHI. ....	19
3.1.5. PUNA MONTAÑOSA DEL ALTIPLANO. ....	20
3.1.6. VALLE DEL VILCANOTA. ....	20
3.1.7. DOMINIO INTERMEDIO. ....	20
3.1.8. ZONA INTERMEDIA ALTIPLANO-CORDILLERA ORIENTAL: .....	21
3.2. GEOMORFOLOGÍA LOCAL. ....	21
3.2.1. PENDIENTES. ....	22
3.2.2. UNIDADES DE SUB PAISAJE O UNIDADES FISIOGRAFICAS .....	23
3.2.3. UNIDADES DE PAISAJE O UNIDADES GEOMORFOLOGICAS.....	36
<b>CAPITULO IV: MARCO GEOLÓGICO .....</b>	<b>42</b>
4.1. GENERALIDADES. ....	42
4.2. GEOLOGÍA REGIONAL. ....	42
4.2.1. FORMACIÓN ANANEA (SD - a).....	42
4.2.2. GRUPO COPACABANA (Pi - co).....	43
4.2.3. GRUPO MITU (PsT - mi). ....	44
4.2.4. FORMACIÓN MURCO (Ki - mu).....	45
4.2.5. FORMACIÓN ARCURQUINA (Kis - ar).....	45
4.2.6. GRUPO PUNO (P - pu).....	46
4.2.7. FORMACIÓN ANTA (Peo - an).....	47
4.2.8. DEPOSITOS TRAVERTINOS (Qh - tr). ....	48
4.2.9. ROCAS INTRUSIVAS.....	48
4.3. GEOLOGÍA LOCAL. ....	50
4.3.1. GRUPO COPACABANA (Pi-co).....	51
4.3.2. GRUPO MITU (PsT-mi). ....	53
4.3.3. FORMACIÓN MURCO (Ki-mu). ....	55
4.3.4. FORMACIÓN ARCURQUINA (Kis - ar).....	57
4.3.5. FORMACIÓN ANTA (Peo-an).....	59
4.3.6. ROCAS IGNEAS.....	62
4.3.7. DEPÓSITOS CUATERNARIO. ....	66
<b>CAPITULO V: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....</b>	<b>70</b>

5.1. GENERALIDADES .....	70
5.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	70
5.2.1. DOMINIO DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL. ....	70
5.2.2. TECTÓNICA ANDINA. ....	73
5.2.3. ZONA DE SANGARARÁ – POMACANCHI.....	76
5.2.4. SISTEMA DE FALLAS. ....	77
5.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....	78
5.3.1. FALLAS. ....	78
5.3.2. PLEGAMIENTOS.....	83
5.3.3. VENTANAS ESTRUCTURALES.....	83
<b>CAPITULO VI: HIDROLOGÍA.....</b>	<b>107</b>
6.1. GENERALIDADES.....	107
6.2. CLIMA.....	107
6.2.1. REGIMEN DE HUMEDAD (Im).....	108
6.2.2. VARIACION ESTACIONAL DE LA HUMEDAD. ....	108
6.2.3. INDICE DE EFICIENCIA TERMICA.....	109
6.2.4. CONCENTRACION DE LA EFICIENCIA TERMICA EN VERANO: .....	110
6.2.5. CLIMA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	111
6.2.6. CLIMA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	111
6.3. ZONA DE VIDA.....	112
6.3.1. ZONAS DE VIDA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	112
6.3.2. ZONAS DE VIDA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.....	113
6.4. PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LAS MICROCUENCAS.....	114
6.4.1. ELEMENTOS DE SUPERFICIE.....	114
6.4.2. ELEMENTOS DE RELIEVE.....	122
6.5. PARAMETROS HIDROMORFOMETRICOS DE LAS MICROCUENCAS.....	131
6.5.1. RED DE DRENAJE.....	131
6.6. ZONAS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS.....	137
6.6.1. ZONAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	137
6.6.2. ZONAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI –MISKIUNU.....	138
6.7. PRECIPITACIÓN.....	138
6.7.1. INFORMACIÓN METEREOLÓGICA.....	138
6.7.2. EL ANÁLISIS DE HIDROGRAMAS.....	139
6.7.3. EVALUACIÓN Y COMPLETACION DE DATOS.....	141
6.7.4. ANALISIS DE DOBLE MASA.....	148
6.7.5. ESTIMACION DE LA PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA.....	150
6.7.6. ANALISIS DE LA PRECIPITACIÓN.....	153
6.7.7. ANALISIS DE LA TEMPERATURA.....	159
6.7.8. ANALISIS DE LA HUMEDAD RELATIVA.....	164
6.7.9. ANALISIS DE LA HORAS Y DECIMAS DE SOL.....	166

6.7.10. ANALISIS DE LA EVAPOTRANSPIRACION.....	169
6.8. DISPONIBILIDAD HIDRICA SUPERFICIAL.....	172
6.8.1. LAGUNA ACOPIA.....	172
6.8.2. LAGUNA DE POMACANCHI.....	173
6.8.3. LAGUNA YANACOCCHA.....	174
6.8.4. RESERVORIOS.....	174
<b>CAPITULO VII: PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.....</b>	<b>177</b>
7.1. GENERALIDADES.....	177
7.2. SECCIONES GEOELECTRICAS.....	179
7.2.1. SECCIONES GEOELECTRICAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	180
7.2.2. SECCIONES GEOELECTRICAS DE LA MICROCUENCA HUAYRCHAPI – MISKIUNU.....	199
7.3. ANÁLISIS E INTERPRETACION DE SECCIONES GEO ELÉCTRICAS.....	208
7.3.1. RANGO DE RESITIVIDADES.....	208
7.4. RESISTIVIDADES DEL HORIZONTE SATURADO.....	210
7.4.1. ZONA I: Microcuenca Santo Domingo-Acopia.....	210
7.4.2. ZONA II.: Microcuenca Huayrachapi –Miskiunu.....	211
7.5. ESPESORES DEL HORIZONTE SATURADO.....	211
7.5.1. ZONA I: Microcuenca Santo Domingo-Acopia.....	211
7.5.2. ZONA II.: Microcuenca Huayrachapi –Miskiunu.....	212
7.6. GEOMETRÍA DEL RESERVORIO.....	212
7.7. FORMA Y LIMITES.....	212
7.8. DIMENSIONES.....	212
7.9. EL MEDIO POROSO.....	214
7.9.1. LITOLOGÍA.....	214
7.9.2. NAPA FREÁTICA.....	214
7.9.3. PROFUNDIDAD DEL TECHO DE LA NAPA.....	214
7.10. INTEPRETACION DE LAS SECCIONES GEOELECTRICAS:.....	215
7.10.1. MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA:.....	215
7.10.2. MICROCUENCA HUAYRCACHAPI-MISKIUNU:.....	216
<b>CAPITULO VIII: HIDROQUÍMICA.....</b>	<b>218</b>
8.1. GENERALIDADES.....	218
8.1.1. TEMPERATURA.....	221
8.1.2. COLOR.....	221
8.1.3. OLOR.....	221
8.1.4. SABOR.....	221
8.1.5. TURBIDEZ Y SEDIMENTACIÓN.....	222
8.1.6. OXÍGENO DISUELTO (OD).....	222
8.1.7. SÓLIDOS Y RESIDUOS.....	222
8.2. CARACTERÍSTICAS FISICO QUIMICAS.....	223



8.2.1. CARACTERISTICAS QUIMICAS.....	223
8.2.2. CONVERSIÓN DE (mg/l) A UNIDADES ABSOLUTAS (meq/l). .....	224
8.2.3. CLASIFICACION POR IONES PREDOMINANTES: .....	225
8.3. RELACION ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICO QUIMICAS. ....	227
8.3.1. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. ....	227
8.3.2. PH O CONCENTRACIONES DE IONES HIDRÓGENO. ....	230
8.3.3. DUREZA DEL AGUA O GRADOS HIDROMETRICOS. ....	231
8.4. RELACION ENTRE COMPONENTES QUIMICOS ELEMENTALES. ....	232
8.4.1. DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER-HILL LANGELIER. ....	233
8.4.2. DIAGRAMA RADIAL DE STIFF MODIFICADO.....	234
8.4.3. DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF.....	236
8.4.4. APTITUD DE LAS AGUAS PARA EL RIEGO. ....	237
8.4.5. CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. ....	244
<b>CAPITULO IX: HIDROGEOLOGÍA. ....</b>	<b>248</b>
9.1. GENERALIDADES. ....	248
9.2. INVENTARIO DE MANANTES .....	248
9.2.1. MICROCUENCA ACOPIA-SANTO DOMINGO.....	249
9.2.2. MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.....	250
9.3. HIDROMETRIA. ....	252
9.4. USO Y REGIMEN DE LOS MANANTES. ....	253
9.4.1. USOS. ....	253
9.4.2. REGIMEN. ....	256
9.5. PARAMETROS HIDRODINAMICOS. ....	258
9.5.1. POROSIDAD (n). ....	258
9.5.2. LA PERMEABILIDAD (k). ....	266
9.5.3. CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA. ....	273
9.5.4. TRANSMISIBILIDAD O TRANSMISIVIDAD (T).....	278
9.5.5. COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S).....	279
9.5.6. DIRECCIÓN DE FLUJO.....	282
9.6. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	283
9.7. DESCRIPCIÓN DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	284
9.7.1. ACUÍFEROS. ....	284
9.7.2. ACUITARDO.....	289
9.8. CALCULO DE RESERVAS DEL ACUIFERO. ....	290
9.9. MODELO CONCEPTUAL.....	293
<b>CAPITULO X: BALANCE HIDRICO .....</b>	<b>296</b>
10.1. GENERALIDADES. ....	296
10.2. DEMANDA DE AGUA. ....	296
10.2.1. DEMANDA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO. ....	296
10.2.2. DEMANDA DE AGUA PARA USO PECUARIO. ....	301

10.2.3. DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRICOLA. ....	302
10.3. OFERTA DE AGUA. ....	308
10.3.1. OFERTA DE AGUA EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA. ....	308
10.3.2. OFERTA EN LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU. ....	309
10.4. BALANCE HIDRICO AGROPECUARIO. ....	309
10.5. BALANCE HIDRICO POBLACIONAL. ....	311
<b>CAPITULO XI: ACCIONES DE RECARGA .....</b>	<b>312</b>
11.1. ESTIMACION DE RECARGA Y DESCARGA. ....	312
11.1.1. RECARGA DIRECTA. ....	312
11.1.2. ACCION DE RECARGA POR GESTION HIDRICA. ....	314
11.1.3. RECARGA INDIRECTA. ....	314
11.1.4. RECARGA ARTIFICIAL. ....	314
11.2. ACCIONES DE RECARGA DE ACUIFEROS:.....	314
11.2.1. ZANJAS DE INFILTRACION.....	314
11.2.2. REFORESTACION. ....	323
11.2.3. IMPLEMENTACION DE AMUNAS: .....	325
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>327</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>330</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>331</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>333</b>

## TABLAS

TABLA 1: PROCEDIMIENTOS REALIZADOS.....	5
TABLA 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO-ACOPIA Y HUARACHAPI-MISKIUNU. ....	7
TABLA 3: UBICACIÓN POLÍTICA .....	8
TABLA 4: UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	9
TABLA 5: UBICACIÓN HIDROGRÁFICA .....	9
TABLA 6: LIMITES POLÍTICOS .....	9
TABLA 7: ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO .....	10
TABLA 8: DEMOGRAFIA DEL DISTRITO DE ACOPIA .....	11
TABLA 9: ACTIVIDAD AGRICOLA EN EL DISTRITO DE ACOPIA .....	13
TABLA 10: ACTIVIDAD PECUARIA EN EL DISTRITO DE ACOPIA .....	14
TABLA 11: USO DE SUELOS EN EL DISTRITO DE ACOPIA.....	15
TABLA 12: RANGOS DE PENDIENTE EXPRESADOS EN PORCENTAJE (%) Y EN GRADOS (°). ....	22
TABLA 13: RESUMEN DE PENDIENTES RELACIONADO CON LA MORFOLOGIA .....	22
TABLA 14: RESUMEN DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA ....	23
TABLA 15: RESUMEN DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU. ....	23
TABLA 16: RESUMEN DE LA FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA .....	35
TABLA 17: RESUMEN DE LA FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	35
TABLA 18: RESUMEN DE LA GEOMORFOLOGIA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO- ACOPIA.....	41
TABLA 19: RESUMEN DE LA GEOMORFOLOGIA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI- MISKIUNU.....	41
TABLA 20: COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	51
TABLA 21: DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N°01 .....	52
TABLA 22: DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N°02 .....	54
TABLA 23: DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N°03 .....	56
TABLA 24: DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N°04 .....	58
TABLA 25: DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N°05 .....	60
TABLA 26: DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N°06 .....	63
TABLA 27: DESCRIPCIÓN PETROLOGICA MUESTRA N°07 .....	65
TABLA 28: GRADO DE RESISTENCIA SEGÚN LA IDENTIFICACION EN CAMPO. ....	84
TABLA 29: VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SEGÚN EL TIPO DE ROCA. ....	85
TABLA 30: VALORES DE INDICE DE CALIDAD DE ROCA RQD. ....	86
TABLA 31: DESCRIPCION Y VALORACION DEL ESPACIADO DE JUNTAS. ....	86
TABLA 32: DESCRIPCION Y VALORACION DE LA ABERTURA DE LAS JUNTAS.....	88
TABLA 33: DESCRIPCION Y VALORACION DE LA RUGOSIDAD DE LAS JUNTAS.....	89
TABLA 34: ESTIMACIÓN DEL GRADO DE INTEMPERISMO Y ALTERACIÓN.....	90
TABLA 35: DESCRIPCION Y VALORACION DE PRESENCIA DE AGUA EN LAS JUNTAS. ....	90
TABLA 36: ANALISIS DE MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ANTA.....	92
TABLA 37: RESUMEN ESTACIONES GEOMECAICAS DE LA FORMACION ANTA. ....	93
TABLA 38: ANALISIS DE MACIZO ROCOSO DEL INTRUSIVO DIORITICO.....	96
TABLA 39: RESUMEN ESTACIONES GEOMECAICAS DEL INTRUSIVO DIORITICO. ....	97
TABLA 40: ANALISIS DE MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ARCURQUINA. ....	100
TABLA 41: RESUMEN ESTACIONES GEOMECAICAS DE LA FORMACION ARCURQUINA.....	101
TABLA 42: ANALISIS DE MACIZO ROCOSO DELGRUPO MITU.....	104
TABLA 43: RESUMEN ESTACIONES GEOMECAICAS DEL GRUPO MITU. ....	105
TABLA 44: TIPOS DE CLIMA SEGÚN EL REGIMEN DE HUMEDAD. ....	108
TABLA 45: VARIACION ESTACIONAL DE HUMEDAD SEGUN EL TIPO DE CLIMA. ....	109
TABLA 46: CLASIFICACION DEL INDICE DE EFICIENCIA TERMICA SEGÚN REGION. ....	110
TABLA 47: CONCENTRACION DE EFICIENCIA TERMICA SEGÚN TIPO DE CLIMA. ....	110
<b>TABLA 48: RESUMEN DEL CLIMA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA</b> .....	<b>111</b>
<b>TABLA 49: RESUMEN SOBRE EL CIMA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU</b> .....	<b>111</b>
TABLA 50: ZONA DE VIDA EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	113
TABLA 51: ZONA DE VIDA EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	113
TABLA 52: VALORES DEL ÁREA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS .....	114
TABLA 53: VALORES DE PERÍMETRO DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS .....	115

TABLA 54: VALORES DE LONGITUD AXIAL DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS .....	115
TABLA 55: VALORES DEL ANCHO PROMEDIO DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS .....	116
TABLA 56: COORDENADAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS .....	116
TABLA 57: VALORES DEL DESNIVEL ALTITUDINAL DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS ...	117
TABLA 58: VALORES DEL LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL .....	117
TABLA 59: VALORES DEL FACTOR DE FORMA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS .....	118
TABLA 60: VALORES DEL FACTOR DE FORMA SEGÚN HORTON R.E.1932 .....	118
TABLA 61 : VALORES DEL FACTOR DE FORMA SEGÚN PEREZ 1979.....	118
TABLA 62: VALORES DEL COEFICIENTE DE COMPACIDAD DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS. ....	119
TABLA 63: VALORES DEL COEFICIENTE DE COMPACIDAD O GRAVELIOUS .....	119
TABLA 64: VALORES DEL COEFICIENTE DE CIRCULARIDAD DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS .....	120
TABLA 65: VALORES DEL COEFICIENTE DE CIRCULARIDAD SEGÚN MILLER .....	120
TABLA 66: VALORES DEL COEFICIENTE DE ELONGACION DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS .....	120
TABLA 67: VALORES DEL COEFICIENTE DE ELONGACIÓN SEGÚN SHUMM 1956.....	120
TABLA 68: VALORES DE L Y I PARA LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS.....	121
TABLA 69: VALORES DEL RECTANGULO EQUIVALENTE DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS .....	121
TABLA 70: VALORES DE LA ALTITUD MEDIA DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS.....	122
TABLA 71: DATOS DE LA CURVA HIPSOMETRICA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO- ACOPIA.....	123
TABLA 72: DATOS DE LA CURVA HIPSOMETRICA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI- MISKIUNU.....	123
TABLA 73: VALORES DE LA MEDIANA DE LA ALTITUD DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS. .....	125
TABLA 74: HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMETRICAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA. ....	126
TABLA 75: HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMETRICAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	127
TABLA 76: VALORES DEL INDICE DE PENDIENTE DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS .....	129
TABLA 77: VALORES DE LA PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA SEGÚN MAPA DE PENDIENTES .....	129
TABLA 78: VALORES DE LA PENDIENTE MEDIA SEGÚN PEREZ .....	129
TABLA 79: VALOR DE LA PENDIENTE MEDIA SEGÚN EL CRITERIO DEL RECTANGULO EQUIVALENTE.....	130
TABLA 80: VALOR DE LA PENDIENTE MEDIA SEGÚN EL CRITERIO DE JUSSTIN .....	130
TABLA 81: VALORES DE LA PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL PARA LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS .....	131
TABLA 82: VALORES DE LA PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL SEGÚN IBAL. ....	131
TABLA 83: VALORES DE ORDEN DE CORRIENTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO- ACOPIA.....	133
TABLA 84: VALORES DE ORDEN DE CORRIENTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI- MISKIUNU.....	133
TABLA 85: VALORES DE LA LONGITUD TOTAL DE CORRIENTES DE AGUA DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS .....	134
TABLA 86: CANTIDAD TOTAL DE CORREINTES DE AGUA DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS .....	134
TABLA 87 :VALORES DE LA DENSIDAD DE CORRIENTES O FRECUENCIA DE RIOS .....	135
TABLA 88: VALORES DE DENSIDAD DE DRENAJE DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS .....	135
TABLA 89 :VALORES DE DENSISDAD DE DRENAJE SEGÚN IBAL 2009.....	135
TABLA 90: VALORES DEL COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS .....	136
TABLA 91: VALORES DEL COEFICIENTE DE MASIVIDAD DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS .....	137
TABLA 92: VALORES DE EXTENSION MEDIA DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS.....	137
TABLA 93: RESUMEN DE LAS ZONAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	138
TABLA 94: RESUMEN DE LAS ZONAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU. ....	138
TABLA 95: ESTACIONES METEREOLÓGICAS USADAS EN EL AREA DE ESTUDIO .....	139
TABLA 96: ANALISIS DE PRECIPITACION MEDIA DE LA ESTACION KAYRA.....	142

TABLA 97: DATOS FALTANTES DE PRECIPITACION ANUAL DE LA ESTACION POMACANCHI .....	145
TABLA 98: DATOS FALTANTES DE PRECIPITACION ANUAL DE LA ESTACION CAYCAY .....	145
TABLA 99: COMPLETADO DE DATOS POR EL METODO DE REGRESION LINEAL PARA LAS ESTACIONES INCOMPLETAS .....	146
TABLA 100: PRECIPITACION MEDIA ANUAL CON DATOS COMPLETOS DE LA ESTACION POMACANCHI.....	147
TABLA 101: PRECIPITACION MEDIA ANUAL CON DATOS COMPLETOS DE LA ESTACION POMACANCHI.....	147
TABLA 102: PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA DE LAS ESTACIONES USADAS EN EL ESTUDIO .....	150
TABLA 103: MATRIZ DE REGIONALIZACION ANUAL DE LA PRECIPITACION DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO –ACOPIA .....	153
TABLA 104: MATRIZ DE REGIONALIZACION ANUAL DE LA PRECIPITACION DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	154
TABLA 105: COORDENADAS GEOGRAFICAS ENTRE LAS ESTACIONES BASE Y LA ZONA DE ESTUDIO. ....	155
TABLA 106: FACTORES DE CORRECCION POR INFLUENCIA ALTITUDINAL, DISTANCIA Y UBICACIÓN. ....	156
TABLA 107: PRECIPITACION REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	156
TABLA 108: COORDENADAS GEOGRAFICAS ENTRE ESTACIONES BASE Y LA ZONA DE ESUDIO.....	157
TABLA 109: FACTORES DE COORECCION POR INFLUENCIA ALTITUDINAL, POR DISTANCIA Y UBICACIÓN. ....	157
TABLA 110: PRECIPITACION REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.....	157
TABLA 111: ISOYETAS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.....	158
TABLA 112: TEMPERATURA MENSUAL ACUMULADA DE LAS DISTINTAS ESTACIONES UTILIZADAS.....	159
TABLA 113: MATRIZ DE REGIONALIZACION DE TEMPERATURA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	161
TABLA 114: TEMPERATURA REGIONALIZADA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	161
TABLA 115: MATRIZ DE REGIONALIZACION DE TEMPERATURA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	162
TABLA 116: TEMPERATURA REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.....	162
TABLA 117: ISOTERMAS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO .....	164
TABLA 118: DATOS DE HUMEDAD RELATIVA DE LAS ESTACIONES UTILIZADAS EN EL ESTUDIO. ....	164
TABLA 119: MATRIZ DE REGIONALACION DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	165
TABLA 120: HUMEDAD RELATIVA REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA. ....	165
TABLA 121:MATRIZ DE REGIOALIZACION DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHPI-MISKIUNU. ....	166
TABLA 122: HUMEDAD RELATIVA REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA HUAYRCHAPI-MISKIUNU.....	166
TABLA 123: DATOS DE LAS HORAS DE SOL DE LAS DIFERENTES ESTACIONES UTILIZADAS. ....	167
TABLA 124: MATRIZ DE REGIONALIZACION DE HORAS DE SOL PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	167
TABLA 125: HORAS DE SOL REGIONALIZADAS PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA.....	168
TABLA 126: MATRIZ DE REGIONALIZACION DE HORAS DE SOL PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	168
TABLA 127: HORAS DE SOL REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.....	168
TABLA 128: NÚMERO DE HORAS DE SOL MAXIMA POR DIA PARA DIFERENTES MESES Y LATITUDES.....	169
TABLA 129: RADIACION EXTRATERRESTRE MEDIA DIARIA .....	169

TABLA 130: CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION.PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA .....	170
TABLA 131: NÚMERO DE HORAS DE SOL DIARIA PARA DIFERENTES MESES Y ALTITUDES .....	171
TABLA 132: RADIACION EXTRATERRESTRE MEDIA DIARIA .....	171
TABLA 133: CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	171
TABLA 134: PUNTOS DE LOS SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES USADOS PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	178
TABLA 135: PUNTOS DE LOS SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES USADOS PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	179
TABLA 136: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	182
TABLA 137: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	184
TABLA 138: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	186
TABLA 139: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	188
TABLA 140: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	189
TABLA 141: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	191
TABLA 142: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	192
TABLA 143: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	194
TABLA 144: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	196
TABLA 145: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	197
TABLA 146: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	198
TABLA 147: DESCRIPCION LITOLÓGICA DE ACUERDO A LA SECCION GEOELECTRICA.....	201
TABLA 148: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	203
TABLA 149: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	204
TABLA 150: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	206
TABLA 151: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS .....	208
TABLA 152: INTERPETACION DE LA SECCION PAMPA 01 .....	215
TABLA 153: INTERPRETACION DE LA SECCION PAMPA 02 .....	215
TABLA 154: INTERPRETACION DE LA SECCION SANTO DOMINGO 01 .....	215
TABLA 155: INTERPRETACION DE LA SECCION SANTO DOMINGO 02 .....	216
TABLA 156: INTEPRETACION DE LA SECCION HUARASAYCO BAJO 01 .....	216
TABLA 157:INTERPRETACION DE LA SECCION UYPIÑA 01.....	216
TABLA 158: INTERPRETACION DE LA SECCION CCATAWI 01 .....	217
TABLA 159:INTERPRETACION DE LA SECCION HYRUYOC 01 .....	217
TABLA 160: INTERPRETACION DE LA SECCION MISKIUNU 01 .....	217
TABLA 161: TIPO DE COMPOSICION Y ACIDEZ EN ROCAS.....	223
TABLA 162: RESULTADOS DE LABORATORIO Y COMPOSICION FISICO QUIMICA DE LAS AGUAS.....	224
TABLA 163: EQUIVALENTES DE ANIONES Y CATIONES .....	224
TABLA 164: RESULTADOS DE LABORATORIO EN meq/l .....	225
TABLA 165: COMPOSICION QUIMICA DE LAS AGUAS EN PORCENTAJE.....	225
TABLA 166: FORMULAS IONICAS PARA LA CLASIFICACION DE AGUAS .....	226
TABLA 167:RESULTADOS DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA OBTENIDOS EN EL LABORATORIO .....	227
TABLA 168: COORDENADAS DE MANANTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU Y DATOS OBTENIDOS CON EQUIPO MULTIPARAMETRO PORTATIL .....	228
TABLA 169: COORDENADAS DE MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA Y DATOS OBTENIDOS CON EQUIPO MULTIPARAMETRO PORTATIL .....	229
TABLA 170:PH OBTENIDO DEL ANALISIS EN LABORATORIO .....	231
TABLA 171:RANGOS DE CONCENTRACIONES DE IONES DE HIDROGENO. ....	231
TABLA 172: GRADOS HIDROMETRICOS DEL AGUA .....	232
TABLA 173: RELACION DE DUREZA DE LOS MANANTES VS CE.....	232
TABLA 174:RIESGOS DE SALINIDAD DE ACUERDO AL CONTENIDO EN SALES. ....	239
TABLA 175:CONTENIDO DE SALES EN LOS MANANTES ANALIZADOS EN LABORATORIO. ..	239
TABLA 176:RIESGO DE SALINIZACION DE LOS MANANTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	239
TABLA 177:RIESGO DE SALINIZACION DE LOS MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA .....	240
TABLA 178:CONCENTRACION DE IONES EN meq/l.....	241
TABLA 179: INDICE DE RELACION DE ABSORCIÓN DE SODIO DE LOS MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	242
TABLA 180:NORMAS DE RIVERSIDE DE ACUERDO A LA CALIDAD Y USO.DEL SUELO A CULTIVAR. ....	243

TABLA 181: LIMITES MAXIMO PERMISIBLES (LMP) REFERENCIAS DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA.....	245
TABLA 182: CARACTERISTICAS MICROBIOLOGICAS DEL ANALISIS EN LABORATORIO. ....	246
TABLA 183: LIMITES MAXIMO PERMISIBLES DE COLIFORMES EXISTENTES EN EL MANANTE MISKIUNU.....	247
TABLA 184: LIMITES MAXIMO PERMISIBLES DE LOS COLIFORMES EXISTENTES EN EL MANATE YANACURO.....	247
TABLA 185: INVENTARIO DE MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA.....	250
TABLA 186: INVENTARIO DE MANANTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.....	251
TABLA 187: HIDROMETRIA DE LOS MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA.....	252
TABLA 188: HIDROMETRIA DE LOS MANANTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MSIKIUNU.....	253
TABLA 189: REGIMEN Y USO DE MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA.....	254
TABLA 190: REGIMEN Y USO DE MANANTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MSIKIUNU.....	255
TABLA 191: RESUMEN DEL REGIMEN DE LOS MANANTES DE LAS MICROCUENCAS EN ESTUDIO .....	257
TABLA 192: ESTIMACION DE LA POROSIDAD .....	260
TABLA 193: CÁLCULO DE POROSIDAD PARA LA ZONA DE ESTUDIO .....	261
TABLA 194: DESCRIPCION Y RESULTADOS DE POROSIDAD PARA LA ZONA DE ESTUDIO ....	261
TABLA 195: CALCULO DE LA POROSIDAD SECUNDARIA EN LA FORMACION ARCURQUINA .....	263
TABLA 196: CALCULO DE LA POROSIDAD SECUNDARIA EN EL GRUPO MITU .....	264
TABLA 197: CALCULO DE LA POROSIDAD SECUNDARIA EN EL INTRUSIVO DIORITICO .....	264
TABLA 198: CALCULO DE LA POROSIDAD SECUNDARIA EN LA FORMACION ANTA. ....	265
TABLA 199: POROSIDAD TOTAL POR UNIDAD HIDROGEOLOGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	265
TABLA 200: CLASIFICACION DE ACUIFEROS SEGÚN LA PERMEABILIDAD.....	266
TABLA 201: CLASIFICACION DE LA PERMEABILIDAD SEGÚN LA CAPACIDAD DE DRENAJE.....	266
TABLA 202: CLASIFICACION DE LA PERMEABILIDAD SEGÚN LA VELOCIDAD .....	267
TABLA 203: CALIFICACION DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA.....	267
TABLA 204: CLASIFICACION DEL TIPO DE ACUIFERO SEGÚN LA PERMEABILIDAD .....	272
TABLA 205: CLASIFICACION DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA PARA DIFERENTES TIPOS DE MATERIALES GEOLOGICOS.....	277
TABLA 206: CLASIFICACION DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA EN LOS MACIZOS ROCOSOS DE LA ZONA EN ESTUDIO. ....	278
TABLA 207: CLASIFICACION DE LA TRANSMISIVIDAD Y LAS POSIBILIDADES DEL ACUIFERO .....	279
TABLA 208: VALORES DE TRANSMISIVIDAD POR UNIDAD GEOLOGICA. ....	279
TABLA 209: VALORES DE TRANSMISIVIDAD POR MICROCUENCA. ....	279
TABLA 210: VALORES DE COMPRESIBILIDAD DEL TERRENO .....	281
TABLA 211: VALORES DE ESPESOR SATURADO, POROSIDAD POR MICROCUENCA DE ESTUDIO .....	281
TABLA 212: CLASIFICACION DEL TIPO DE ACUIFERO DE ACUERDO AL EXPONENCIAL DE $S_y$ . ....	281
TABLA 213: VALORES DE $S_y$ EN LAS MICROCUENCAS EN ESTUDIO.....	282
TABLA 214: CALCULO DE VOLUMEN ROCOSO EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	291
TABLA 215: CALCULO DEL VOLUMEN ROCOSO EN LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.....	292
TABLA 216: DOTACION POR NUMERO DE HABITANTES .....	298
TABLA 217: VOLUMEN DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO .....	300
TABLA 218: CONSUMO DE AGUA DIARIA POR TIPO DE GANADO.....	301
TABLA 219: CONSUMO DE AGUA TOTAL POR TIPO DE GANADO.....	301
TABLA 220: CONSUMO TOTAL EXPRESADO EN Lts/seg .....	302
TABLA 221: DOTACION DE AGUA PARA CONSUMO PECUARIO. ....	302
TABLA 222: AREA OCUPADA POR LOS CULTIVOS .....	303
TABLA 223: COEFICIENTE $K_c$ PARA LOS DIFERENTES CULTIVOS.....	303

TABLA 224: DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRICOLA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA .....	305
TABLA 225: DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRICOLA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	306
TABLA 226: OFERTA DE AGUA EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	309
TABLA 227: OFERTA HIDRICA EN LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	309
TABLA 228: BALANCE HIDRICO DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA .....	310
TABLA 229: BALANCE HIDRICO DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	311
TABLA 230: VOLUMEN DE RECARGA DIRECTA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	313
TABLA 231: VOLUMEN DE RECARGA DIRECTA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.....	313
TABLA 232: REGISTRO DE INTENSIDADES DE PRECIPITACION.....	315
TABLA 233: VALORES EXTREMOS O DE GUMBEL PARA EL ANALISIS DE VARIABLES HIDROGEOLOGICAS .....	316
TABLA 234: ESTIMACION MAXIMA PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS .....	317
TABLA 235: INTENSIDADES MÁXIMAS (MM) SEGÚN EL PERIODO Y DURACIÓN ESTIMADA	318
TABLA 236: CALCULO DE LA INTENSIDAD DE DISEÑO .....	318
TABLA 237: COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DEPENDIENDO DE LA COBERTURA VEGETAL Y TIPO DE SUELO.....	319
TABLA 238: PRECIPITACION EFECTIVA PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS.....	319
TABLA 239: DIMENSIONES DE LAS ZANJAS DE INFILTRACION.....	320
TABLA 240: DIMENSIONES DE LOS TALUDES DE LAS ZANJAS. ....	320
TABLA 241: AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL Y VOLUMENES TOTAL E INDIVIDUALES DE LAS ZANJAS.....	320
TABLA 242: ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS, ACTIVIDAD TRAZO Y REPLANTEO .....	321
TABLA 243: ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS, ACTIVIDAD EXCAVACION DE ZANJAS .....	322
TABLA 244: ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS, ACTIVIDAD CONSOLIDACION DE ZANJAS ..	322
TABLA 245: RESUMEN POR PARTIDAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA....	323
TABLA 246: RESUMEN POR PARTIDAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU ...	323
TABLA 247: DESCRIPCION DE ESPECIES NATIVAS CON RANGO ALTITUDINAL .....	324
TABLA 248: ANALISIS DE COSTOS DE FORESTACION .....	324



## FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1: VISTA DE ACCESO A LA COMUNIDAD DE SANTO DOMINGO .....	8
FOTOGRAFÍA 2: VISTA DE LAS DIVERSAS ACTIVIDADES AGRICOLAS .....	13
FOTOGRAFÍA 3: VISTA DE LA PRODUCCION DE GANADO OVINO .....	14
FOTOGRAFÍA 4: VISTA DE LA ALTIPLANICIE DE MONTAÑA ALTA EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO .....	24
FOTOGRAFÍA 5: VISTA DE LA VERTIENTE DE MONTAÑA ALTA EN EL SECTOR DE HUAYRACHAPI .....	25
FOTOGRAFÍA 6: VISTA DE LA VERTIENTE DE MONTAÑA BAJA EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO .....	26
FOTOGRAFÍA 7: VISTA DE LA VERTIENTE DE MONTAÑA BAJA EN EL SECTOR DE HUAYRACHAPI .....	27
FOTOGRAFÍA 8: VISTA DE ALTIPLANICIES DE COLINA ALTA EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO .....	28
FOTOGRAFÍA 9: VISTA DE LA ALTIPLANICIE DE COLINA BAJA EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO .....	29
FOTOGRAFÍA 10: VISTA DE TERRAZAS ALTAS EN EL SECTOR DE HUAYRACHAPI .....	32
FOTOGRAFÍA 11: VISTA DE TERRAZAS MEDIAS EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO .....	33
FOTOGRAFÍA 12: VISTA DE TERRAZAS BAJAS PROXIMAS A LA LAGUNA DE ACOPIA Y EL CCPP DE SANTO DOMINGO .....	34
FOTOGRAFÍA 13: VISTA DE MONTAÑAS ALTAS TERRAZAS MEDIAS PROXIMAS AL CCPP DE HURASAYCO Y SANTO DOMINGO .....	36
FOTOGRAFÍA 14: VISTA PANORAMINCA DE UNIDADES GEOMORFOLOGICAS DE LA ZONAS DE ESTUDIO, VISTA DESDE EL SECTOR HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	38
FOTOGRAFÍA 15: VISTA PANORAMICA DE UNIDADES GEOMORFOLOGICAS TOMADA DESDE LA PATE MEDIA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO .....	39
FOTOGRAFÍA 16: MUESTRA DE ROCA DEL GRUPO COPACABANA .....	52
FOTOGRAFÍA 17: SE EVIDENCIA EL CONTACTO CONCORDANTE ENTRE EL GRUPO COPACABANA Y GRUPO MITU .....	53
FOTOGRAFÍA 18: MUESTRA DE ROCA DEL GRUPO MITU .....	54
FOTOGRAFÍA 19: VISTA PANORÁMICA DEL GRUPO MITU EL CUAL AFLORA EN EL CERRO DON JUAN (MICROCUENCA HUAYRACHAPI – MISKIUNU) .....	55
FOTOGRAFÍA 20: SE OBSERVA AFLORAMIENTO DE CONGLOMERADOS (GPO. MITU) CON DEPOSITOS CUATERNARIO ALUVIALES .....	55
FOTOGRAFÍA 21: MUESTRA DE ROCA DE LA FORMACION MURCO .....	56
FOTOGRAFÍA 22: AFLORAMIENTO DE ARENISCAS CUARZOSAS DE LA FORMACION MURCO .....	57
FOTOGRAFÍA 23: MUESTRA DE ROCA DE LA FORMACION ARCURQUINA .....	58
FOTOGRAFÍA 24: VISTA PANORÁMICA DE LAS CALIZAS DE LA FORMACIÓN ARCURQUINA EN CONTACTO CON LA FORMACIÓN ANTA, VISTA HACIA EL SE .....	59
FOTOGRAFÍA 25: AFLORAMIENTO DE CALIZAS DE LA FORMACIÓN ARCURQUINA DE COLOR GRIS, CON VESTIGIOS DE ESTRUCTURAS POR DISOLUCIÓN .....	59
FOTOGRAFÍA 26: MUESTRA DE ROCA DE LA FORMACION ANTA .....	61
FOTOGRAFÍA 27: VISTA PANORÁMICA DE AFLORAMIENTO ROCOSO DE LA FORMACIÓN ANTA, EXPUESTO HACIA EL SUR DE LA C.C. DE HUARASAYCO .....	61
FOTOGRAFÍA 28: AFLORAMIENTO DE CONGLOMERADOS Y ARENISCAS DE LA FORMACIÓN ANTA, HACIA EL NW DE LA C.C. SANTO DOMINGO .....	62
FOTOGRAFÍA 29: MUESTRA DE ROCA INTRUSIVO DIORITICO .....	64
FOTOGRAFÍA 30: VISTA PANORAMICA DE AFLORAMIENTO DEL INSTRUSIVO DIORITICO DEL PLUTON DE POMACANCHI .....	64
FOTOGRAFÍA 31: MUESTRA DE ROCA INTRUSIVO CUARZO DIRITICO .....	66
FOTOGRAFÍA 32: CAPAS DE DEPOSITOS TRAVERTINOS ALREDEDOR DEL C.P. DE ACOPIA .....	67
FOTOGRAFÍA 33: DEPOSITOS LACUSTES A ORILLAS DE LA LAGUNA DE POMACANCHI .....	67
FOTOGRAFÍA 34: PERFIL DE DEPOSITOS ALUVIALES .....	68
FOTOGRAFÍA 35: DEPOSITOS FLUVIALES DEL RIO HUARASAYCO .....	69
FOTOGRAFÍA 36: ESCARPES DE LA FALLA COLQUEMARCA EN DIRECCION NW-SE, SECTOR DE SANTO DOMINGO .....	79
FOTOGRAFÍA 37: FACETAS TRIANGULARES DE LA FALLA SANGARARA DE 120 M DE ALTURA, AFECTANDO DEPOSITOS ALUVIALES VISTA TOMADA HACIA EL ESTE .....	81
FOTOGRAFÍA 38: SE MUESTRA PLEGAMIENTO EN LAS CAPAS DE LA FORMACIÓN ANTA, DONDE ES POSIBLE APRECIAR ESCARPES DE LA FALLA COLQUEMARCA, ALGUNOS CASOS SE PUEDEN CONFUNDIR CON EL PLEGAMIENTO DE ESTAS CAPAS .....	83

FOTOGRAFÍA 39: MEDIDAS PARA EL CALCULO DEL RQD.....	86
FOTOGRAFÍA 40: CALCULO DEL ESPACIAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES. ....	87
FOTOGRAFÍA 41: CALCULO DE LA ABERTURA DE LAS DISCONTINUIDADES. ....	88
FOTOGRAFÍA 42: CALCULO DE LA RUGOSIDAD EN LAS DISCONTINUIDADES. ....	89
FOTOGRAFÍA 43: IDENTIFICACION DEL RELLENO EN LAS DISCONTINUIDADES. ....	89
FOTOGRAFÍA 44: VENTANA ESTRUCTURAL EN MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ANTA. .....	91
FOTOGRAFÍA 45: VENTANA ESTRUCTURAL EN MACIZO ROCOSO DEL INTRUSIVO DIORITICO .....	95
FOTOGRAFÍA 46: VENTANA ESTRUCTURAL EN MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ARCURQUINA .....	99
FOTOGRAFÍA 47: VENTANA ESTRUCTURAL EN MACIZO ROCOSO DEL GRUPO MITU .....	103
FOTOGRAFÍA 48: VISTA DE LA LAGUNA DE ACOPIA. ....	173
FOTOGRAFÍA 49: VISTA DE LA LAGUNA DE POMACANCHI. ....	173
FOTOGRAFÍA 50: RESERVORIO CCORIMICO.....	174
FOTOGRAFÍA 51: RESERVORIO SUPHY PATA.....	175
FOTOGRAFÍA 52:RESERVORIO CHIWECA.....	176
FOTOGRAFÍA 53: EQUIPO DE TRABAJO REALIZANDO LOS SEVs. ....	181
FOTOGRAFÍA 54: ENSAYO GEOFISICO SEV EN LA MICROCUENCA HYARACHAPI-MISKIUNU. .....	206
FOTOGRAFÍA 55:TOMA DE MUESTRAS DE AGUA DE FUENTE DE MANANTE.....	219
FOTOGRAFÍA 56:TOMA DE MUESTRA DE AGUA EN EL MANANTE MISKIUNU. ....	220
FOTOGRAFÍA 57: PRESERVACION DE MUESTRAS TOMADAS EN CAMPO PARA SU RESPECTIVO ANALISIS EN LABORATORIO.....	220
FOTOGRAFÍA 58: TOMA DE MEDIDAS CON EL MULTIPARAMETRO PORTATIL EN EL MANANTE PHOSQO PUCYU .....	228
FOTOGRAFÍA 59: ENSAYOS DE HUMEDAD Y PESO ESPECÍFICO DE LAS MUESTRAS DE SUELOS TOMADAS EN CAMPO. ....	261
FOTOGRAFÍA 60: PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN EL MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ANTA. ....	268
FOTOGRAFÍA 61:PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN EL MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ARCURQUINA. ....	269
FOTOGRAFÍA 62: PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN EL MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ANTA (ARENISCAS FRACTURADAS).....	269
FOTOGRAFÍA 63: PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN EL MACIZO ROCOSO DEL GRUPO MITU. .....	270
FOTOGRAFÍA 64: PRUEBAS PERMEABILIDAD REALIZADA SOBRE SUELOS ALUVIALES EN LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	271
FOTOGRAFÍA 65: PROCESO DE MEDICIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL SUELO EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	271
FOTOGRAFÍA 66:FILTRACION DE AGUA POR DISCONTINUIDADES Y/O FRACTURAS DEL MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ANTA. ....	289
FOTOGRAFÍA 67: OJOS DE AGUA (ACUIFEROS HIDROMORFICOS), EN EL VALLE DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	290

## IMÁGENES

IMAGEN 1: ACCESIBILIDAD MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA .....	10
IMAGEN 2: ACCESIBILIDAD MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU .....	11
IMAGEN 3: DEMOGRAFIA EN EL DISTRITO DE ACOPIA .....	12
IMAGEN 4: PROCESO PARA LA GENREACION DE UN MAPA GEOMORFOLOGICO .....	21
IMAGEN 5: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS CALIZAS SEGÚN DUNHAM .....	52
IMAGEN 6: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS SEDIMENTARIAS SEGÚN FOLK 1974. 54	
IMAGEN 7: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS SEDIMENTARIAS SEGÚN FOLK 1974. 56	
IMAGEN 8: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS CALIZAS SEGÚN DUNHAM .....	58
IMAGEN 9: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS SEDIMENTARIAS SEGÚN FOLK 1974. 61	
IMAGEN 10: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS SEGÚN STRECKISEN .....	64
IMAGEN 11: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS SEGÚN STRECKISEN .....	66
IMAGEN 12: DOMINIOS Y ESTILOS ESTRUCTURALES EN EL ALTIPLANO .....	71
IMAGEN 13: CUADRO CRONOESTRATIGRAFICO DE EVENTOS TECTONICOS Y SU CINEMATICA DE PLACAS .....	76
IMAGEN 14: VISTA SATELITAL DE ESCARPES DE LA FALLA COLLQUEMARCA EN DIRECCION NW-SE. ....	80
IMAGEN 15: VISTA SATELITAL DE FACETAS TRIANGULARES DE LA FALLA SANGARARA, CON LIENAMIENTOS Y PREDOMINANCIA HASTA LA ZONA DE HUAYRACHAPI MISKIUNU... 81	
IMAGEN 16: IMAGEN 1: VISTA SATELITAL DE ESCARPES DE LA FALLA TUNGASUCA, EL CUAL AFECTA LAS CAPAS DE LA FORMACION MURCO Y ARCURQUINA .....	82
IMAGEN 17: CALCULO DE LA PERSISTENCIA DE LOS MACIZOS ROCOSOS .....	87
IMAGEN 18: SISTEMAS DE RIEDEL SEGÚN TIPO DE ESFUERZO DE CIZALLA (FALLA SINISTRAL O DEXTRAL) Y TIPOS FORMACIÓN DE ESTRUCTURAS SECUNDARIAS. ....	93
IMAGEN 19: PRINCIPALES FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES EN LA FORMACION ANTA. ....	94
IMAGEN 20: PRINCIPALES ORIENTACIONES DE DISCONTINUIDADES DE LA FORMACION ANTA. ....	94
IMAGEN 21: PRINCIPALES FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES DEL INSTRUSIVO DIORITICO. 97	
IMAGEN 22: PRINCIPALES ORIENTACIONES DE DISCONTINUIDADES DEL INTRUSIVO DIORITICO. ....	98
IMAGEN 23: PRINCIPALES FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES DE LA FORMACION ARCURQUINA .....	101
IMAGEN 24: PRINCIPALES ORIENTACIONES DE DISCONTINUIDADES DE LA FORMACION ARCURQUINA .....	102
IMAGEN 25: PRINCIPALES FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES DEL GRUPO MITU. ....	105
IMAGEN 26: PRINCIPALES ORIENTACIONES DE DISCONTINUIDADES DEL GRUPO MITU. ....	106
IMAGEN 27: DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO DE ZONAS DE VIDA DEL SISTEMA HOLDRIDGE ...	112
IMAGEN 28: RELACION HIPSOMETRICA .....	124
IMAGEN 29: RELACION HIPSOMETRICA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA. 124	
IMAGEN 30: RELACION HIPSOMETRICA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU... 125	
IMAGEN 31: DIAGRAMA DE BARRAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA .....	127
IMAGEN 32: DIAGRAMA DE BARRAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU..... 128	
IMAGEN 33: RAMIFICACIÓN DE UN CAUCE PRINCIPAL SEGÚN EL MODELO DE STRAHLER 1952. ....	132
IMAGEN 34: HISTOGRAMAS DE PRECIPITACIONES DE LAS ESTACIONES UTILIZADAS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO .....	139
IMAGEN 35: DIAGRAMAS DE DOBLE MASA DE LAS ESTACIONES UTILIZADAS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO .....	148
IMAGEN 36: TENENCIA REGIONAL DE LA PRECIPITACION. ....	155
IMAGEN 37: TENDENCIA REGIONAL DE LA TEMPERATURA .....	163
IMAGEN 38: HARGREAVES II MODIFICADO PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO- ACOPIA .....	170
IMAGEN 39: GRAFICO DE HARGREAVES III MODIFICADO DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	172
IMAGEN 40: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION . 180	
IMAGEN 41: SECCION GEOELECTRICA DE RESISITIVIDAD APARENTE DEL SECTOR PAMPA A .....	181
IMAGEN 42: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION. 183	
IMAGEN 43: SECCION GEOLOELECTRICA SECTOR PAMPA C .....	184
IMAGEN 44: GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION .....	185
IMAGEN 45: SECCION GEOELECTRICA SECTOR KPÑ A .....	185
IMAGEN 46: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION . 186	

IMAGEN 47: SECCION GEOELECTRICA SECTOR KPÑ B .....	187
IMAGEN 48: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION .	188
IMAGEN 49: SECCION GEOELECTRICA SECTOR KPÑ C .....	189
IMAGEN 50: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION .	190
IMAGEN 51: SECCION GEOELECTRICA SECTOR KPÑ D .....	190
IMAGEN 52 IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION ..	191
IMAGEN 53: SECCION GEOELECTRICA SECTOHUARASAYCO BAJO A. ....	192
IMAGEN 54: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION .	193
IMAGEN 55:SECCION GEOELECTRICA SECTOR HUARASAYCO BAJO B .....	194
IMAGEN 56: GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION .....	195
IMAGEN 57: SECCION GEOELECTRICA SECTOR MARKUYO A .....	195
IMAGEN 58: GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION .....	196
IMAGEN 59: SECCION GEOELECTRICA SECTOR SANTO DOMINGO A .....	197
IMAGEN 60: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION:	198
IMAGEN 61: SECCION GEOELECTRICA SECTOR SANTO DOMINGO B .....	199
IMAGEN 62: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE LA MEDICION .....	199
IMAGEN 63: SECCION GEOELECTRICA SECTOR MISKIUNU .....	200
IMAGEN 64: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION .	202
IMAGEN 65: SECCION GEOELECTRICA SECTOR HYRUYOC A.....	202
IMAGEN 66: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION .	203
IMAGEN 67:SECCION GEOELECTRICA SECTOR HYRUYOC B .....	204
IMAGEN 68: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION .	205
IMAGEN 69: SECCION GEOELECTRICA SECTOR CATAWI.....	205
IMAGEN 70: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION .	207
IMAGEN 71: SECCION GEOELECTRICAS SECTOR UYPIÑA .....	207
IMAGEN 72:MODELO 3D MOSTRANDO LA GEOMETRIA DEL ACUIFERO (MIROCUECNA HUAYRACHAPI-MISKIUNU).....	213
IMAGEN 73:MODELO 3D DE LA ZONA SATURADA DEL ACUIFERO.....	213
IMAGEN 74: DIAGRAMA DE BARRAS CE MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	228
IMAGEN 75: DIAGRAMA DE BARRAS CE MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	229
IMAGEN 76: DRIAGRAMA DE PIPER HILL, DONDE SE APRECIAN LA CLASIFICACION DE ACUERDO AL CONTENIDO DE IONES. ....	233
IMAGEN 77: DIAGRAMA DE PIPER HILL LANGELIER .....	234
IMAGEN 78: DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO DEL MANANTE MISKIUNU .....	235
IMAGEN 79: DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO DEL MANANTE YANACURO.....	235
IMAGEN 80: DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO DEL MANANTE PHOSQOPUCYU .....	236
IMAGEN 81: DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF PARA LOS MANATES MISKIUNU, PHOSQOPUCYU Y YANACURO.....	237
IMAGEN 82: RIESGO DE SALINIZACION MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISUNU.....	239
IMAGEN 83: RIESGO DE SALINIZACION MICROCUENCA SANTO DOMINGO – ACOPIA. ....	240
IMAGEN 84: UBICACIÓN DE DATOS DE PROBLEMAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN ÍNDICE RAS .....	242
IMAGEN 85: CLASIFICACION DE LAS AGUAS SEGÚN LAS NORMAS RIVERSIDE .....	243
IMAGEN 86: USO DE MANANTE MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA.....	255
IMAGEN 87: USO DE MANANTE MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU .....	256
IMAGEN 88: REGIMEN MANANTES MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA.....	256
IMAGEN 89: REGIMEN MANANTES MICROCUENCA HUAYRACHAPI – MISKIUNU. ....	257
IMAGEN 90: VARIACION TOTAL DE REGIMEN DE LOS MANATES DE AMBAS MICROCUENCAS .....	258
IMAGEN 91: RELACION VOLUMEN VS PESO.....	259
IMAGEN 92: POROSIDAD PRIMARIA Y SECUNDARIA .....	262
IMAGEN 93: REPRESENTACION PARA EL CALCULO DE LA POROSIDAD EN MACIZOS FRACTURADOS .....	263
IMAGEN 94: IMPORTANCIA DE LA CONECTIVIDAD PARA EL FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN MACIZOS ROCOSOS.....	275
IMAGEN 95: RELACIÓN ENTRE PERMEABILIDAD, ABERTURA Y ESPACIADO ENTRE JUNTAS. .....	277
IMAGEN 96: FORMACIONES GEOLOGICAS FRENTE AL AGUA. ....	284
IMAGEN 97: FRACTURAS SECUNDARIAS R Y R', DE RIEDEL (VERDE). EN ROJO LOS PLANOS S (APLASTAMIENTO) Y EN AZUL LOS PLANOS T (FRACTURAL TENSIONALES). EN LA DERECHA SE DIBUJAN EL TIPO DE ESTRUCTURAS QUE PUEDEN APARECER SEGÚN AMBAS ORIENTACIONES. FLECHAS ROJAS: MAXIMO ACORTAMIENTO Y FLECHAS AZULES: MAXIMA EXTENSION .....	286

IMAGEN 98: MODELO CONCEPTUAL DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	294
IMAGEN 99: MODELO CONCEPTUAL DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	295
IMAGEN 100: DEMANDA HIDRICA PARA USO AGRICOLA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	307
IMAGEN 101: DEMANDA HIDRICA PARA USO AGRICOLA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.....	307
IMAGEN 102: BALANCE HIDRICO EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.....	310
IMAGEN 103: BALANCE HIDRICO DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU .....	311
IMAGEN 104: CALUCLO DE LA BONDAD DE AJUSTE.....	317
IMAGEN 105: CURVA DE DURACIÓN INTENSIDAD – FRECUENCIA. ....	318
IMAGEN 106: DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA ZANJA DE INFILTRACION. ....	320
IMAGEN 107: MODELO DE DISEÑO DE LA ZANJA DE INFILTRACION. ....	321
IMAGEN 108: FUNCIONAMIENTO DE LAS AMUNAS.....	326

## **CAPITULO I: GENERALIDADES**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

#### **1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.**

El distrito de Acopia no tiene estudios a nivel de recursos hídricos tampoco estudios de oferta y demanda, por lo tanto, se desconoce los niveles de escasez de agua esto a consecuencia de la mala planificación y gestión del recurso hídrico.

A esto se suma el desconocimiento por parte de la población y autoridades sobre los recursos hídricos en el subsuelo, impidiendo potenciarlos o buscar nuevos métodos de explotación y preservación, para así poder aumentar la oferta hídrica en la zona de estudio.

Además, se logró inventariar los manantes que afloran en la zona de estudio, identificándose un total de 52 manantes de los cuales 2 se encuentran secos, 6 con régimen temporal, 8 con régimen intermitente y también se identificó obras hidráulicas en estado de abandono como es el caso del reservorio Lahuacocha en la Microcuenca de Huayrachapi - Miskiunu.

Asimismo, se sabe que la zona de estudio se ve afectada por los efectos adversos de la variabilidad climática, de acuerdo a la versión de los pobladores existe escasez de agua debido a la falta de lluvias entre en los meses de abril a octubre, tanto para el consumo humano, pecuario y agrícola como se verifica en los cuadros de análisis de oferta y demanda de las microcuencas en estudio.

#### **1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿De qué manera la determinación e identificación de los acuíferos a través del estudio hidrogeológico determinara el potencial de agua subterránea en las microcuencas Santo Domingo - Acopia y Huayrachapi - Miskiunu, para el aprovechamiento humano, pecuario y agrícola en la localidad de Acopia - Acomayo?.

### **1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.**

#### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL.**

- ✓ Realizar el Estudio hidrogeológico para determinar e identificar los acuíferos con potencial de contener agua subterránea en las microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu, para el aprovechamiento humano, pecuario y agrícola en la localidad de Acopia - Acomayo.

### **1.2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.**

- ✓ Determinar las características geomorfológicas, geológicas, estructurales que intervienen como control de los flujos de agua de las microcuencas Santo Domingo- Acopia y Huayrachapi -Miskiunu.
- ✓ Identificar a través del sondeo eléctrico vertical los sectores con mejor potencial hídrico.
- ✓ Realizar secciones geoelectricas, que ayuden a delimitar y definir el nivel saturado y cálculo aproximado de potencial hídrico del acuífero.
- ✓ Realizar análisis de hidroquímica del sistema acuífero.
- ✓ Identificar los tipos de acuífero, y su permeabilidad.
- ✓ Realizar el balance hídrico de las microcuencas.
- ✓ Determinar la dirección del flujo predominante existente en las microcuencas.

### **1.3. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.**

El estudio de esta tesis es importante, desde el punto de vista técnico la aplicación de estudios de cartografiado geológico de superficie, estudios geofísicos, interpretación de secciones estructurales, hidroquímica, podremos identificar las zonas con mayor productividad y de mayor almacenamiento del acuífero, todo ello para mitigar la escasez de recurso o proponer las acciones de recarga, etc.; que beneficiaran a las poblaciones.

### **1.4. HIPOTESIS.**

#### **1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.**

- ✓ Mediante la aplicación de estudios Hidrogeológicos y la interpretación del comportamiento Geológico, Estructural e Hidrológico y estudios Geofísicos como método indirecto, se determinaría la existencia de depósitos de agua subterránea para su posterior distribución, retención y uso sostenible de este recurso hídrico para favorecer la agricultura, ganadería y población del distrito de Acopia.

#### **1.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA.**

- ✓ En las microcuencas en estudio se tendría la predominancia de montañas altas y las cuales ejercerían un control Geomorfológico que interviene formados paisajes aptos para circulación o retención de flujos de agua, las unidades

geológicas como fuentes o depósitos de agua de acuerdo a sus características físicas, y las unidades estructurales como fallas y fracturas como control y medio de transporte de los flujos de agua de las microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi -Miskiunu.

- ✓ Es posible que el acuífero de mayor productividad sea el acuífero poroso de la formación Anta.
- ✓ El nivel saturado se podría encontrar ente los 8 a 25 m, con potencial hídrico en la Microcuenca Santo Domingo-Acopia de 400 Hm<sup>3</sup> aproximadamente y en la Microcuenca Huayrachapi-Miskiunu de 1000 Hm<sup>3</sup> aproximadamente.
- ✓ Los análisis químicos realizados indicarían que el agua muestreada y analizada de la microcuenca Santo Domingo-Acopia seria apta para consumo agrícola pecuario mientras que el agua muestreada y analizada de la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu seria apta para consumo humano.
- ✓ Probablemente se encuentren acuíferos tipo fisurados, porosos y Kársticos los cuales se caracterizarían por ser moderadamente permeables a permeables.
- ✓ A través de la medición de caudales y la realización del balance hídrico de las microcuencas es posible la existencia de un déficit de agua de aproximadamente 150000 m<sup>3</sup> en la zona de estudio, el cual se podría compensar a través de diferentes métodos de recarga tanto naturales como artificiales (zanjas de infiltración, reforestación y amunas).
- ✓ Aparentemente el flujo predominante tendría una dirección SW a NE para la microcuenca Santo Domingo -Acopia y una dirección NE-SW a N-S para la microcuenca Huayrachapi - Miskiunu.

## **1.5. VARIABLES**

### **1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.**

- ✓ Microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu.

### **1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.**

- ✓ Estudio Hidrogeológico.

### **1.5.3. INDICADORES.**

- ✓ Petrología de rocas Sedimentarias e Ígneas.
- ✓ Formas de relieve, parámetros geomorfológicos, mapa de pendientes y mapa fisiográfico.



- ✓ Plegamientos, fallas, fracturas, diaclasas.
- ✓ Características físicas, granulometría y límites de consistencia, conductividad, permeabilidad, porosidad.
- ✓ Transmisividad, Unidades hidrogeológicas, Carga hidráulica, Potencial de recarga
- ✓ Registros Meteorológicos para Regionalización de la precipitación.
- ✓ Cálculo de volúmenes.
- ✓ Diagramas de flujo.
- ✓ Estándares de calidad.

## **1.6. METODOLOGÍA.**

### **1.6.1. MÉTODOS QUE SE EMPLEARAN EN LA INVESTIGACIÓN.**

- ✓ Descriptiva. - recolección de información de las variables independientes.
- ✓ Analítica. - sistematización y tratamiento de los datos obtenidos.
- ✓ Hipotética. - porque servirá para orientar la investigación, ahorrando recursos y tiempo.
- ✓ Deductiva. - tiene inicio en el Marco Teórico-Conceptual para localizar los flujos de agua subterránea en las cabeceras de microcuencas en el distrito de Acopia – Acomayo, distinguir las diferentes capas de subsuelo, espesores y realizar secciones geoelectricas.

## 1.6.2. PROCEDIMIENTO.

**TABLA 1: PROCEDIMIENTOS REALIZADOS.**

TIPO DE ACTIVIDAD	TIEMPO	DESCRIPCION
Trabajo de Gabinete I.-	(3 semanas)	Recolección y sistematización de información de estudios antecedente, que se han llevado a cabo en el ámbito del distrito de Acopia - Acomayo de instituciones públicas y privadas.
Trabajo de Campo I.-	(2 días)	Reconocimiento de la zona de estudio, en donde se verá la accesibilidad y el tamaño de las microcuencas asimismo se informará a la población del trabajo que se realizará.
Trabajo de Gabinete II.-	(9 días)	Elaboración de mapas bases y sistematización de la información tomada en la fase de campo, asimismo elaboración del plan de tesis para su presentación.
Trabajo de Campo II.-	(2 días)	Visita a campo para identificar, describir y realizar cartografiado geológico y geomorfológico de cada una de las microcuencas en estudio.
Trabajo de Gabinete III.-	(20 días)	Procesamiento de la información geológica y/o litológica ,geomorfológica y geología estructural tomada en campo asimismo elaboración de mapas temáticos y perfiles iniciales con la información recopilada.
Trabajo de Campo III.-	(2 días)	Reconocimiento de las diferentes fuentes de agua, así como la elaboración del inventario de manantes.
Trabajo de Gabinete IV.-	(3 días)	Codificación, sistematización y digitalización de los datos tomados en campo sobre los manantes y fuentes de agua encontradas.
Trabajo de Campo IV.-	(2 días)	Calculo de caudal de las diferentes microcuencas de la parte baja, media y alta respectivamente.
Trabajo de Gabinete V.-	(3 días)	Procesamiento de los datos del cálculo de caudales registrados en campo.
Trabajo de Campo V.-	(10 días)	Ejecución de geofísica a través del método Sondeo Eléctrico Vertical de las cabeceras de las microcuencas.
Trabajo de Gabinete VI. -	(50 días)	Procesamiento, Modelamiento e interpretación de la información geofísica recabada en campo.
Trabajo de Campo VII.-	(2 días)	Calculo de permeabilidad y toma de muestras de agua de las microcuencas.
Trabajo de Gabinete VII.-	(14 días)	Procesamiento e interpretación de los datos tomados en campo, asimismo elaboración de mapas temáticos de acuerdo a la información recopilada. También se llevará a laboratorio las muestras de agua tomadas en las microcuencas.
Trabajo de Gabinete VIII.-	(4 días)	Interpretación de los datos entregados por el laboratorio de la muestra de agua.
Trabajo de Gabinete IX.-	(25 días)	Elaboración de mapas temáticos restantes con la información adquirida hasta el momento, asimismo se realizará la elaboración textual de la tesis para la presentación del primer borrador.
Trabajo de Gabinete X.-	(15 días)	Levantamiento de las observaciones del primer borrador, así como la corrección de los mapas temáticos.
Trabajo de Gabinete XI.-	(15 días)	Elaboración textual de tesis para la presentación del segundo borrador, así como el levantamiento de observaciones de este.
Trabajo de Gabinete XII.-	(10 días)	Elaboración final de tesis para su debida sustentación.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

## 1.6.3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.

Uso del análisis bibliográfico, observación, medición, recolección de datos y graficación en el campo, para posteriormente procesar y sistematizar los datos

construyendo tablas, mapas, secciones, etc.; que conducen a conclusiones y recomendaciones.

## **1.7. RECOLECCIÓN DE DATOS.**

### **1.7.1. TÉCNICAS.**

Preparación de mapas base, muestreo, cartografiado geológico, mediciones estructurales, parámetros morfométricos de la Microcuenca, inventario de manantes, medida de caudales, elaboración de geofísica e interpretación de los datos obtenidos, uso de softwares geológico y/o geofísico.

### **1.7.2. EQUIPOS.**

Instrumento de campo: brújula, GPS, picota, cronometro, cintra métrica 50m, wincha de mano, comba, tubos PVC de 2”x50cm, eclímetro, baldes.

Instrumentos de gabinete: computadora, impresora, plotter, escáner, fotocopidora, Softwares Geológicos.

### **1.7.3. MATERIALES.**

Materiales de campo: imagen satelital, carta nacional, tablero, rayador, lápiz portaminas, colores, papel milimetrado, bolsa de muestras, acido al 10%, lupa 15-20x, protactor, poncho de agua.

Materiales de gabinete: material de recopilación bibliográfica, papel A4, A3, A2.

### **1.7.4. LABORATORIO.**

Uso de laboratorio para análisis del muestreo de agua.

### **1.7.5. PROCESAMIENTO DE DATOS.**

Se utilizará programas como: Arcgis, Civil 3D, Microsoft Office 2016, Google Earth, Sasplanet, IPI2WIN, Aquachem, Dips, Leapfrog Geo; los cuales servirán para la generación de mapas integrados del área de estudio para la identificación de acuíferos y determinar los flujos de agua subterránea en las microcuencas Santo Domingo- Acopia y Huayrachapi-Miskiunu.

**TABLA 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO-ACOPIA Y HUARACHAPI-MISKIUNU.**

"Estudio Hidrogeológico de las Microcuencas Santo Domingo – Acopia y Huayrachapi – Miskiunu, en el distrito de Acopia, Acomayo, Cusco - 2019"																																																																																																																																																																																																																																		
PROBLEMA	OBJETIVOS GENERALES	HIPOTESIS	VARIABLES			INDICADORES	CRONOGRAMA																																																																																																																																																																																																																											
			VARIABLES INDEPENDIENT	INDICADORES	VARIABLES DEPENDIENTES		INDICADORES																																																																																																																																																																																																																											
¿De qué manera la determinación e identificación de los acuíferos a través del estudio hidrogeológico determinara el potencial de agua subterránea en las microcuencas Santo Domingo - Acopia y Huayrachapi - Miskiunu, para el aprovechamiento humano, pecuario y agrícola en la localidad de Acopia - Acomayo?	<p><b>ESPECIFICOS</b></p> <p>- Determinar las características geomorfológicas, geológicas, estructurales que intervienen como control de los flujos de agua de las microcuencas Santo Domingo- Acopia y Huayrachapi - Miskiunu.</p> <p>- Identificar a través del sondeo eléctrico vertical los sectores con mejor potencial hídrico.</p> <p>- Realizar secciones geoelectricas, que ayuden a delimitar y definir el nivel saturado y cálculo aproximado de potencial hídrico del acuífero.</p> <p>- Realizar análisis de hidroquímica del sistema acuífero.</p> <p>- Identificar los tipos de acuífero, y su permeabilidad.</p> <p>- Realizar el balance hídrico de las microcuencas.</p> <p>- Determinar la dirección del flujo predominante existente en las microcuencas.</p>	<p><b>GENERAL:</b></p> <p>-Mediante la aplicación de estudios Hidrogeológicos y la interpretación del comportamiento Geológico, Estructural e Hidrológico y estudios Geofísicos como método indirecto, se determinaría la existencia de depósitos de agua subterránea para su posterior distribución, retención y uso sostenible de este recurso hídrico para favorecer la agricultura, ganadería y población del distrito de Acopia.</p> <p><b>ESPECIFICOS:</b></p> <p>-En las microcuencas en estudio se tendría la predominancia de montañas altas y las cuales ejercerían un control Geomorfológico que interviene formados paisajes aptos para circulación o retención de flujos de agua, las unidades geológicas como fuentes o depósitos de agua de acuerdo a sus características físicas, y las unidades estructurales como fallas y fracturas como control y medio de transporte de los flujos de agua de las microcuencas Santo Domingo- Acopia y Huayrachapi -Miskiunu.</p> <p>-Es posible que el acuífero de mayor productividad sea el acuífero poroso de la formación Anta.</p> <p>-El nivel saturado se podría encontrar ente los 8 a 25 m, con potencial hídrico en la Microcuenca Santo Domingo-Acopia de 400 Hm3 aproximadamente y en la Microcuenca Huayrachapi-Miskiunu de 1000 Hm3 aproximadamente.</p> <p>-Los análisis químicos realizados indicarían que el agua muestreada y analizada de la microcuenca Santo Domingo-Acopia sería apta para consumo agrícola pecuario mientras que el agua muestreada y analizada de la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu sería apta para consumo humano.</p> <p>-Probablemente se encuentren acuíferos tipo fisurados, porosos y Kársticos los cuales se caracterizarían por ser moderadamente permeables a permeables.</p> <p>-A través de la medición de caudales y la realización del balance hídrico de las microcuencas es posible la existencia de un déficit de agua de aproximadamente 150000 m3 en la zona de estudio, el cual se podría compensar a través de diferentes métodos de recarga tanto naturales como artificiales (zanjas de infiltración, reforestación y amunas).</p> <p>-Aparentemente el flujo predominante tendría una dirección SW a NE para la microcuenca Santo Domingo -Acopia y una dirección NE-SW a N-S para la microcuenca Huayrachapi - Miskiunu.</p>	Microcuencas Santo Domingo- Acopiay Huayrachapi- Miskiunu.	Petrología de rocas ígneas	Estudio Hidrogeologico	Calculo de Volumenes	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>ACTIVIDAD</th> <th>JULIO</th> <th>AGOSTO</th> <th>SEPTIEMBRE</th> <th>OCTUBRE</th> <th>NOVIEMBRE</th> <th>DICIEMBRE</th> <th>ENERO</th> <th>FEBRERO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>RECOPIACION DE INFORMACION</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>CAMPO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>SALIDA DE CAMPO 1</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.2</td> <td>SALIDA DE CAMPO 2</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.3</td> <td>SALIDA DE CAMPO 3</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.4</td> <td>SALIDA DE CAMPO 4</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>SALIDA DE CAMPO 5</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.6</td> <td>SALIDA DE CAMPO 6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>GABINETE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.1</td> <td>GABINETE I</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.2</td> <td>GABINETE II</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.3</td> <td>GABINETE III</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.4</td> <td>GABINETE IV</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.5</td> <td>GABINETE V</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.6</td> <td>GABINETE VI</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.7</td> <td>GABINETE VII</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.8</td> <td>GABINETE VIII</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.9</td> <td>GABINETE IX</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.10</td> <td>GABINETE X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>5.11</td> <td>GABINETE XI</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>										ITEM	ACTIVIDAD	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	1	RECOPIACION DE INFORMACION	X								2	CAMPO									2.1	SALIDA DE CAMPO 1	X								2.2	SALIDA DE CAMPO 2		X							2.3	SALIDA DE CAMPO 3		X							2.4	SALIDA DE CAMPO 4			X						2.5	SALIDA DE CAMPO 5			X	X					2.6	SALIDA DE CAMPO 6									5	GABINETE									5.1	GABINETE I	X	X							5.2	GABINETE II		X							5.3	GABINETE III		X	X						5.4	GABINETE IV		X	X						5.5	GABINETE V			X	X	X				5.6	GABINETE VI					X				5.7	GABINETE VII					X				5.8	GABINETE VIII					X	X			5.9	GABINETE IX						X	X		5.10	GABINETE X							X	X	5.11	GABINETE XI								X
				ITEM			ACTIVIDAD	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO																																																																																																																																																																																																																			
				1			RECOPIACION DE INFORMACION	X																																																																																																																																																																																																																										
				2			CAMPO																																																																																																																																																																																																																											
				2.1			SALIDA DE CAMPO 1	X																																																																																																																																																																																																																										
				2.2			SALIDA DE CAMPO 2		X																																																																																																																																																																																																																									
				2.3			SALIDA DE CAMPO 3		X																																																																																																																																																																																																																									
				2.4			SALIDA DE CAMPO 4			X																																																																																																																																																																																																																								
				2.5			SALIDA DE CAMPO 5			X	X																																																																																																																																																																																																																							
				2.6			SALIDA DE CAMPO 6																																																																																																																																																																																																																											
5	GABINETE																																																																																																																																																																																																																																	
5.1	GABINETE I	X	X																																																																																																																																																																																																																															
5.2	GABINETE II		X																																																																																																																																																																																																																															
5.3	GABINETE III		X	X																																																																																																																																																																																																																														
5.4	GABINETE IV		X	X																																																																																																																																																																																																																														
5.5	GABINETE V			X	X	X																																																																																																																																																																																																																												
5.6	GABINETE VI					X																																																																																																																																																																																																																												
5.7	GABINETE VII					X																																																																																																																																																																																																																												
5.8	GABINETE VIII					X	X																																																																																																																																																																																																																											
5.9	GABINETE IX						X	X																																																																																																																																																																																																																										
5.10	GABINETE X							X	X																																																																																																																																																																																																																									
5.11	GABINETE XI								X																																																																																																																																																																																																																									
¿De qué manera la determinación e identificación de los acuíferos a través del estudio hidrogeológico determinara el potencial de agua subterránea en las microcuencas Santo Domingo - Acopia y Huayrachapi - Miskiunu, para el aprovechamiento humano, pecuario y agrícola en la localidad de Acopia - Acomayo?	<p>- Realizar el Estudio hidrogeológico para determinar e identificar los acuíferos con potencial de contener agua subterránea en las microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu, para el aprovechamiento humano, pecuario y agrícola en la localidad de Acopia - Acomayo.</p>	<p><b>METODOLOGIA</b></p> <p>Descriptiva. - recolección de información de las variables independientes.</p> <p>Análítica. - sistematización y tratamiento de los datos obtenidos.</p> <p>Hipotética. - porque servirá para orientar la investigación, ahorrando recursos y tiempo.</p> <p>Deductiva. - tiene inicio en el Marco Teórico-Conceptual para localizar los flujos de agua subterránea en las cabeceras de microcuencas en el distrito de Acopia – Acomayo, distinguir las diferentes capas de subsuelo, espesores y realizar secciones geo eléctricas y planos geofísicos.</p>	Microcuencas Santo Domingo- Acopiay Huayrachapi- Miskiunu.	Mapa de pendientes	Estudios de Calidad	Estandares de Calidad	PRESUPUESTO																																																																																																																																																																																																																											
				Mapa fisiográfico.			<table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>Sub total (En Soles)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>MANO DE OBRA</td> <td>700.00</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>GASTOS OPERATIVOS - GASTOS DE CAMPO</td> <td>2,126.00</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>MATERIALES DE OFICINA</td> <td>223.50</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>MATERIALES DE CAMPO</td> <td>104.00</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>HERRAMIENTAS DE CAMPO</td> <td>1,019.50</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>EQUIPOS DE OFICINA</td> <td>650.00</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>SERVICIOS</td> <td>2,262.50</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>GASTOS GENERALES Y IMPREVISTOS</td> <td>500.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">MONTO PARCIAL PROGRAMADO (EN NUEVOS SOLES)</td> <td>7,585.50</td> </tr> </tbody> </table>										ITEM	DESCRIPCION	Sub total (En Soles)	A	MANO DE OBRA	700.00	B	GASTOS OPERATIVOS - GASTOS DE CAMPO	2,126.00	C	MATERIALES DE OFICINA	223.50	D	MATERIALES DE CAMPO	104.00	E	HERRAMIENTAS DE CAMPO	1,019.50	F	EQUIPOS DE OFICINA	650.00	G	SERVICIOS	2,262.50	H	GASTOS GENERALES Y IMPREVISTOS	500.00	MONTO PARCIAL PROGRAMADO (EN NUEVOS SOLES)		7,585.50																																																																																																																																																																																				
				ITEM			DESCRIPCION	Sub total (En Soles)																																																																																																																																																																																																																										
				A			MANO DE OBRA	700.00																																																																																																																																																																																																																										
				B			GASTOS OPERATIVOS - GASTOS DE CAMPO	2,126.00																																																																																																																																																																																																																										
				C			MATERIALES DE OFICINA	223.50																																																																																																																																																																																																																										
				D			MATERIALES DE CAMPO	104.00																																																																																																																																																																																																																										
				E			HERRAMIENTAS DE CAMPO	1,019.50																																																																																																																																																																																																																										
				F			EQUIPOS DE OFICINA	650.00																																																																																																																																																																																																																										
				G			SERVICIOS	2,262.50																																																																																																																																																																																																																										
H	GASTOS GENERALES Y IMPREVISTOS	500.00																																																																																																																																																																																																																																
MONTO PARCIAL PROGRAMADO (EN NUEVOS SOLES)		7,585.50																																																																																																																																																																																																																																
Plegamientos	Diagramas de Flujo																																																																																																																																																																																																																																	
Fallas																																																																																																																																																																																																																																		
Fracturas																																																																																																																																																																																																																																		
Diaclasa																																																																																																																																																																																																																																		
Características físicas.																																																																																																																																																																																																																																		
Granulometría																																																																																																																																																																																																																																		
Límites de consistencia.																																																																																																																																																																																																																																		
Conductividad.																																																																																																																																																																																																																																		
Permeabilidad.																																																																																																																																																																																																																																		
Posoridad																																																																																																																																																																																																																																		
Transmisividad																																																																																																																																																																																																																																		
Unidades hidrogeologicas																																																																																																																																																																																																																																		
Carga hidraulica																																																																																																																																																																																																																																		
Potencial de Recarga																																																																																																																																																																																																																																		
Registros Metereologicos																																																																																																																																																																																																																																		
Regionalizacion																																																																																																																																																																																																																																		

## CAPITULO II: UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

### 2.1. UBICACIÓN POLÍTICA.

Políticamente las Microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi – Miskiunu se encuentran localizadas en la región Cusco, en la provincia de Acomayo en el distrito de Acopia.: (ver Anexos – Mapa de Ubicación).

*TABLA 3: UBICACIÓN POLÍTICA*

DETALLE	MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA	MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU
REGION	CUSCO	CUSCO
PROVINCIA	ACOMAYO	ACOMAYO
DISTRITO	ACOPIA	ACOPIA
COMUNIDAD CAMPESINA	SANTO DOMINGO	HUAYRACHAPI-MISKIUNU

*FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.*



*FOTOGRAFÍA 1: VISTA DE ACCESO A LA COMUNIDAD DE SANTO DOMINGO*

### 2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

Geográficamente las microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi – Miskiunu se ubican en la vertiente izquierda de la cuenca del río Vilcanota.

Los datos de ubicación geográfica de las microcuencas están registrados en proyección WGS84, zona 19L, con coordenadas UTM mostradas a continuación:

**TABLA 4: UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

DETALLE	MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA	MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU
ZONA	19L	19L
ESTE	230771	231749
NORTE	8444506	84458425
ALTURA	3966 msnm	4130 msnm

FUENTE: ELABORACION PROPIA

### 2.3. UBICACIÓN HIDROGRÁFICA.

Las Microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi – Miskiunu, se encuentran dentro de la Intercuenca Pomacanchi y según la clasificación de Pfafstetter estas son cuencas de nivel 7, ubicándose de la siguiente manera: (ver Anexos – Mapa de Ubicación Hidrográfica)

**TABLA 5: UBICACIÓN HIDROGRÁFICA**

NIVEL	CODIGO PFAFSTETTER	CUENCA
1	4	Rio Amazonas
2	49	Cabecera del rio Amazonas
3	499	Cuanca rio Ucayali
4	4994	Cuenca hidrografica rio Urubamba
5	49949	Cuenca del Alto Urubamba
6	499497	Intercuenca Pomacanchi
7		Microcuenca Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 2.4. LÍMITES.

El distrito de Acopia, se encuentra ubicado geográficamente dentro de la Provincia de Acomayo, de la Región Cusco, tiene una extensión territorial de 52.06 Km<sup>2</sup> (sin incluir las lagunas que abarcan una superficie de 3.096 Km<sup>2</sup>) y tiene los siguientes límites:

**TABLA 6: LÍMITES POLÍTICOS**

DETALLE	LÍMITES
NORTE	Distritos de Sangarara y Canchis
SUR	Distritos de Mosocllacta y Tupac Amaru en Canas
ESTE	Distrito de Checacupe en la provincia de Canchis
OESTE	Distrito de Pomacanchi

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 2.5. ACCESIBILIDAD.

Desde la ciudad de Cusco, capital departamental se puede acceder al distrito de Acopia mediante la carretera asfaltada Cusco – Sicuani, a través del sector denominado

Chuquicahuana ubicado en el Km 92, en este punto se hace una parada tomando el desvío mediante la carretera asfalta (Chuquicahuana - 4 lagunas) recorriendo una distancia de 12 Km accediendo de esta manera a la capital del distrito de Acopia.

Para acceder a la Microcuenca de Santo Domingo - Acopia se utiliza una trocha carrozable de 6 Km la cual se dirige desde Acopia hacia la comunidad de Santo Domingo.

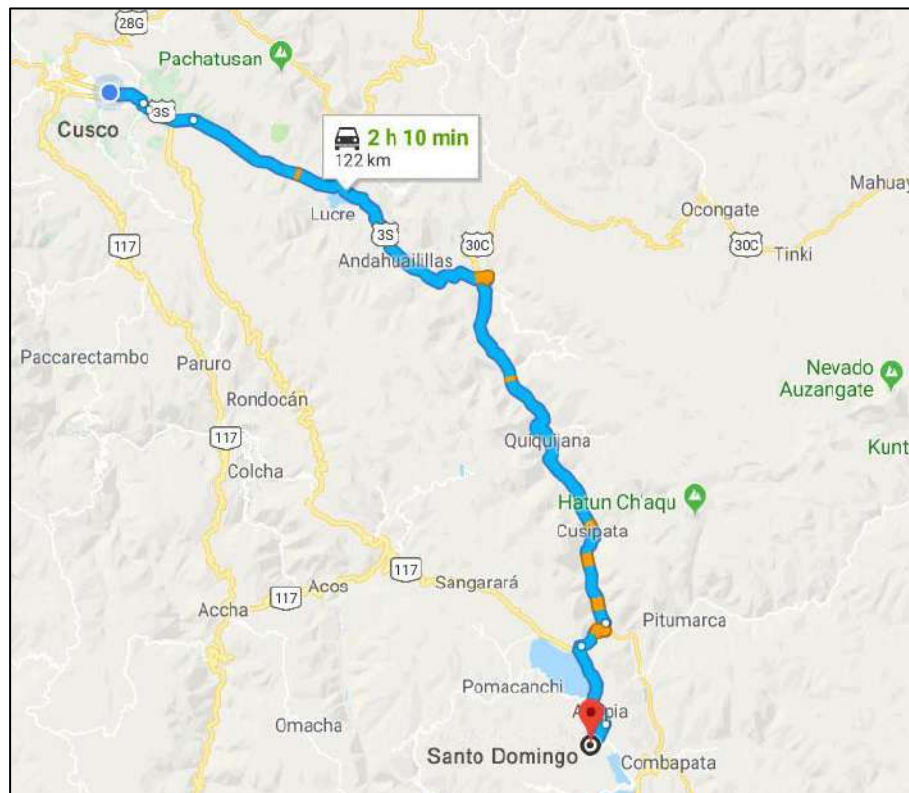
Asimismo, para acceder a la Microcuenca de Huayrachapi – Miskiunu se realiza a través de trocha carrozable de unos 4 Km. (ver Anexos – Mapa de Accesibilidad)

**TABLA 7: ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO**

TRAMO CARRETERO	TIPO DE CARRETERA	DISTANCIA (Km)	TIEMPO
Cusco - Chuquicahuana	Carretera asfaltada	102 Km	2 h 10 min
Chuquicahuana - Acopia	Carretera asfaltada	12 Km	20 min
Acopia - Santo Domingo	Trocha carrozable	6km	30 min
Acopia - Miskiunu	Trocha carrozable	4 km	25 min
<b>TOTAL</b>		<b>124 Km</b>	<b>3h 25 min</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

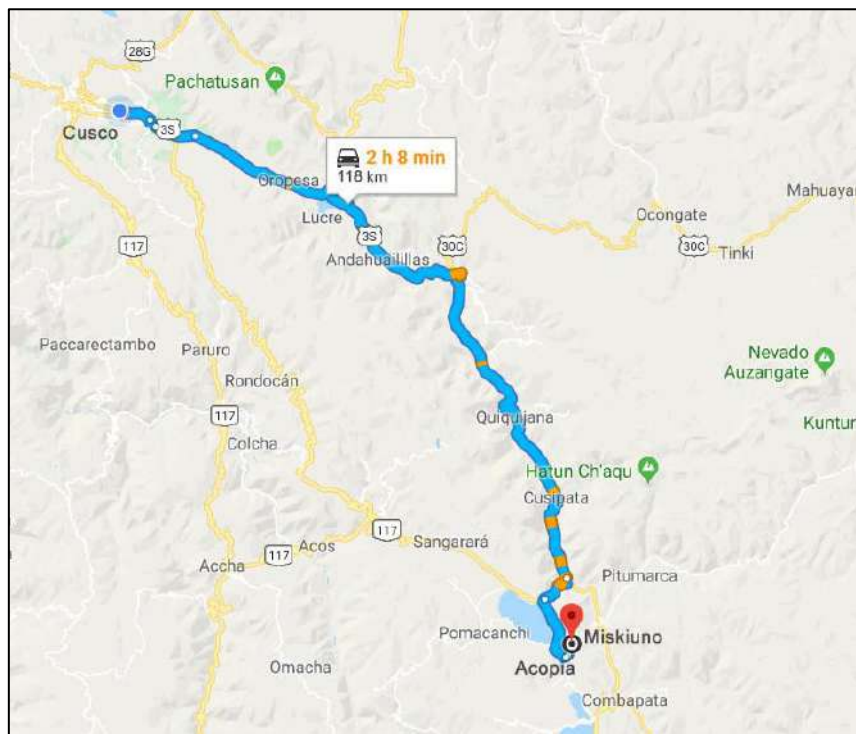
**IMAGEN 1: ACCESIBILIDAD MICROCUENCA SANTO DOMINGO -**



FUENTE: GOOGLE MAPS.



**IMAGEN 2: ACCESIBILIDAD MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU.**



FUENTE: GOOGLE MAPS.

## 2.6. DEMOGRAFIA.

La población del distrito de Acopia comprende a un total de 2,324 habitantes, (según censo INEI año 2017), la misma que se encuentra distribuida en seis comunidades campesinas. La población de Acopia representa al 10.0% de la provincia de Acomayo y el 0.35% de la población del departamento del Cusco. Del total de la población del Distrito, 1090 habitantes son varones representando el 46.90% de la población y 1234 son mujeres representando 53.10%.

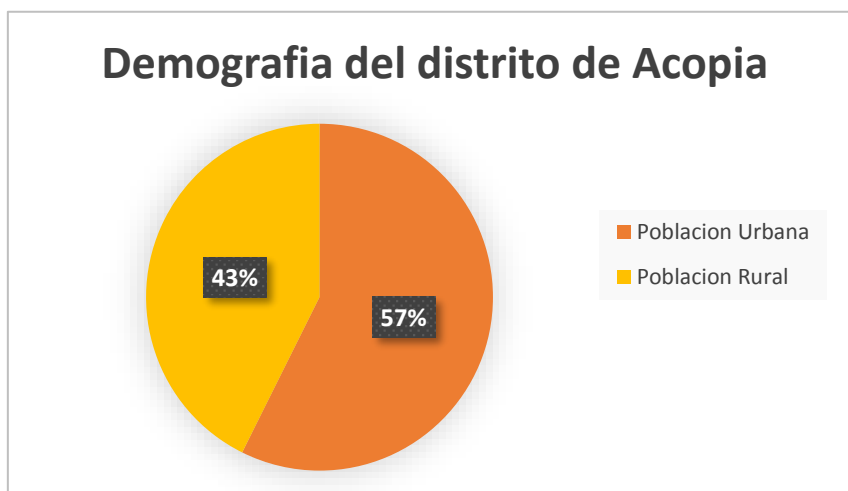
**TABLA 8: DEMOGRAFIA DEL DISTRITO DE ACOPIA.**

INDICADOR	UNIDAD	CANTIDAD	%
Poblacion Censada	Pers	2324	100
Poblacion Urbana	Pers	1333	57.36
Poblacion Rural	Pers	991	42.64
Poblacion Censada Varones	Pers	1090	46.90
Poblacion Censada Mujeres	Pers	1234	53.10
Tasa de crecimiento poblacion 1993-2017	%	-1.47	
Poblacion de 15 y mas años de edad	%	58.34	
Porcentaje de la poblacion de 15 y mas años de edad	%	20.32	
Tasa de analfabetismo de la poblacion de 6 a 24 años de edad con asistencia al sistema de educacion regular	%	85.21	
Pobreza	%	90.6	
PEA	Pers	934	
Desnutricion Cronica(<5 años)	%	61.89	

FUENTE: INEI 2017



**IMAGEN 3: DEMOGRAFIA EN EL DISTRITO DE ACOPIA**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

## **2.7. PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONOMICAS PRODUCTIVAS.**

### **2.7.1. ACTIVIDADES AGRICOLAS.**

La actividad agrícola en la zona de estudio, se caracteriza por dos tipos de agricultura; la agricultura de secano (80 %) con cultivos como: papa, haba, trigo, cebada grano, quinua y el cultivo de cebada y avena forrajera destinado a la actividad pecuaria y la agricultura de bajo riego complementario (20%), principalmente para la producción de pastos mejorados (Rye grass italiano, trébol blanco, rojo dactilis, phalaris, etc.) como insumo básico para la actividad pecuaria; principalmente para el ganado vacuno y la crianza de cuyes.

Los sistemas de producción vienen siendo deteriorados principalmente por el mal uso y manejo de los recursos naturales y por los efectos adversos de la variabilidad climática extrema presente en la zona de estudio por su altitud. En el ámbito del estudio se ha identificado que existen inadecuadas prácticas de manejo, conservación y uso ineficiente de las áreas de recarga hídrica, las condiciones de los pastizales son pobres o muy pobres, principalmente por las inadecuadas prácticas de conservación y manejo de pastos naturales (quema de praderas).

Por otro lado, la infraestructura de riego existente presenta una baja eficiencia de riego, por debajo de los normales (20 a 30%). Deficiencia que se traduce de acuerdo a su origen, a la pérdida del recurso hídrico por infiltración y principalmente por la falta de mantenimiento de la infraestructura de riego existente.

**TABLA 9: ACTIVIDAD AGRICOLA EN EL DISTRITO DE ACOPIA**

TIPO DECULTIVO	PRODUCCION (Tn)	VENTA EN MILES S/.
Cereales (Quinoa)	160.90	202.60
Cebada grano	9.30	8.60
Maiz amilaceo	176.50	335.40
Trigo	13.40	16.90
Pastos	318.90	290.20
Haba	109.90	115.40
Tuberosas (Oca,olluco)	155.10	141.20
Papa	438.10	267.30
<b>TOTAL</b>	<b>1382.10</b>	<b>1377.60</b>

FUENTE: ARARIWA ACOPIA 2017.



**FOTOGRAFÍA 2: VISTA DE LAS DIVERSAS ACTIVIDADES AGRICOLAS.**

### **2.7.2. ACTIVIDADES PECUARIAS.**

Está orientada principalmente a la crianza de vacunos, ovinos y animales menores especialmente cuyes.

La actividad pecuaria tiene gran importancia en la formación de ingresos económicos principalmente monetarios y para complementar la dieta alimentaria. A nivel distrital la crianza de ganado es diversificada, la cual se desarrolla de acuerdo a los sistemas de crianza practicados a nivel familiar y comunal. Está en relación directa a la disponibilidad de recursos forrajeros y la ubicación geográfica de los rebaños como las comunidades altas y bajas. La calidad genética de ganado es predominantemente criolla. Algunos comuneros están en proceso de introducir ganado mejorado como el Brown

swiss, ovinos Hampshire y Corriedale. En el caso de los cuyes estos son mejorados. El número de cabezas está en relación con la soportabilidad de los pastos y el manejo.

**TABLA 10: ACTIVIDAD PECUARIA EN EL DISTRITO DE ACOPIA**

<b>TIPO DE GANADO</b>	<b>NUMERO DE CABEZAS</b>
<b>Vacunos</b>	1780.00
<b>Ovino</b>	9570.00
<b>Porcinos</b>	460.00
<b>Animales menores (cuyes)</b>	9900.00
<b>Camelidos sudamericanos</b>	130.00
<b>Equinos(burros y caballos)</b>	1000.00
<b>TOTAL</b>	<b>22840.00</b>

FUENTE: ARARIWA ACOPIA 2017



**FOTOGRAFÍA 3: VISTA DE LA PRODUCCION DE GANADO OVINO.**

### **2.7.3. ACTIVIDAD PESQUERA.**

Esta actividad se da en forma artesanal, dirigido principalmente al auto consumo, realizándose con poca orientación o capacitación para la conservación de la especie. Las principales fuentes de pesca son las lagunas de Pomacanchi y Acopia; obteniéndose el Pejerrey.

## 2.8. USO DE SUELOS.

Los suelos en las microcuencas del distrito de Acopia, actualmente son usados como: (ver Anexos – Mapa de Uso de Suelos)

- ✓ Tierras con cultivos, los mismos que están orientados a cultivos en secano, cultivos bajo riego y laymes.
- ✓ Tierras con pastos naturales, dedicados al pastoreo extensivo.
- ✓ Tierras con forestales, dedicados a las plantaciones forestales exóticas y con vegetación nativa.
- ✓ Tierras con áreas urbanas, donde están sentadas la capital de distrito y las poblaciones comunales como Santo Domingo, Miskiunu etc.
- ✓ Tierras sin uso, o de protección que en la mayoría de los casos están poblados con pastos naturales y en pendientes muy fuertes.

**TABLA 11: USO DE SUELOS EN EL DISTRITO DE ACOPIA**

DESCRIPCION	SIMBOLO	AREA Ha		AREA Km2	
		MICROCUENCA SANTO DOMINGO ACOPIA	MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU	MICROCUENCA SANTO DOMINGO ACOPIA	MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU
Tierra apta para cultivo intesivo en limpio	A	450.194461	220.966756	4.501945	2.209668
Tierras aptas para pastos	P	516.465581	416.011688	5.164656	4.160117
Tierra apta para produccion forestal	F	1428.596700	231.990400	14.285967	2.319904
Tierras con areas urbanas	Tu	38.496000	55.249700	0.384960	0.552497
Tierra de proteccion o sin uso	X	0.000000	67.919400	0.000000	0.679194
<b>TOTAL</b>		<b>2433.753</b>	<b>992.138</b>	<b>24.338</b>	<b>9.921</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 2.8.1. TIERRAS APTAS PARA CULTIVO EN LIMPIO (A).

Reúnen condiciones ecológicas que permiten la remoción periódica y continua de los suelos para el sembrío de cultivos temporales y semi permanentes, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin el deterioro de la capacidad productiva del suelos ni alteración del régimen hidrológico de las microcuencas.

Con fines de un mejor análisis de los suelos utilizados para la agricultura podemos mencionar:

#### 2.8.1.1. CULTIVOS BAJO RIEGO (CBR).

Son aquellos que se encuentran en pequeñas unidades agrícolas, en una menor extensión los cuales tienen riego complementario por gravedad a través de canales y reservorios de almacenamiento que acumulan las aguas que nacen en los diferentes manantes de la zona de estudio; lo cual permite conducir cultivos propios de la zona.

### **2.8.1.2. CULTIVOS EN SECANO (CS).**

La agricultura en secano es aquella en la que el hombre no hace uso del agua de riego para la producción agrícola, sino que aprovecha únicamente la que proviene de las lluvias. Estas unidades agrícolas se encuentran en una mayor extensión en el distrito de Acopia. Se ubican a una altura entre los 3,600 a 4,000 msnm, donde se encuentran distribuidos en gran parte las unidades agrícolas; son de características favorables para la instalación de sus cultivos, en estos terrenos mayormente se cultivan tubérculos andinos como la papa (*Solanumtuberosum*), cereales como el trigo (*Triticum spp*), cebada (*Ordeum spp*), avena (*Avena sativa*), etc., y algunas leguminosas como las habas (*Vicia faba*).

### **2.8.1.3. CULTIVOS EN LAYMES (LY).**

Es un sistema de manejo del suelo tradicional, los laymes son utilizados mayormente con el cultivo de papas nativas. Los laymes se consideran eficientes desde el punto de vista agronómico, puesto que las especies que se asocian y otras que rotan tienen diferentes requerimientos de nutrientes, al mismo tiempo es una manera de reciclar nutrientes, en particular, en terrenos de conducción colectiva que descansan luego de un período de uso agrícola. El período de descanso es necesario en estas condiciones para que se pueda recuperar materia orgánica. Los laymes están ubicados entre los 3,700 a 4,200 msnm.

### **2.8.2. TIERRAS APTAS PARA CULTIVO DE PASTOS (P).**

Reúne a las tierras con características climáticas, relieve y edáficas no favorables para cultivo en limpio o permanente, pero sí para la producción de pastos naturales o cultivados que permiten un pastoreo continuado o temporal. Estas tierras según su condición ecológica podrán destinarse también a la producción forestal o protección, cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de pastoreo

Comprende tierras para pastos de calidad agrológica baja y para pastoreo temporal, presenta severas limitaciones por los factores edáficos, erosión y pendiente que van de moderada a fuertemente inclinadas, por lo que requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos a fin de asegurar una producción óptima de pastos naturales.

Muchas de ellas asociados con tierras de protección aptos para pastos y forestal tales como: trébol blanco, raigrás inglés, alfalfa (variedades de altura) y especies nativas.

### **2.8.3. TIERRAS APTAS PARA PRODUCCIÓN FORESTAL (F).**

No reúnen las condiciones ecológicas requeridas para cultivo en limpio, permanente o pastoreo, pero permiten su uso para la producción de especies forestales maderables, estas tierras también pueden destinarse a la producción forestal no maderable o de protección, cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines forestales o cuando el interés de la comunidad lo requiera.

En las Microcuencas existen plantaciones artificiales. Entre las especies forestales exóticas que destacan en las Microcuencas son mayoritariamente el Eucalipto (eucalipto globulus) y Pino (pinus sp) y las especies nativas como la queuña (Polylepis Incana), Chachacomo (Escallonia Resinosa), Quishuar (Buddleja Incana), Ccolle (Buddleja Coriacea).

### **2.8.4. TIERRAS DE PROTECCIÓN (X).**

Se incluye dentro de este grupo a aquellas tierras que, aunque presentan vegetación natural boscosa, arbustiva o herbácea, su uso no es económico y deben ser manejados con fines de protección de cuencas hidrográficas, vida silvestre, valores escénicos, científicos, recreativos y otros que impliquen beneficio colectivo o de interés social.

Son las tierras que no tienen cobertura vegetal, por lo tanto, no tienen aptitudes para uso agropecuario y deben ser protegidas., tienen alta susceptibilidad a la erosión, presentan pendientes desde moderadas hasta escarpadas. No son recomendables para el uso agrícola, ganadero ni forestal

### **2.8.5. TIERRAS CON AREAS URBANAS (Tu).**

Son clasificadas como tierras específicamente para el uso urbano donde actualmente están asentadas las comunidades de Santo Domingo, Huarasayco, Miskiunu, Huayrachapi, etc, las cuales cumplen las diversas condiciones necesarias según el reglamento nacional de construcciones, del cual no se cumple en el distrito de Acopia ya que las construcciones son precarias.

## **CAPITULO III: GEOMORFOLOGÍA**

### **3.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.**

El área de estudio está comprendida dentro de los límites de los cuadrángulos de Cusco y Livitaca, se halla ubicada en la cordillera de Los Andes, con una orientación típicamente andina. La superficie es heterogénea y accidentada, hallándose sus desniveles comprendidos entre los 3600 m.s.n.m. y 4895 m.s.n.m. que en conjunto ofrecen un panorama que puede dividirse desde el punto de vista geográfico en las siguientes unidades: (ver Anexos – Mapa Geomorfológico Regional)

#### **3.1.1. ALTIPLANO.**

En el Altiplano afloran rocas mesozoicas de poco espesor en comparación a sus equivalentes de la Cordillera Occidental. En el aspecto morfológico se caracteriza por ser una altiplanicie con altitudes que varían entre 3800 y 4000 msnm, aunque localmente algunas montañas pueden sobrepasar los 4400 msnm. Esta unidad está disectada por numerosos ríos y por la acción glaciaria, que le dan una configuración muy agreste, a pesar de ser parte del Altiplano.

Las Serranías de Vilcacongá se ubican al sur de la depresión de Cusco y están conformadas por cumbres alineadas en dirección NW-SE que se prolongan hasta Acomayo, donde está el cerro Pichaquena (4867 msnm).

#### **3.1.2. BORDE NE DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL.**

Corresponde a una zona con relieves relativamente planos cuyas altitudes alcanzan 4000 msnm, con cumbres entre 4200 y 4300 msnm. Destacan las montañas de Quepuro-Tauca Orcco de dirección NNW-SSE y las Montañas de Sihuina y Quintir, entre otras, que superan los 4000 msnm. Todas estas montañas se han desarrollado sobre conglomerados de la Formación Anta del Eoceno superior-Oligoceno inferior.

Desde el punto de vista paleogeográfico corresponde al borde NE de la cuenca occidental mesozoica Sur Peruana. Aquí afloran areniscas cuarzosas de la Formación Soraya (Cretácico inferior) del Grupo Yura y calizas de la Formación Ferrobamba (Albiano-Turoniano). Sobreyaciendo en discordancia están los conglomerados de la Formación Anta (Eoceno superior- Oligoceno inferior) y del Grupo Tacaza. Intrusivos eocenos del borde norte del Batolito Andahuaylas-Yauri cortan a las unidades meso



cenozoicas, produciendo en algunos casos zonas de skarn y de mineralizaciones, como el yacimiento de Accha.

### **3.1.3. BORDE SUROESTE DEL ANTICLINAL DEL VILCANOTA.**

Corresponde a la unidad A y B del dominio Suroeste, corta al grupo Mítu y las rocas del terciario cuyas cumbres alcanzan de 4500 a 5100 m de altitud predominando en ambos casos las areniscas lo que ha dado lugar a un drenaje rectangular.

Los desagües de las lagunas de la unidad B del dominio Suroeste, están conformadas por una depresión de lagunas (Langui-layo, Tungasuca y Pomacanchi) la cual es alargada y paralela al río Vilcanota., debido a su predisposición estratigráfica (Moho es poco resistente) y tectónica (grabens) con falla y texturas limitan sus bordes, los cuales han formado cañones cortos y de gran pendiente, cuyas largas cubiertas de travertinos, son testigos de antiguos niveles de erosión.

### **3.1.4. ALTIPLANICIES DE POMACANCHI.**

La planicie de Pomacanchi es una depresión lacustre con control tectónico, allí está instalada la laguna Pomacanchi a una altura media de 3660 msnm, aunque los límites de la depresión llegan a 4000 msnm.

Su extensión es variable y sus contornos irregulares a consecuencia de las formas topográficas delimitantes representadas por cadenas montañosas o pequeñas agrupaciones de cerros de diferente elevación (3,600 a 4,200 m.s.n.m.), abarcando en su totalidad la zona conocida como las cuatro lagunas. Esta unidad geomorfológica se halla conformada por peneplanicies de relieve moderadamente ondulado las cuales constituyen llanuras aluviales de origen tanto fluvial como lacustres o combinadas; debido al relleno parcial de cuencas, al menos temporalmente elevada. Por un anegamiento continuo de los ríos, riachuelos y lagunas, esta unidad posee un suelo hidrométrico denominado regionalmente “bofedal” y por espacios interfluviales suavemente convexos, esta unidad se emplaza en toda la zona de estudio (Sur y Sureste de la Laguna de Pomacanchi), hacia el sector de la microcuenca de Santo Domingo – Acopia, desde las cumbres de los cerros Huanacunca, Jatunñan y Huarasayco hasta las llanuras fluvioaluviales y lacustres donde se ubica la laguna de Acopia; por otro lado en la microcuenca Huayrachapi – Miskiunu esta unidad está presente desde las cumbres de los cerros Sutaj y Jataray hasta las llanuras aluviales y lacustres contiguas a la laguna de Pomacanchi.



Litológicamente está constituida por rocas intrusivas de las unidades Apurímac y Pomacanchi.

### **3.1.5. PUNA MONTAÑOSA DEL ALTIPLANO.**

Descrita por Bowman (1916) y posteriormente también por Mac Laughlin (1924), es una superficie truncada reconocible sólo por sus remanentes, los cuales varían promediamente entre los 4,300 a 4,750 m.s.n.m.

Esta superficie ha sido afectada por una intensa acción remosiva, que inicialmente fue en su mayor parte de tipo erosivo y posteriormente la escaración jugó un papel muy importante; habiendo sido la litología la que condicionó el relieve en ambos casos, supeditados, por cierto, a las características estructurales.

Se le ha interpretado como una penillanura, suavemente ondulada, provista de colinas suaves y valles amplios de fondo bastante plano, levemente inclinado. Ello debido a que las cimas de varias cumbres en conjunto corresponden a una superficie relativamente plana, bien definidas y con inclinaciones al N-NE en forma integral.

Esta Superficie Puna se le asume formada después del plegamiento de la Formación Alpbamba y del emplazamiento de los plutones. Se supone que el proceso más activo durante la conformación de esta superficie, ha tenido lugar durante el Mioceno y tal vez aproximadamente en el Neomioceno.

### **3.1.6. VALLE DEL VILCANOTA.**

Considerado como valle interandino, presenta en este tramo una dirección preferencial SE a NW y a una altitud de 3000 msnm. El valle discurre con terrazas amplias, por consiguiente, corresponde a un valle ancho con evolución madura. El cauce forma canales entrelazados por tramos.

Es un valle longitudinal, este valle tiene su origen en el abra de La Raya (4,318 m.) y su eje posee una dirección NW hasta salir a la altura de Chuquicahuana (3,390 m.).

### **3.1.7. DOMINIO INTERMEDIO.**

Este dominio está constituido por el valle interandino del río Vilcanota, tiene una pendiente promedio de 6%, sin mayor encajonamiento, pues las inclinaciones de sus laderas son suaves y algo convexas, estando cultivadas hasta una altitud de más de 4,000 msnm.

Los aluviones presentes, indican la existencia de antiguas lagunas (Laguna Lisson de Maldonado, cerca de Sicuani); por otro lado, las barreras de lavas entre Cuzco y Urcos, además de desviar el Huatanay, han protegido de la erosión al curso superior del Vilcanota.

Actualmente, el socavamiento es incipiente en las terrazas de 10 a 30 m., así como a lo largo de los ríos (Combapata) y de los innumerables arroyos y quebradas labradas por la erosión antrópica a través de los andenes abandonados.

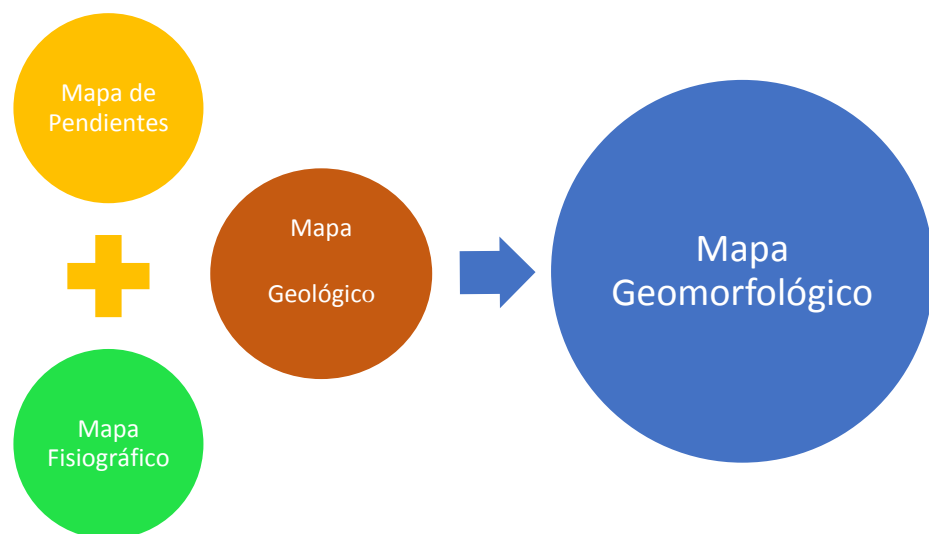
### 3.1.8. ZONA INTERMEDIA ALTIPLANO-CORDILLERA ORIENTAL:

Esa zona está caracterizada por el anticlinal del Vilcanota, el cual es una franja alargada en dirección NW-SE que separa el Altiplano al sur, de la Cordillera Oriental al norte, la franja es más delgada al sureste y más ancha al noroeste. Esta zona expone pizarras y cuarcitas del Paleozoico inferior, calizas, margas, areniscas lutitas y volcanitas del Paleozoico superior (Grupo Copacabana y Formación Ene) y del Meso- Cenozoico (Grupo Mitu, formaciones Caicay y Huancané, Grupo Yuncaypata y formaciones Quilque-Chilca).

### 3.2. GEOMORFOLOGÍA LOCAL.

De acuerdo a la metodología del MINAM (Ministerio del Ambiente), para la elaboración de mapas geomorfológicos, se debe seguir una secuencia de integración de mapas, en el siguiente orden:

**IMAGEN 4: PROCESO PARA LA GENREACION DE UN MAPA GEOMORFOLOGICO**



**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

### 3.2.1. PENDIENTES.

Representa el grado de inclinación del relieve terrestre, expresado en gradientes (°) o pendientes (%), constituye un ejercicio cartográfico de suma importancia porque los valores absolutos de pendiente, (en los cuales no interesa el sentido de inclinación), están organizados en escalas, estos sirven para acortar tramos con distinta inclinación, sean rectilíneos o curvilíneos.

Es así que se utilizó el software ArcGIS, en donde primero se generó un DEM (imagen de modelo de elevación digital), segundo se creó un TIN (red de triangulación irregular), tercero crear un SLOPE (pendiente), y finalmente reclasificar las clases de pendiente según el modelo del MINAM. (ver Anexos – Mapa de Pendientes)

**TABLA 12: RANGOS DE PENDIENTE EXPRESADOS EN PORCENTAJE (%) Y EN GRADOS (°).**

CLASE	NOMBRE	PENDIENTE (%)	GRADIENTE (°)
A	Allanado	0-2 %	0 - 0.9
B	Ligeramente inclinado	2-4 %	0.9 - 1.8
C	Moderadamente inclinado	4-8 %	1.8 - 3.6
D	Fuertemente inclinado	8-15 %	3.6 - 6.75
E	Moderadamente empinado	15-25 %	6.75 - 11.25
F	Empinado	25-50 %	11.25 - 22.5
G	Fuertemente empinado	50-75 %	22.5 - 33.75
H	Escarpado	>75 %	> 33.75

FUENTE: REGLAMENTO DE CLASIFICACION DE TIERRAS MINAM-2002, ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 13: RESUMEN DE PENDIENTES RELACIONADO CON LA MORFOLOGIA**

PENDIENTE (%)	MORFOLOGIA MAS COMUN	PROCESOS BASICOS	OBSERVACIONES
0-2 %	Llanura aluvial, llanura proglaciar, superficie de erosión y terrazas	Ausencia total de lavado y deslizamientos.	Adecuados para cultivos, urbanización, infraestructura viaria, etc.
2-4%	Llanura aluvial, llanura proglaciar, superficie de erosión y terrazas Sandur*1, planicies onduladas, y relieves tabulares.	Congelifluxión, regueros poco incisivos y solifluxión insipiente.	Adecuados para cultivos, urbanización, infraestructura viaria, etc.
4-8%	Ondulado en zonas de morrenas, basales, drumlins*2, fondos de valle y relieves tabulares.	Movimiento en masa, solifluxión, procesos fluviales, inicio de erosión en reguero y lavado.	Riesgo de erosión de suelo en zonas de cultivo. Posible el cultivo mecanizado aceptable para asentamientos urbanos.
8-15%	Valles en montañas medias, morrenas terminales y relieves estructurales monoclinales tipo cuesta.	Movimientos en masa, erosión en manto y reguero, fenómeno de creep e inicio de deslizamientos.	Transporte difícil con vehículo, poco apto para infraestructuras. Difícil el cultivo mecanizado e imposibles en zonas con pendiente >7°
15-25%	Laderas en montañas medias, escarpes de fallas, terrazas, etc. Relieves estructurales monoclinales tipo cuesta.	Erosión lineal muy incisiva. Peligro de destrucción del suelo; conos de deyección; deslizamientos y caídas.	25° es el límite congelifluxión. Terreno adecuado para bosque y pastoreo. No apto para infraestructuras.
25-50%	Relieves estructurales tipo hogbacks*3, crestas y acantilados costeros, en areniscas, calizas o similares.	Erosión lineal muy incisiva, riesgo extremo de erosión del suelo, deslizamientos, caídas, avalanchas, etc.	Límite de vehículos especiales, no utilizable en agricultura o construcción. Adecuado para bosque
50-75%	Escarpes en gargantas, crestas o acantilados en areniscas, calizas o similares.	Caídas en masa, deslizamientos y colapsos.	Terreno límite para uso forestal y paso caminando.
>75%	Cornizas y acantilados en calizas, areniscas o similares.	Caídas, colapsos, deslizamientos y desagregación granular.	De difícil utilización. Terreno muy escarpado.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN ARAYA & BÖRGEL 1972, YOUNG 1975, FERRANDO 1993.

Después de haber generado las pendientes, se suaviza y se ajustan con las curvas de nivel de las zonas de estudio y es así que en las microcuencas Santo Domingo-Acofia y Huayrachapi-Miskiunu se encuentran diferentes rangos de pendientes las cuales se describirán a continuación:

**TABLA 14: RESUMEN DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

PENDIENTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA						
CLASE	DESCRIPCION	PENDIENTE	PENDIENTE ORDENADO	SUPERFICIE Km <sup>2</sup>	% SUPERFICIE	% SUPERFICIE ACUMULADA
A	Plana o allanada	0-2 %	2	0.000	0.000	0.000
B	Ligeramente inclinada	2-4 %	4	2.700	11.094	11.094
C	Moderadamente inclinada	4-8 %	8	1.427	5.862	16.956
D	Fuertemente inclinada	8-15 %	15	4.126	16.954	33.910
E	Moderadamente empinada	15-25 %	25	7.844	32.233	66.143
F	Empinada	25-50 %	50	4.132	16.978	83.121
G	Muy empinada	50-75 %	75	3.402	13.980	97.100
H	Escarpado	>75 %	+75	0.706	2.900	100.000
<b>SUMATORIA</b>				<b>24.337</b>	<b>100.00</b>	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 15: RESUMEN DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.**

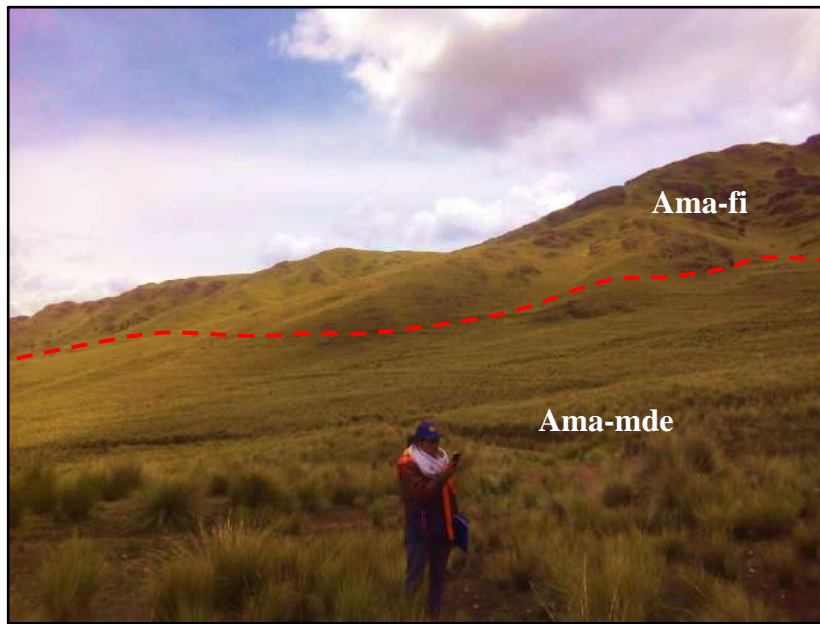
PENDIENTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU						
CLASE	DESCRIPCION	PENDIENTE	PENDIENTE ORDENADO	SUPERFICIE Km <sup>2</sup>	% SUPERFICIE	% SUPERFICIE ACUMULADA
A	Plana o allanada	0-2 %	2	0.000	0.000	0.000
B	Ligeramente inclinada	2-4 %	4	0.511	5.148	5.148
C	Moderadamente inclinada	4-8 %	8	1.241	12.511	17.659
D	Fuertemente inclinada	8-15 %	15	2.452	24.712	42.370
E	Moderadamente empinada	15-25 %	25	2.223	22.410	64.781
F	Empinada	25-50 %	50	2.601	26.221	91.002
G	Muy empinada	50-75 %	75	0.831	8.372	99.374
H	Escarpado	>75 %	+75	0.062	0.626	100.000
<b>SUMATORIA</b>				<b>9.921</b>	<b>100.00</b>	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 3.2.2. UNIDADES DE SUB PAISAJE O UNIDADES FISIAGRÁFICAS.

Término usado para describir las formas o relieve del paisaje de una región. En la descripción fisiográfica, se refiere a relieve accidentado, picos, montañas, llanuras, ríos y todas las formas de relieve de una región. De acuerdo con Villota (1997), el análisis fisiográfico consiste en un método moderno para interpretar imágenes de la superficie terrestre, que se basa en la relación paisaje-suelo y se clasifican de la siguiente manera. (ver Anexos – Mapa Fisiográfico)

### 3.2.2.1. ALTIPLANICIE DE MONTAÑA ALTA.



**FOTOGRAFÍA 4: VISTA DE LA ALTIPLANICIE DE MONTAÑA ALTA EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO.**

#### **A) ALTIPLANICIE DE MONTAÑA ALTA FUERTEMENTE INCLINADA (Ama-fi).**

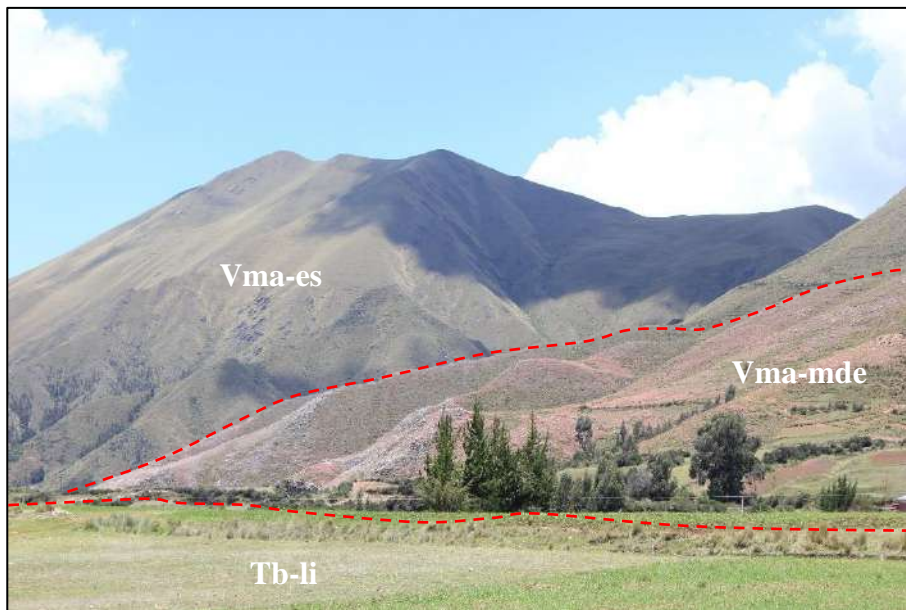
En la microcuenca Santo Domingo-Acopia esta sub unidad ocupa 1.30 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 5.35 % del área total de la microcuenca. Son áreas que se encuentran dispersas en las cabeceras de esta microcuenca presentando relieves medios allanados - inclinados, se ubican las cimas de los cerros Collquemarka y Huarasayco, presentan pendientes que varían de 8% a 15%.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu no se aprecia esta sub unidad.

#### **B) ALTIPLANICIE DE MONTAÑA ALTA MODERADAMENTE EMPINADA (Ama-mde).**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia no se identificó esta sub unidad, en cambio en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa un área de 0.1058 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 1.07 % del área total de la microcuenca, esta sub unidad se aprecia principalmente en la cabecera de esta microcuenca, presentan pendientes que varían de 15% a 25%.

### 3.2.2.2. VERTIENTE MONTAÑA ALTA.



FOTOGRAFÍA 5: VISTA DE LA VERTIENTE DE MONTAÑA ALTA EN EL SECTOR DE HUAYRACHAPI.

#### A) VERTIENTE DE MONTAÑA ALTA MODERADAMENTE EMPINADA (Vma-mde).

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa 3.17 Km<sup>2</sup> el cual representa el 13.03% del área total, observamos esta sub unidad en las vertientes de los cerros Jatunñan, Huarasayco y Collquemarca, presentan pendientes que varían de 15% a 25%.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu no se aprecia esta sub unidad.

#### B) VERTIENTE DE MONTAÑA ALTA EMPINADA (Vma-e).

En la microcuenca Santo Domingo –Acopia esta sub unidad ocupa 1.67 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 6.86% del área total de la microcuenca; se encuentran junto a vertientes de montaña alta moderadamente empinadas ocupando áreas en la zona media y alta de la microcuenca en el flanco izquierdo del río Millera, ocupan unidades rocosas expuestas a factores de meteorización e intemperismo fuerte.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu esta sub unidad ocupa 1.61 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 16.26 % del área total de la microcuenca, esta unidad se identifica en las vertientes de los cerros Sutoj y Jataray en la zona alta de esta microcuenca. Presentan pendientes que varían de 25% a 50%.

#### C) VERTIENTE DE MONTAÑA ALTA MUY EMPINADA (Vma-me).

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa 3.29 Km<sup>2</sup> el cual representa el 13.53 % del área total de la microcuenca, junto a vertientes de montaña alta



moderadamente empinadas, destacando el área más grande en el flanco izquierdo del río Millera, en donde existen afloramientos rocosos agrestes.

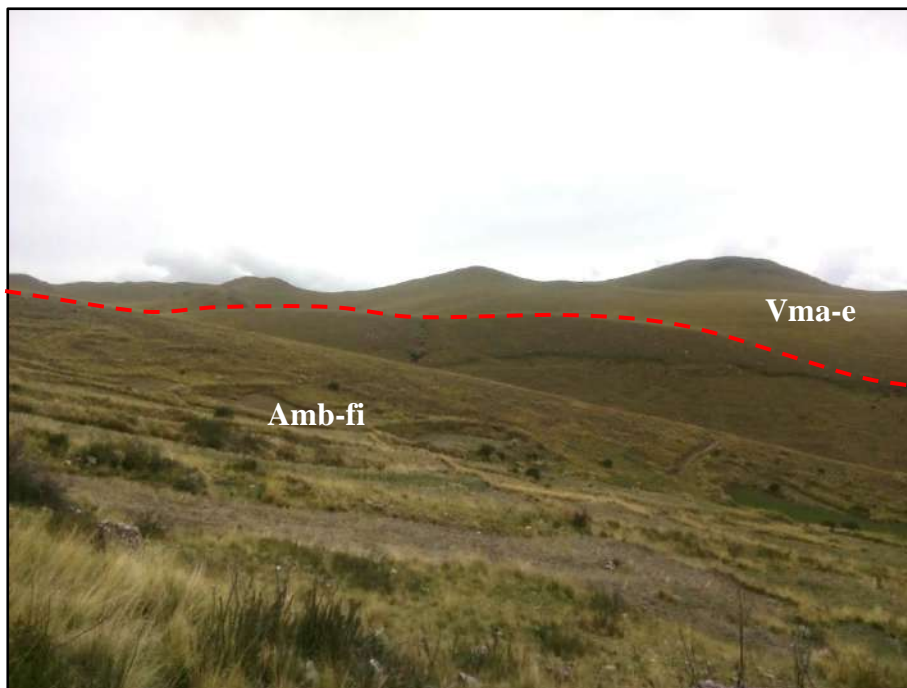
En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu se aprecia esta sub unidad ocupando 0.56 Km<sup>2</sup> lo cual representa un 5.68% del área total, se aprecia principalmente en la zona alta rodeando al manante Chullunquiari en el sector alto de Huayrachapi. Presentan pendientes que varían de 50% a 75%.

#### **D) VERTIENTE DE MONTAÑA ALTA ESCARPADA (Vma-es).**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia esta sub unidad ocupa 0.69 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 2.83% del área total de la microcuenca, se aprecian en pequeñas áreas dispersas en las vertientes de los cerros Huarasayco y Collquemarca, se caracterizan por presentar rocas expuesta con fuerte intemperismo y de difícil acceso.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 1.16 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 11.69 % del área total, se aprecia junto a vertientes de montaña alta empinada. Presentan pendientes mayores a 75%.

#### **3.2.2.3. ALTIPLANICIE DE MONTAÑA BAJA.**



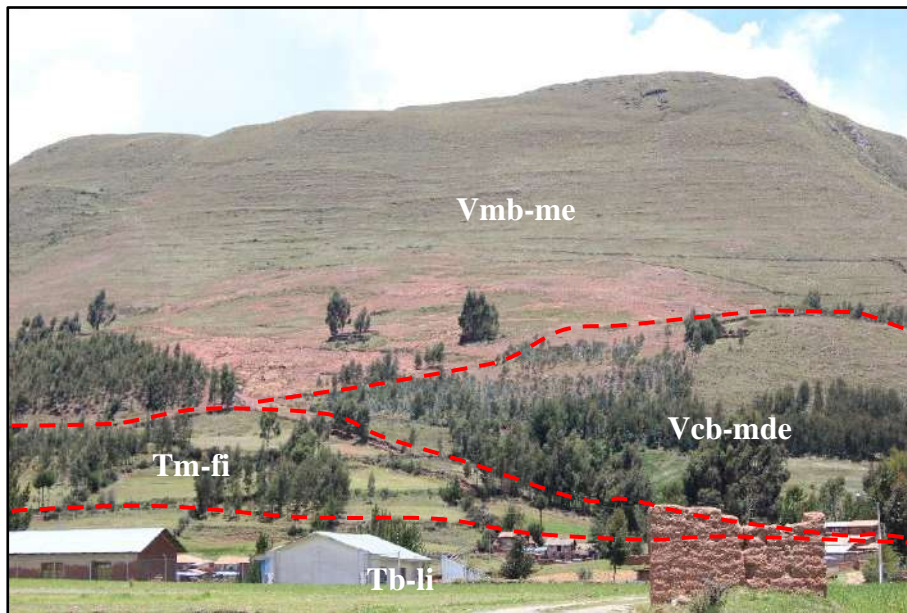
*FOTOGRAFÍA 6: VISTA DE LA VERTIENTE DE MONTAÑA BAJA EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO.*

#### **A) ALTIPLANICIE DE MONTAÑA BAJA FUERTEMENTE INCLINADA (Amb-fi).**

Esta sub unidad solo se identificó en la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupando un área de 0.24 Km<sup>2</sup> el cual representa el 0.98% del área total de esta microcuenca, se aprecia en pequeñas proporciones en la zona media y alta, principalmente se aprecia en las cimas del cerro Huanucunca alrededor de la comunidad de Huarasayco, con formas onduladas a planas producto de la erosión. Presentan pendientes que varían de 8% a 15%.

#### 3.2.2.4. VERTIENTE DE MONTAÑA BAJA.

Esta sub unidad solo se identificó en la microcuenca Santo Domingo-Acopia.



FOTOGRAFÍA 7: VISTA DE LA VERTIENTE DE MONTAÑA BAJA EN EL SECTOR DE HUAYRACHAPI.

#### A) VERTIENTE DE MONTAÑA BAJA FUERTEMENTE INCLINADA (Vmb-fi).

Ocupa 0.81 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 3.32% del área total de la microcuenca, se ubica al Sur de la comunidad de Huarasayco, presentan pendientes que varían de 8% a 15%.

#### B) VERTIENTE DE MONTAÑA BAJA MODERADAMENTE EMPINADA (Vmb-mde).

Ocupa 2.07 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 8.49 % del área total de la microcuenca, se aprecia en las vertientes del cerro Huanucunca y Pucara, presentan pendientes que varían de 15% a 25%.



### C) VERTIENTE DE MONTAÑA BAJA EMPINADA (Vmb-e).

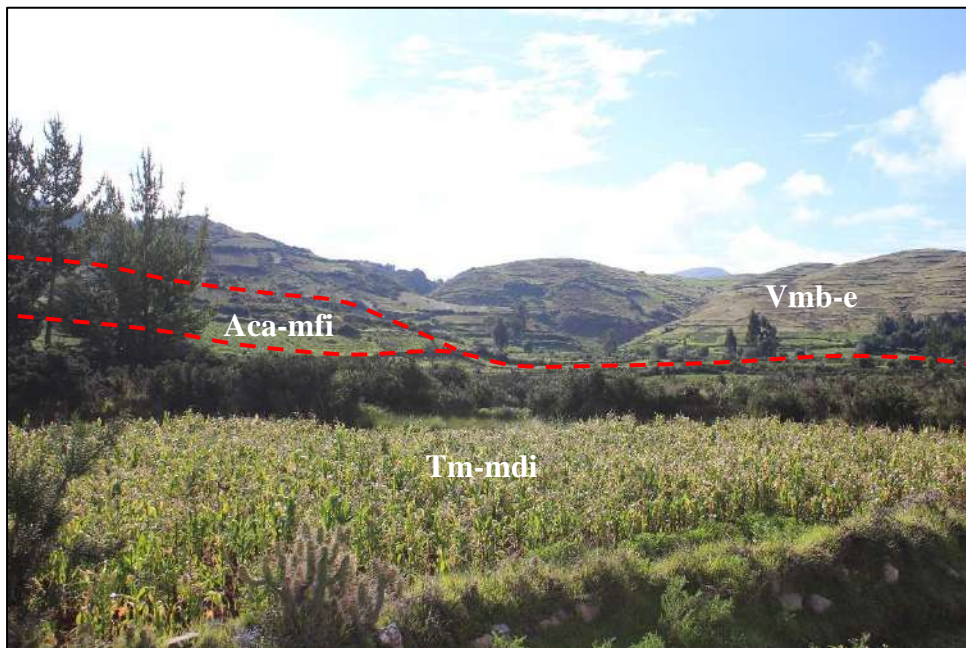
Ocupa 1.23 Km<sup>2</sup> representando el 5.04% del área total de la microcuenca, contigua a vertientes de montaña baja moderadamente empinadas, siendo representados por las cimas del cerro Huanucunca o la zona alta de esta microcuenca, y otra parte ubicada en las vertientes del cerro Pucara, presentan pendientes que varían de 25% a 50%.

### D) VERTIENTE DE MONTAÑA BAJA MUY EMPINADA (Vmb-me).

Ocupa 0.06 Km<sup>2</sup> el cual representa el 0.26% del área total de la microcuenca, ocupando una pequeña área en la zona alta de la microcuenca abarcando un pequeño sector del cerro Huanucunca, al Sur de la comunidad de Huarasayco, presentan pendientes que varían de 50% a 75%.

#### 3.2.2.5. ALTIPLANICIE DE COLINA ALTA.

Esta sub unidad se identificó solo en la microcuenca Santo Domingo –Acopia ocupando diversos sectores descritos a continuación.



FOTOGRAFÍA 8: VISTA DE ALTIPLANICIES DE COLINA ALTA EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO.

### A) ALTIPLANICIE DE COLINA ALTA FUERTEMENTE INCLINADA (Aca-fi).

Ocupa 0.48 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 1.98 % del área total de la microcuenca, se aprecia hacia el SE de la comunidad de Huayrachapi, en el parteaguas de o cimas del cerro Huanucunca, presentan pendientes que varían de 8% a 15%.

### 3.2.2.6. VERTIENTE DE COLINA ALTA.

Esta sub unidad se identificó solo en la microcuenca Santo Domingo –Acopia ocupando diversos sectores descritos a continuación

#### A) VERTIENTE DE COLINA COLINA ALTA FUERTEMENTE INCLINADA (Vca-fi).

Ocupa 0.20 Km<sup>2</sup> lo cual representa 0.80% del área total de la microcuenca, ocupa un pequeño sector entre la comunidad de Huarasayco y Santo Domingo, presentan pendientes que varían de 8% a 15%.

#### B) VERTIENTE DE COLINA ALTA MODERADAMENTE EMPINADA (Vca-mde).

Ocupa 1.51 Km<sup>2</sup> el cual representa el 6.21% del área total de la microcuenca, siendo más notable en ambas márgenes del río Ayallacta y en la margen derecha del río Huanacunca, estas áreas presentan pendientes que varían de 15% a 25%.

#### C) VERTIENTE DE COLINA ALTA EMPINADA (Vca-e).

Ocupa 0.84 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 3.44% del área total de esta microcuenca, se aprecia principalmente junto a vertiente de colina alta moderadamente empinadas, en el flanco derecho del río Huanacunca, presentan pendientes que varían de 25% a 50%.

### 3.2.2.7. ALTIPLANICIE DE COLINA BAJA.



**FOTOGRAFÍA 9: VISTA DE LA ALTIPLANICIE DE COLINA BAJA EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO.**

**A) ALTIPLANICIE DE COLINA BAJA LIGERAMENTE INCLINADA (Acb-li).**

Esta sub unidad no se aprecia en la microcuenca Santo Domingo-Acopia, en cambio en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.044 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 0.45 % del área total esta unidad se aprecia en un pequeño sector cerca a la comunidad de Miskiunu, presentan pendientes que varían de 2% a 4%.

**B) ALTIPLANICIE DE COLINA BAJA MODERADAMENTE INCLINADA (Acb-mdi).**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia no se aprecia esta unidad. En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.2585 Km<sup>2</sup> lo cual representa 2.61% del área total, esta unidad se aprecia en pequeñas zonas alrededor Miskiunu, presentan pendientes que varían de 4% a 8%.

**C) ALTIPLANICIE DE COLINA BAJA FUERTEMENTE INCLINADA (Acb-fi).**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa 0.24 Km<sup>2</sup> lo cual representa 0.97% del área total de la microcuenca, ocupa un pequeño sector del cerro Pucara.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.1316 Km<sup>2</sup> lo cual representa 1.33% del área total de esta, ubicada entre el centro poblado de Acopia y Miskiunu, presentan pendientes que varían de 8% a 15%.

**D) ALTIPLANICIE DE COLINA BAJA MODERADAMENTE EMPINADA (Acb-mde).**

Esta sub unidad no se encuentra en la microcuenca Santo Domingo-Acopia, sin embargo, en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.0299 Km<sup>2</sup> lo cual representa 0.30% del área total siendo visible en un pequeño sector alrededor del centro poblado de Acopia, presentan pendientes que varían de 15% a 25%.

**E) X|ALTIPLANICIE DE COLINA BAJA EMPINADA (Acb-e).**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia no se aprecia esta sub unidad sin embargo en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.0169 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 0.17% del área total de esta, este pequeño sector de aprecia en la parte SE de la laguna de Pomacanchi, presentan pendientes que varían de 25% a 50%.

**3.2.2.8. VERTIENTE DE COLINA BAJA.**

**A) VERTIENTE DE COLINA BAJA LIGERAMENTE INCLINADA (Vcb-li).**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia no se tiene esta sub unidad, sin embargo, en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.095 Km<sup>2</sup>, representando

el 0.96 % del área total, se aprecia que se encuentran cercanas a la comunidad Miskiunu, presentan pendientes que varían de 2% a 4%.

**B) VERTIENTE DE COLINA BAJA MODERADAMENTE INCLINDA (Vcb-mdi).**

No se aprecia esta sub unidad en la microcuenca Santo Domingo-Acopia, en cambio en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.3194 Km<sup>2</sup> lo cual representa 3.22 % del área total, se encuentran diversas áreas dispersas las cuales se localizan cercanas a la comunidad de Miskiunu, presentan pendientes que varían de 4% a 8%.

**C) VERTIENTE DE COLINA BAJA FUERTEMENTE INCLINADA (Vcb-fi).**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia no se aprecia esta sub unidad. Pero en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.7958 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 8.02% del área total, esta sub unidad ocupa diversas áreas de las cuales predominan por el sector de Acopia y la comunidad Miskiunu, presentan pendientes que varían de 8% a 15%.

**D) VERTIENTE DE COLINA BAJA MODERADAMENTE EMPINADA (Vcb-mde).**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa 0.23 Km<sup>2</sup> representando el 0.93% del área total, exactamente ubicada al Norte de la laguna Asnacocha.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.6303 Km<sup>2</sup> el cual representa 6.35% del área total, se aprecian zonas de regular tamaño cercanas a la localidad de Acopia. Presentan pendientes que varían de 15% a 25%.

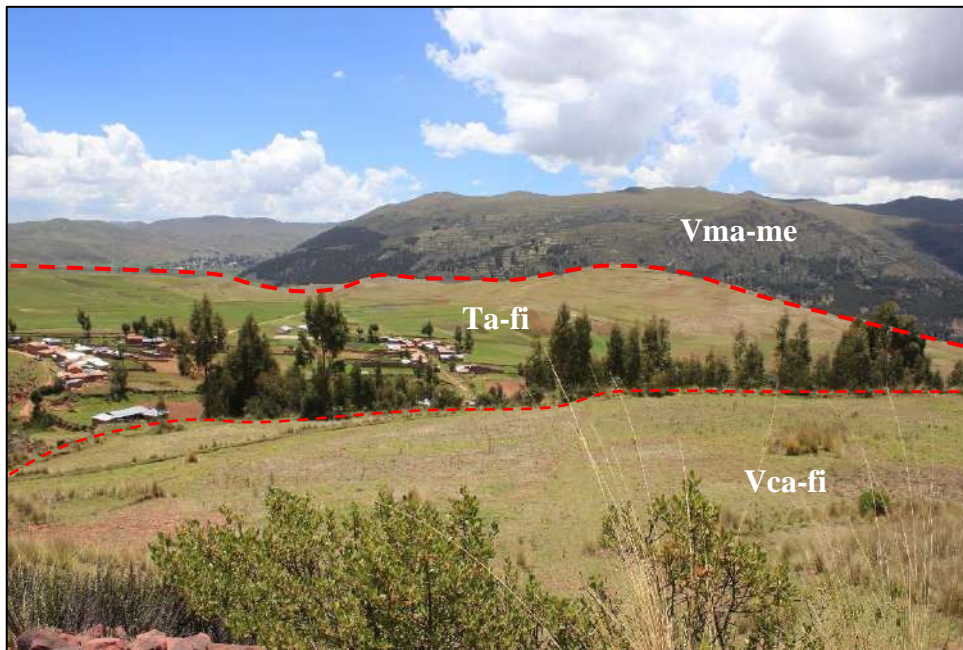
**E) VERTIENTE DE COLINA BAJA EMPINADA (Vcb-e).**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa 0.29 Km<sup>2</sup> el cual representa el 1.19% del área total se aprecia junto a vertientes de colina baja moderadamente empinada.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.4429 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 4.46% del área total, esta sub unidad se aprecia en la zona baja de esta microcuenca cerca la laguna de Pomacanchi. Presentan pendientes que varían de 25% a 50%.



### 3.2.2.9. TERRAZA ALTA.



FOTOGRAFÍA 10: VISTA DE TERRAZAS ALTAS EN EL SECTOR DE HUAYRACHAPI.

#### A) TERRAZA ALTA MODERADAMENTE INCLINADA (Ta-mdi).

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa 0.11 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 0.44 % del área total, se aprecia en la zona media de la microcuenca, destacando un área pequeña cercana a la localidad de Huarasayco. En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu no se encuentra esta unidad. Presentan pendientes que varían de 4% a 8%.

#### B) TERRAZA ALTA FUERTEMENTE INCLINADA (Ta-fi).

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa 2.50 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 10.26% del área total, encontrándose y distinguiéndose en la zona baja y media de la microcuenca, específicamente donde se encuentra la comunidad de Huarasayco y alrededores de la comunidad de Santo Domingo.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.0513 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 0.52% del área total, esta sub unidad es pequeña y se aprecia a ambos flancos de la quebrada Huayrachapi. Presentan pendientes que varían de 8% a 15%.

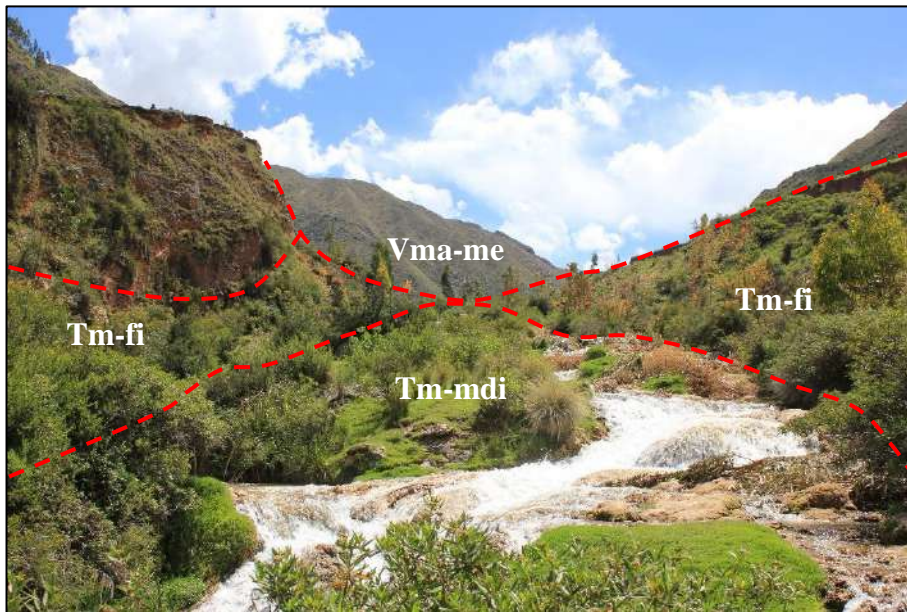
#### C) TERRAZA ALTA MODERADAMENTE EMPINADA (Ta-mde).

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia no se identificó esta sub unidad. Mientras que en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 1.1793 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 11.89 % del área total, se aprecia en la zona media de esta microcuenca, formando la base del cerro Sutoj y Jataray. Presentan pendientes que varían de 15% a 25%.

#### **D) TERRAZA ALTA EMPINADA (Ta-e).**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia no se identificó esta sub unidad. Mientras que en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.1186 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 1.20 % del área total, se aprecia en la zona media de la microcuenca, junto a colinas bajas de esta microcuenca. Presentan pendientes que varían de 25% a 50%.

#### **3.2.2.10. TERRAZA MEDIA.**



**FOTOGRAFÍA 11: VISTA DE TERRAZAS MEDIAS EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO.**

#### **A) TERRAZA MEDIA LIGERAMENTE INCLINADA (Tm-li).**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa 0.04 Km<sup>2</sup> lo cual representa 0.18% del área total, es un área pequeña que está ubicada entre las comunidades de Hurasayco y Santo Domingo. En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu no se identificó esta unidad.

#### **B) TERRAZA MEDIA MODERADAMENTE INCLINADA (Tm-mdi).**

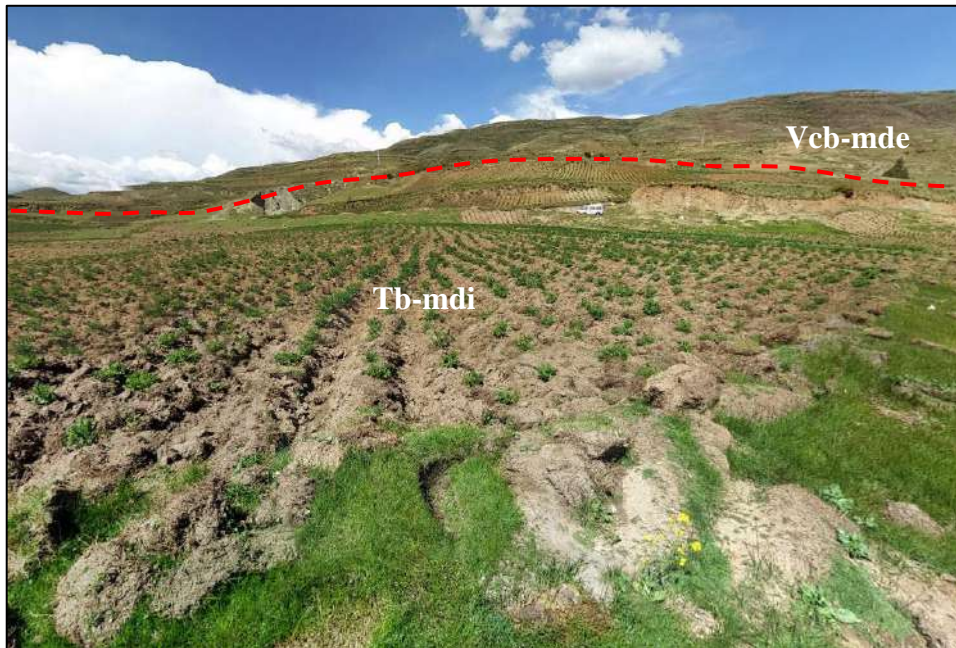
En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa 0.81 Km<sup>2</sup> lo cual ocupa 3.34% del área total, ubicada en la zona media y baja de esta microcuenca, junto a terrazas altas.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.776 Km<sup>2</sup> lo cual representa 7.82% del área total se observan diversas áreas entre terrazas altas y bajas, destacando las que se encuentran cercanas a la laguna de Pomacanchi y Acopia.

### C) TERRAZA MEDIA FUERTEMENTE INCLINADA (Tm-fi).

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia no se aprecia esta sub unidad, sin embargo, en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.9816 Km<sup>2</sup> lo cual representa 9.89% del área total, esta área se aprecia cercana a la laguna de Pomacanchi alrededores de la comunidad de Huayrachapi

#### 3.2.2.11. TERRAZA BAJA.



FOTOGRAFÍA 12: VISTA DE TERRAZAS BAJAS PROXIMAS A LA LAGUNA DE ACOPIA Y EL CCPP DE SANTO DOMINGO.

### A) TERRAZA BAJA LIGERAMENTE INCLINADA (Tb-li).

Ocupa 2.57 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 10.56% del área total de la microcuenca Santo Domingo-Acopia, se encuentra ampliamente en la zona baja justo en la entrada a esta microcuenca, sobre esta sub unidad se encuentra la comunidad Santo Domingo asimismo por aquí pasan los ríos del mismo nombre.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.0530 Km<sup>2</sup>, representando el 0.53% del área total, esta sub unidad se aprecia cercana a la laguna de Pomacanchi y a la comunidad de0 Huayrachapi.

### B) TERRAZA BAJA MODERADAMENTE INCLINADA (Tb-mdi).

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia no se encuentra esta sub unidad, en cambio en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa 0.554 Km<sup>2</sup> lo cual representa 5.59% del área total, se identifica en los bordes de la laguna de Pomacanchi y cercana al centro poblado Acopia y a la laguna del mismo nombre.



**TABLA 16: RESUMEN DE LA FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA				
SUB PAISAJE O SUBUNIDAD FISIOGRAFICA		SIMBOLOGIA	AREA (Km <sup>2</sup> )	AREA (%)
<b>ALTIPLANICIE DE MONTAÑA ALTA</b>	Altiplanicie de Montaña Alta Fuertemente inclinada	Ama-fi	1.302	5.35
<b>VERTIENTE DE MONTAÑA ALTA</b>	Vertiente de Montaña Alta Escarpada	Vma-es	0.689	2.83
	Vertiente de Montaña Alta Muy empinada	Vma-me	3.292	13.53
	Vertiente de Montaña Alta empinada	Vma-e	1.669	6.86
	Vertiente de Montaña Alta Moderadamente empinada	Vma-mde	3.172	13.03
<b>ALTIPLANICIE DE MONTAÑA BAJA</b>	Altiplanicie de Montaña Baja Fuertemente inclinada	Amb-fi	0.239	0.98
<b>VERTIENTE DE MONTAÑA BAJA</b>	Vertiente de Montaña Baja Muy empinada	Vmb-me	0.063	0.26
	Vertiente de Montaña Baja empinada	Vmb-e	1.227	5.04
	Vertiente de Montaña Baja Moderadamente empinada	Vmb-mde	2.067	8.49
	Vertiente de Montaña Baja Fuertemente inclinada	Vmb-fi	0.809	3.32
<b>ALTIPLANICIE DE COLINA ALTA</b>	Altiplanicie de Colina Alta Fuertemente inclinada	Aca-fi	0.482	1.98
<b>VERTIENTE DE COLINA ALTA</b>	Vertiente de Colina Alta empinada	Vca-e	0.837	3.44
	Vertiente de Colina Alta Moderadamente empinada	Vca-mde	1.512	6.21
	Vertiente de Colina Alta Fuertemente inclinada	Vca-fi	0.195	0.80
<b>ALTIPLANICIE DE COLINA BAJA</b>	Altiplanicie de Colina Baja Fuertemente inclinada	Vcb-fi	0.235	0.97
<b>VERTIENTE DE COLINA BAJA</b>	Vertiente de Colina Baja empinada	Vcb-e	0.289	1.19
	Vertiente de Colina Baja Moderadamente empinada	Vcb-mde	0.226	0.93
<b>TERRAZA ALTA</b>	Terraza Alta Fuertemente inclinada	Ta-fi	2.496	10.26
	Terraza Alta Moderadamente inclinada	Ta-mdi	0.106	0.44
<b>TERRAZA MEDIA</b>	Terraza Media Moderadamente inclinada	Tm-mdi	0.814	3.34
	Terraza Media Ligeramente inclinada	Tm-li	0.045	0.18
<b>TERRAZA BAJA</b>	Terraza Baja Ligeramente inclinada	Tb-li	2.570	10.56
<b>TOTAL</b>			<b>24.337</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 17: RESUMEN DE LA FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU				
SUB PAISAJE O SUBUNIDAD FISIOGRAFICA		SIMBOLOGIA	AREA (Km <sup>2</sup> )	AREA (%)
<b>ALTIPLANICIE DE MONTAÑA ALTA</b>	Altiplanicie de Montaña Alta Moderadamente empinada	Ama-mde	0.106	1.07
<b>VERTIENTE DE MONTAÑA ALTA</b>	Vertiente de Montaña Alta escarpada	Vma-es	1.160	11.69
	Vertiente de Montaña Alta Muy empinada	Vma-me	0.564	5.68
	Vertiente de Montaña Alta empinada	Vma-e	1.613	16.26
<b>ALTIPLANICIE DE COLINA BAJA</b>	Altiplanicie de Colina Baja empinada	Acb-e	0.017	0.17
	Altiplanicie de Colina Baja Moderadamente empinada	Acb-mde	0.030	0.30
	Altiplanicie de Colina Baja Fuertemente inclinada	Acb-fi	0.132	1.33
	Altiplanicie de Colina Baja Moderadamente inclinada	Acb-mdi	0.259	2.61
	Altiplanicie de Colina Baja Ligeramente inclinada	Acb-li	0.044	0.45
<b>VERTIENTE DE COLINA BAJA</b>	Vertiente de Colina Baja empinada	Vcb-e	0.443	4.46
	Vertiente de Colina Baja Moderadamente empinada	Vcb-mde	0.630	6.35
	Vertiente de Colina Baja Fuertemente inclinada	Vcb-fi	0.796	8.02
	Vertiente de Colina Baja Moderadamente inclinada	Vcb-mdi	0.319	3.22
	Vertiente de Colina Baja Ligeramente inclinada	Vcb-li	0.095	0.96
<b>TERRAZA ALTA</b>	Terraza Alta empinada	Ta-e	0.119	1.20
	Terraza Alta Moderadamente empinada	Ta-mde	1.179	11.89
	Terraza Alta Fuertemente inclinada	Ta-fi	0.051	0.52
<b>TERRAZA MEDIA</b>	Terraza Media Fuertemente inclinada	Tm-fi	0.982	9.89
	Terraza Media Moderadamente inclinada	Tm-mdi	0.776	7.82
<b>TERRAZA BAJA</b>	Terraza Baja Moderadamente inclinada	Tb-mdi	0.554	5.59
	Terraza Baja Ligeramente inclinada	Tb-li	0.053	0.53
<b>TOTAL</b>			<b>9.921</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



### 3.2.3. UNIDADES DE PAISAJE O UNIDADES GEOMORFOLOGICAS.

Después del análisis realizado se procedió a reconocer las unidades presentes y de acuerdo a la extensión y escala de la zona de estudio se pudo distinguir y clasificar las geoformas de la siguiente manera:

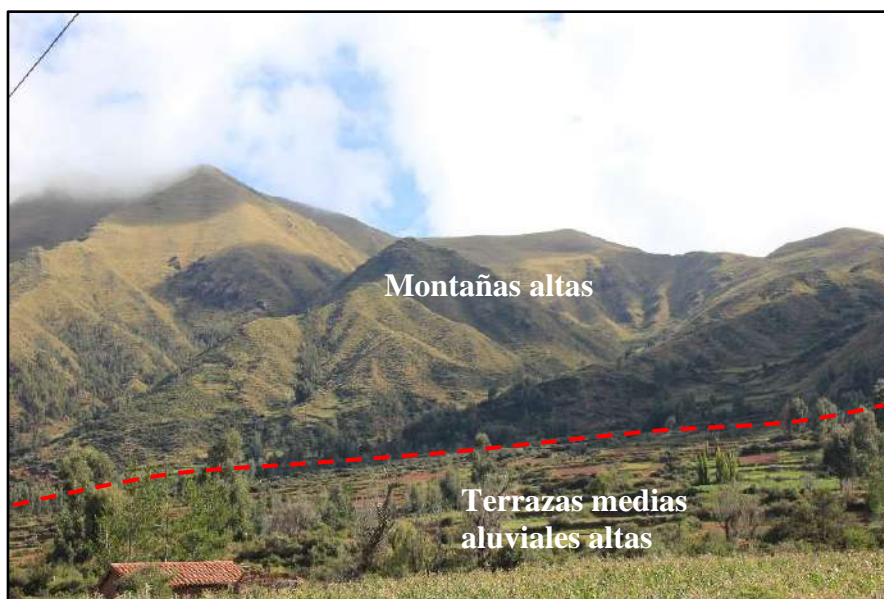
- ✓ Unidades de Paisaje o unidades Geomorfológicas
- ✓ Unidades de Subpaisaje o Sub unidades fisiográficas.

Para determinar el mapa Geomorfológico se hace la combinación o superposición de las sub unidades de paisaje con las con las unidades de pendiente y finalmente al superponer el mapa geológico se determina las unidades geomorfológicas de la zona de estudio. (ver Anexos – Mapa Geomorfología Local)

#### 3.2.3.1. MONTAÑAS.

En forma general, las montañas se consideran como las culminaciones altitudinales del sistema cordillerano andino o áreas de mayor levantamiento orogénico con vertientes que van desde moderadamente empinadas a escarpadas (15% a+50 %) y alturas que superan los 1000 m de la base del río a la parte más alta del relieve, este elemento corresponde a la provincia fisiográfica del Altiplano y en la unidad de Gran paisaje del Borde suroeste del Anticlinal del Vilcanota y la Planicie de Pomacanchi.

La evolución de la cadena de los Andes transformados hoy en montañas data desde periodos terciarios hasta el cuaternario, periodos en los que el levantamiento orogénico fue modelando y diseccionando por efectos de las glaciaciones pliocuaternarias y con mayor frecuencia en un sentido estructural NO-SE.



**FOTOGRAFÍA 13: VISTA DE MONTAÑAS ALTAS TERRAZAS MEDIAS PROXIMAS AL CCPP DE HURASAYCO Y SANTO DOMINGO.**

### **A) MONTAÑAS ALTAS.**

Este elemento corresponde a las zonas más altas de la zona de estudio ubicada entre los 3800 a 4250 msnm, comprenden las cabeceras de esta microcuenca, se caracteriza por presentar un conjunto o sucesión de montañas de una manera ordenada, generalmente orientada. Por lo general las montañas altas pertenecen a una misma estructura geológica y representa a una misma secuencia de rocas en donde predomina el crecimiento de pastos naturales espinosos.

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia se observan estas estructuras abarcando una superficie de 9.629 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 39.565 % del área total de esta microcuenca siendo esta la unidad con mayor extensión, ubicado en el flanco izquierdo del río Santo Domingo, generalmente con pendientes que oscilan entre 25 y +75%. En esta unidad destacan los cerros Jatunñan, Huarasayco y Collquemarca.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu se observan abarcando una superficie de 3.414 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 34.418% del área total de esta microcuenca, se encuentra ocupando casi la totalidad de la zona alta; sobre esta unidad se encuentran los manantes Chullunquiani y Unutoma - 1.

### **B) MONTAÑA BAJA.**

Se caracteriza por presentar un conjunto o sucesión de montañas de una manera ordenada, por consiguiente, son inferiores a las montañas altas según la altura, estas no superan los 300 metros del nivel de base local.

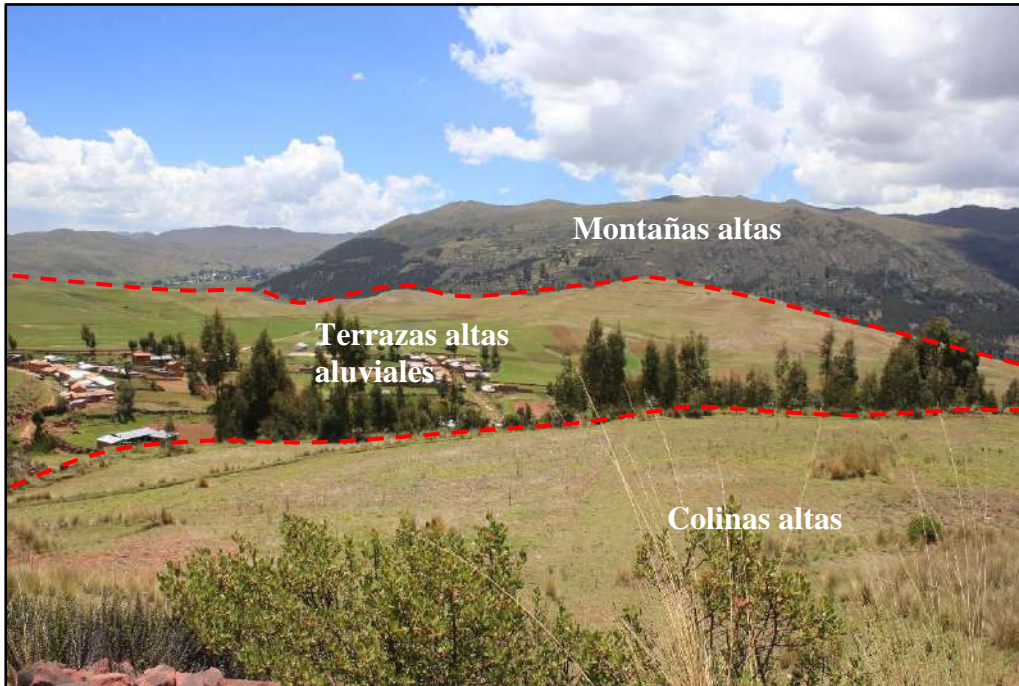
Esta unidad se aprecia en la Microcuenca Santo Domingo –Acopia ocupando 4.307 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 17.699 % del área total, se destacan un área que abarca la zona media y alta de esta, destacándose ahí el cerro Huanucunca; asimismo se observan pendientes que oscilan entre los rangos de 15% - 50%, esta unidad se encuentra entre los valores de 3950 a 4150 msnm. En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu no se aprecia este tipo de geoforma.

#### **3.2.3.2. COLINAS.**

Con esta denominación se da a elevaciones de terrenos de 30 a 300 m de altura de la base del río a la cima y pendientes 15 – 50%.

Estas unidades son en su mayoría de origen denudacional excepcionalmente agradacional por deposiciones pliocuaternarias.

Estas unidades conforman pequeñas elevaciones onduladas separadas por bandas de terreno plano formadas por terrazas fluviales y llanos. Las zonas colinosas varían un poco su paisaje, tanto por su altura como por la cantidad de cursos de agua que la atraviesan, hecho que a su vez depende de los factores litológicos estructurales y de las características de la erosión.



**FOTOGRAFÍA 14: VISTA PANORAMINCA DE UNIDADES GEOMORFOLOGICAS DE LA ZONAS DE ESTUDIO, VISTA DESDE EL SECTOR HUAYRACHAPI-MISKIUNU.**

#### **A) COLINA ALTA.**

Se caracteriza por presentar una serie de cerros alineados que da lugar a una cadena montañosa, donde las colinas altas no superan los 300 metros del nivel de base local. Esta unidad se aprecia en la microcuenca Santo Domingo –Acopia ocupando un área de 2.866 Km<sup>2</sup> lo cual equivale al 11.777% del área total, posee altitudes que oscilan entre 3850 a 4050 msnm. En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu no se aprecia dicha unidad.

#### **B) COLINA BAJA.**

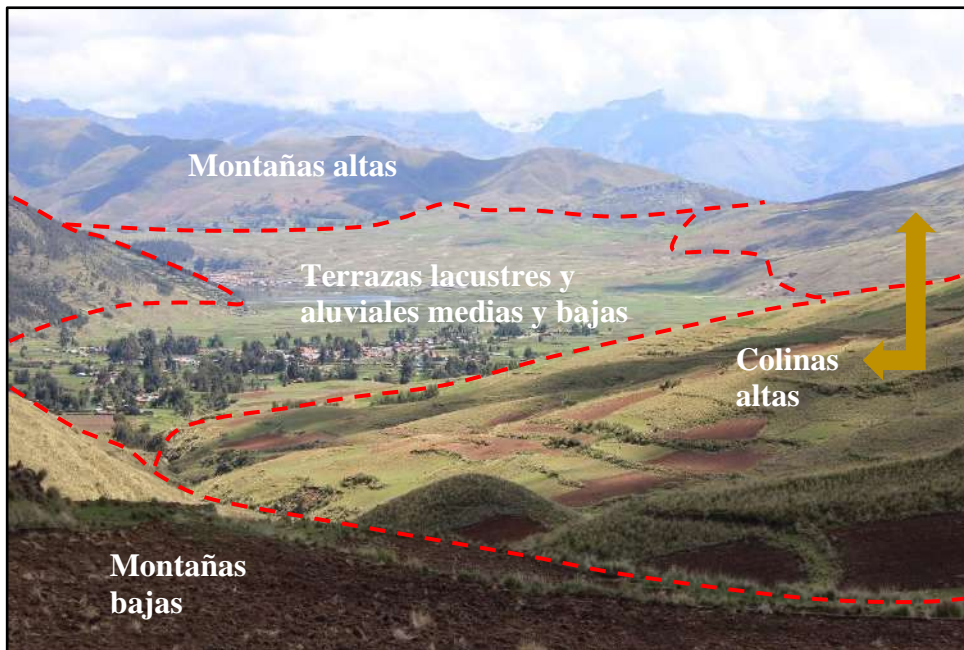
Se caracteriza por presentar alturas inferiores a la colina alta, presentando la forma de domos de estructura convexa.

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia esta unidad abarca altitudes entre 3750 a 3850 msnm, ocupando un área de 0.713 Km<sup>2</sup>, lo cual representa 2.929 % del área total. Se encuentra en la zona baja con pendientes entre 4-50%.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu esta unidad ocupa un área de 2.427 Km<sup>2</sup> lo cual implica un 24.463% del total del área de la microcuenca, esta se encuentra ocupando gran parte de la zona media de esta microcuenca.

### 3.2.3.3. TERRAZAS.

La Terrazas se forman por la agradación (sedimentación) en una llanura de inundación y por la posterior incisión (erosión vertical) del canal en los depósitos aluviales, constituyen pequeñas plataformas sedimentarias o mesetas, coinciden con la superficie deposicional de una antigua llanura de inundación o corresponde a una superficie erosional excavada bien sobre depósitos aluviales o bien sobre el substrato rocoso.



*FOTOGRAFÍA 15: VISTA PANORÁMICA DE UNIDADES GEOMORFOLOGICAS TOMADA DESDE LA PATE MEDIA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO.*

#### A) TERRAZA ALTA.

##### A.1. TERRAZA ALTA ALUVIAL.

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa un área de 3.097 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 12.726 % del área total; se localiza en la zona media de esta microcuenca; destacando el área sobre la cual se encuentran el manante Millera.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa un área de 1.062 Km<sup>2</sup> representado el 10.708%, se encuentra abarcando casi toda la totalidad de la zona media de la microcuenca destacando el punto donde se encuentra la comunidad de Caca Iglesia.



## **A.2. TERRAZA ALTA COLUVIAL.**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia no se encuentra esta unidad sin embargo en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu abarca 0.595 Km<sup>2</sup> y representa el 5.99 %, abarca áreas en la zona media y alta de esta microcuenca en la cual destaca la zona donde se ubica la comunidad de Miskiunu, estos depósitos se caracterizan por presentar fragmentos sub angulosos a angulosos producto de deslizamientos del Grupo Mitu.

## **B) TERRAZA MEDIA.**

### **B.1. TERRAZA MEDIA ALUVIAL.**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa un terreno de 0.833 Km<sup>2</sup> lo cual representa 3.424% del área total, la cual se localiza en la zona media destacando una pequeña área donde se encuentra el manante Phosqo Pucyu.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa un terreno de 1.62 Km<sup>2</sup> el cual representa el 16.325%, se destaca en la zona baja de la microcuenca esta área se encuentra próxima a la laguna de Pomacanchi destacan las áreas donde se encuentran las comunidades de Huayrachapi y Acopia.

## **C) TERRAZA BAJA.**

### **C.1. TERRAZA BAJA ALUVIAL.**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa un terreno 2.139 Km<sup>2</sup> el cual representa el 8.789% del área total, se encuentra principalmente en la zona baja.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu ocupa un terreno de 0.449 Km<sup>2</sup> representando el 4.531%, se ubica en una pequeña parte al borde de la laguna de Acopia en la zona baja de la microcuenca, en donde se ubica el centro poblado del mismo nombre.

### **C.2. TERRAZA BAJA LACUSTRE.**

En la microcuenca Santo Domingo-Acopia ocupa un terreno de 0.267 Km<sup>2</sup> y 1.097% del área total, es la zona más plana y cercana a la laguna de Acopia, zona baja de la microcuenca (zona de aforo) donde se ubican también zona de bofedales.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu estos depósitos ocupan un área de 0.449 Km<sup>2</sup> representando el 4.531% del área total de esta, es la zona contigua a la laguna de Pomacanchi y Acopia caracterizado por terrenos semi allanados.

**TABLA 18: RESUMEN DE LA GEOMORFOLOGIA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

<b>GEOMORFOLOGIA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA</b>				
<b>PAISAJE O UNIDAD GEOMORFOLOGICA</b>		<b>SIMBOLOGIA</b>	<b>AREA (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>AREA (%)</b>
<b>MONTAÑA</b>	Montaña Alta	Ma	9.629	39.565
	Montaña Baja	Mb	4.307	17.699
<b>COLINA</b>	Colina Alta	Ca	2.866	11.777
	Colina Baja	Cb	0.713	2.929
<b>TERRAZA</b>	Terraza Alta Aluvial	Ta-al	3.097	12.726
	Terraza Media Aluvial	Tm-al	0.833	3.424
	Terraza Baja Aluvial	Tb-al	2.139	8.789
	Terraza Baja Lacustre	Tb-la	0.267	1.097
Cauce de rio		rio	0.485	1.993
<b>TOTAL</b>			<b>24.337</b>	<b>100.000</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 19: RESUMEN DE LA GEOMORFOLOGIA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.**

<b>GEOMORFOLOGIA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU</b>				
<b>PAISAJE O UNIDAD GEOMORFOLOGICA</b>		<b>SIMBOLOGIA</b>	<b>AREA (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>AREA (%)</b>
<b>MONTAÑA</b>	Montaña Alta	Ma	3.414	34.418
<b>COLINA</b>	Colina Baja	Cb	2.427	24.463
<b>TERRAZA</b>	Terraza Alta Coluvial	Ta-co	0.595	5.995
	Terraza Alta Aluvial	Ta-al	1.062	10.708
	Terraza Media Aluvial	Tm-al	1.620	16.325
	Terraza Baja Aluvial	Tb-al	0.219	2.210
	Terraza Baja Lacustre	Tb-al	0.449	4.531
Cauce de rio		rio	0.134	1.351
<b>TOTAL</b>			<b>9.921</b>	<b>100.000</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

## CAPITULO IV: MARCO GEOLÓGICO

### 4.1. GENERALIDADES.

La geología es la base fundamental sobre la que se apoya un estudio hidrogeológico y comprende estratigrafía y litología, principalmente, aunque también considera otros aspectos de suma importancia como el método indirecto de la prospección geofísica que concreta un estudio geológico.

### 4.2. GEOLOGÍA REGIONAL.

Regionalmente las microcuencas de Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu se ubican en la intersección de las hojas 29s – I (Cuadrángulo Geológico de Livitaca) y 29t – IV (Cuadrángulo Geológico de Sicuani).

Identificándose unidades Geológicas que van desde el Siluro Devoniano representado por la Formación Ananea hasta el Cuaternario representando por depósitos fluviales, aluviales, coluviales, fluvioglaciares recientes del Cuaternario. (ver Anexos – Mapa Geológico Regional)

#### 4.2.1. FORMACIÓN ANANEA (SD - a).

**Definición:** Se trata de una unidad bastante uniforme en casi todos los afloramientos, está compuesta por pizarras y esquistos pizarrosos grises a negros, sin estratificación visible, salvo cuando están intercalados con bancos pequeños de cuarcitas de 5 a 20 cm de espesor. Su espesor aproximado es de 1500 m, y esto puede deberse a que las secuencias se encuentren repetidas por la tectónica. Las rocas se hallan fuertemente deformadas y con esquistosidades que indican al menos dos etapas de deformación. La esquistosidad S1 tiene dirección NO-SE y la esquistosidad S2 dirección NE-SO, muy similar a las que presentan las series mesocenoicas.

La base de esta unidad no se observa en el cuadrángulo de Cusco, está fallada, y en la zona de estudio es posible apreciarla en las laderas del valle del río Vilcanota, debajo del Grupo Copacabana.

**Edad:** Mendivil y Dávila (1994) le dan un rango de edad Siluro-Devónico sin más precisión. En consecuencia, por correlaciones y por estar bajo el Devónico terminal, la Formación Ananea sería del Siluro-Devónico medio superior.

#### 4.2.2. GRUPO COPACABANA (Pi - co).

**Definición:** Newell (1946) define y describe esta unidad, el cual está compuesto principalmente por calizas y lutitas marinas. Haciendo un análisis de datos litoestratigráficos, así como los datos de campo del área del Vilcanota es posible diferenciar y separarlo en cuatro formaciones (Formación Tinta, Formación Chuquicahuana, Formación San Salvador y Formación Yaucat).

En el anticlinal de Vilcanota se le estima un espesor que varía entre 300 a más de 700 metros. Estas calizas se han depositado en una plataforma interna de rampa carbonatada, afectada por las transgresiones y regresiones durante el Pérmico inferior. En cambio, los depósitos detríticos parecen corresponder a medios litorales y lagoons.

En el cuadrángulo de Cusco-Livitaca, este grupo se separa en dos miembros:

**Miembro inferior del grupo Copacabana:** se caracteriza por ser muy fosilífera, específicamente hacia localidad de Belén - Pucará al Oeste de Sicuani.

El miembro Copacabana inferior y el grupo Tarma, representarían las primeras transgresiones marinas que dieron lugar a sedimentos neríticos con un gran porcentaje de elementos detríticos, pero por la ausencia de conglomerados, dichas transgresiones se habrían producido sobre superficies poco accidentadas.

**Miembro superior del grupo Copacabana:** esencialmente está dada por calizas, casi siempre muy silicificadas y dolomitizadas. La parte superior de Copacabana fue profundamente atacada por los agentes de erosión que precedieron a los depósitos del Permiano superior continental, esta afectó a todo el Permiano-Carbonífero, dando numerosos fragmentos de calizas (subangulosos) para los conglomerados basales de Mitu que se hallan sobre el Pérmico superior.

Todos estos depósitos representan el resultado de la gran transgresión Permo-Carbonífera que siguió a los depósitos continentales del Carbonífero inferior, comenzando con acumulaciones de origen recifal que únicamente pueden formarse en mares poco profundos.

**Edad:** En el sur y centro del Perú, se asigna al Grupo Copacabana una edad comprendida entre el Wolfcampiano inferior (Sakmario) y el Leonardiano inferior (Artinskiano), es decir Pérmico inferior a medio (Newell et al., 1953).

##### 4.2.2.1. FORMACIÓN CHUQUICAHUANA (Pi - ch).

**Definición:** Mendivil S. (1978) denominó Formación Chuquicahuana al conjunto litológico que aflora en las inmediaciones de la localidad homónima situada en los



alrededores de la esquina sureste del cuadrángulo del Cusco, justo en el fondo del valle de Vilcanota, cuya amplitud de exposición se encuentra hacia Sicuani por los flancos del río Vilcanota pasando por las localidades de Accobamba, Checacupe, Combapata, Tinta y más hacia el sur. Con respecto a la zona de estudio (Microcuenca Huayrachapi - Miskiuno) este tipo de afloramiento se encuentran por las inmediaciones de la localidad de Chuquicahuana y Checacupe en las laderas del Cerro Don Juan.

Litológicamente está constituido por una alternancia de calizas, lutitas y algunos niveles areniscosos. El proceso de sedimentación encaja dentro del modelo de plataforma continental carbonatada con fuerte aporte de clásticos de grano pequeño y por la continuidad del afloramiento y tipo de estratificación sugiere que la cuenca tuvo fondo no muy accidentado dentro de la sedimentación micrítica, haciéndose más carbonatado hacia la parte superior.

**Edad:** Newell et. al. (1953) indica que esta formación abarcaría del Wolfcampiano medio con posibilidades de llegar al inferior (Sakmario). El estado actual a nivel litoestratigráfico no es posible efectuar comparaciones estratigráficas con certeza.

#### **4.2.3. GRUPO MITU (PsT - mi).**

**Definición:** Se ha tomado la terminología introducida por Mc Laughlin D. H. (1924), quien descubrió bajo dicho nombre en el Perú central a una secuencia de areniscas y conglomerados rojizos que cubren en discordancia al Grupo Copacabana, al sureste del Perú, Newell et. al. (1953) usa idéntico término para los sedimentos molásicos post-Grupo Copacabana, indicando que están cubiertos por las areniscas Huancané del Cretáceo inferior, asignándole una edad Permo-Triásico. Seguidamente Marocco R. (1978) en la cordillera de Vilcabamba distingue regionalmente dos facies, una sedimentaria y otra volcánica, sin asignarle categoría estratigráfica.

Los afloramientos de esta unidad están restringidos a ambos flancos del valle del río Vilcanota, abarcando desde Sicuani, pasando por Chuquicahuana, San Salvador, Pisac y continúa hacia el norte; esto sugiere un control estructural para las rocas del Paleozoico superior.

Siguiendo la nomenclatura propuesta por Gabelman J. y Jordan (1984) y Gregory (1916), se ha efectuado la siguiente división litoestratigráfica separando este Grupo en dos formaciones Pisac y Pachatusan.

En tectónica, este grupo sirve no solamente como horizonte guía, gracias a sus grandes escarpas rojizas y masivas, sino que también define un horizonte resistente que condiciona y sirve de molde a todas las tectónicas de los niveles cretáceos.

Según los lugares se presentan, en forma muy variable, tres unidades litológicas: conglomerados, areniscas y volcánicos hipoabisales que cortan caprichosamente los diversos niveles y afloran en forma desordenada.

**Edad:** La edad de este grupo, por posición estratigráfica, es del post-Permiano medio. Nada prueba que este grupo se limite al Permiano superior porque el Triasico y el Jurásico pueden estar presentes, pero por el momento consideramos más conveniente ubicar al grupo Mitu en el comienzo del Pérmico superior.

#### **4.2.4. FORMACIÓN MURCO (Ki - mu).**

**Definición:** Esta formación descrita por primera vez por Jenks, W. F. (*op. cit*) y Benavides, V. (1962) en el valle de Sigwas, también ha sido cartografiada por Dávila, D. (1988-1994) en los cuadrángulos de Caylloma y Livitaca.

La formación Murco, está constituida por sedimentos clásticos abigarrados, pero mayormente rojizos, según su posición estratigráfica está sobre el grupo Yura y debajo de la formación Arcurquina.

**Edad:** estas areniscas, datan hacia el Cretáceo inferior a medio, con gran extensión en todo el Sur del Perú, han sido descritas por Petersen y Cabrera La Rosa (1936), Newell (1945) y Heim (1947). Para varios autores en el Sur (Arequipa) parece ser equivalente aproximativo de la Formación Huancané.

En la formación Murco (Fm Huancané) hay ocurrencias de capas rojas imposibles de distinguir de las capas de la Formación Muni, las cuales aun así han sido mapeadas dentro de esta formación (Cuadrángulo Sicuani – Ocongate).

#### **4.2.5. FORMACIÓN ARCURQUINA (Kis - ar).**

**Definición:** Esta denominación fue establecida por Jenks W. (1948) y ratificada por Benavides V. (1962) para la secuencia calcárea que sobreyace a los clásticos Murco, según Marocco R. (1975) y Pecho V. (1981) emplean el término Ferrobamba para la secuencia calcárea de posición estratigráfica similar a la Formación Arcurquina. Posteriormente Mendivil S. (1978) usa el término de Arcurquina diferenciando tres miembros para el área de Livitaca.

La formación Arcurquina es una secuencia calcárea de calizas gris a gris oscuras, dolomías en capas medianas, margas y lutitas en porcentaje reducido, constituyendo conjuntos afines que se caracterizan por su composición, textura según Mendivil S. (1978).

**Edad:** Por las relaciones estratigráficas regionales y tomando en cuenta la fauna (fósiles) reportada en localidades aledañas, se asume que esta formación tiene una edad desde el Albiano hasta el Coniaciano, se correlación a la vez como equivalente del Grupo Moho.

#### **4.2.6. GRUPO PUNO (P - pu).**

**Definición:** Esta unidad originalmente fue establecida por Cabrera La Rosa y Petersen (1936), en los alrededores del Lago Titicaca, en los cuadrángulos de Cusco y Livitaca se ha adoptado la misma denominación. Esta unidad se caracteriza por presentar conglomerados rojos y areniscas blancas rosadas.

Todo este conjunto detrítico proviene de la erosión de la primera cadena de los Andes que surgió no solamente en la Cordillera Occidental sino también en la Cordillera Oriental al final del Cretáceo superior. Newell piensa en un gran plegamiento en la Cordillera Occidental, y en base a un afloramiento aislado de conglomerados en discordancia muy fuerte con las Capas rojas cretáceas al Noreste de Pitumarca, podemos añadir que la Cordillera Oriental también fue afectada por un tectonismo intenso. Entre las zonas plegadas positivas y sujetas a intensa erosión, el área negativa del Vilcanota (más tranquila) fue sumergida debajo de la potente serie detrítica de “Puno” miembro inferior de tipo “molasse” en concordancia con el cretácico superior.

En conjunto pueden ser considerados los depósitos de este Grupo Puno como molasas continentales, que se depositaron en una disposición anárquica en áreas deprimidas de la Cadena Andina en proceso de surgimiento.

La naturaleza indicada de este grupo, no permite conocer su verdadero grosor, por ello solamente en forma estimada se presume que sea del orden de los 3,000 a 5,000 metros, debiendo tener presente que no existe una exposición de la unidad completa, y resulta inapropiado agregar los grosores parciales que representan variaciones laterales.

El Grupo Puno en el cuadrángulo de Cusco y Livitaca ha sido dividido en cuatro formaciones: Santa Ana, Pirque, Coñamuro y Yanacocha.

**Edad:** diversos autores dan rangos cronoestratigráficos que van del Cretáceo superior – Mioceno.

De acuerdo a estas implicancias se considera al Grupo Puno en la región del Cusco, sea posiblemente de edad Eoceno- Oligoceno. De acuerdo a las características litológicas y la correlación cronológica se relaciona con las capas rojas del Grupo San Jerónimo, también se correlaciona con la Formación Casapalca en el Perú central.

#### **4.2.6.1. FORMACIÓN YANACocha (Peo - ya).**

**Definición:** Mendivil S. (1978) señala a esta unidad como integrante de la parte superior del Grupo Puno y constituye la parte superior de él. Se señala como localidad típica, los afloramientos que se hallan al Oeste Suroeste del pueblo de Pomacanchi, habiéndose tomado el nombre del cerro homónimo, con magníficas exposiciones a lo largo del camino de herradura que conduce a la laguna Yanacocha (Microcuenca Acopia – Santo Domingo).

Desde el punto de vista litológico, esta unidad la integran limoarcillas, limolitas, arenisca y derrames volcánicos. Referente a sus relaciones estratigráficas, solamente han sido observados en su base ya que no se ha encontrado el contacto superior por estar expuesta directamente.

**Edad:** De acuerdo a estas implicancias se considera al Grupo Puno en la región del Cusco, posiblemente de edad Eoceno – Oligoceno Klinck y otros (1991).

#### **4.2.7. FORMACIÓN ANTA (Peo - an).**

**Definición:** Esta unidad (Carlotto et al., 1996, 1997b) aflora ampliamente en el borde norte de la Cordillera Occidental, entre Huanquite, Paccaritambo, Coyabama, Accha y Acomayo-Pomacanchi. Esta unidad sobreyace en discordancia erosional a la Formación Chilca en la carretera que va de Sangarará hacia Acomayo y en discordancia angular sobre la Formación Ferrobamba o sobre intrusivos, como en Acomayo o Accha. Desde el punto de vista paleogeográfico es el equivalente proximal de la Formación Soncco (Carlotto, 1998). La formación ha sido dividida en tres miembros:

**Miembro I:** está compuesto esencialmente por conglomerados de conos aluviales con clastos volcánicos, de calizas y cuarcitas, intercalados con areniscas feldespáticas, limolitas rojas y además algunos niveles de brechas, aglomerados y coladas volcánicas.

**Miembro II:** está constituido por intercalaciones de areniscas y lutitas fluviales con ocasionales bancos de conglomerados y clastos de piroclastos.

**Miembro III:** es reconocido al sur de Acomayo, donde existe una secuencia de conglomerados con matriz tufácea que sobreyace en discordancia de erosión y muy débil

discordancia angular al Miembro II de la Formación Anta, donde hay diques y sills de basaltos datados en 29.9 Ma (Carlotto et al., 1997b; Carlotto, 1998).

**Edad y correlación:** La edad de esta unidad es conocida porque sobreyace a unidades paleocenas-eocenas y por tener dataciones radiométricas.

En Pomacanchi, en el límite sur del cuadrángulo del Cusco, lavas, diques y sills en el techo de la unidad han dado una edad K/ Ar de  $29.9 \pm 1.1$  Ma (Carlotto, 1998). Estos datos permiten atribuir a la Formación Anta una edad comprendida entre el Eoceno medio al Oligoceno inferior (42 a 30 Ma). Los macizos de Accha y Acomayo han sido datados por el método K/Ar dando edades de  $44.6 \pm 1.1$  y  $48.5 \pm 5.3$  Ma respectivamente, aquí se indica que estos macizos son sobreyacidos por los conglomerados de la Formación Anta.

#### **4.2.8. DEPOSITOS TRAVERTINOS (Qh - tr).**

Los travertinos se encuentran ampliamente distribuidos alrededores del área de estudio, ofreciendo cierta variedad en cuanto al aspecto u origen se refiere.

En los alrededores de Checacupe y Tinta, los aluviones de las pendientes están ocultos por costras calcáreas a menudo muy inclinadas. Dichos depósitos de travertinos se observan, igualmente, cubriendo a los aluviones del fondo de las pequeñas gargantas que bajan desde las lagunas ubicadas al Oeste de Combapata (Acopia – Asnacochoa - Pampamarca). Tales costras suspendidas encima del río parecen falladas o basculadas.

Por su posición estos depósitos podrían corresponder a una topografía mucho más elevada y antigua perteneciente a líneas de surgimiento de aguas calcáreas. En estos casos, los travertinos son parcialmente detríticos con abundantes moldes de plantas y a veces con brechas de pendientes recementadas.

#### **4.2.9. ROCAS INTRUSIVAS.**

Dentro del área del cuadrangulo Cusco y Livitaca se han identificado diferentes afloramientos de cuerpos ígneos intrusivos de tipo plutónico, las rocas plutónicas de esta región constituyen el batolito Andahuaylas Yauri y están representadas principalmente por grandes cuerpos esto cuerpos son los más amplios en comparación con los de las unidades sedimentarias y metamórficas.

Referente a la edad de estos cuerpos ígneos regionalmente se supone que se hayan emplazado durante el Cretáceo superior – Paleógeno. Al respecto, en el área del Cuzco y Livitaca solamente se ve que los plutones y la mayoría de stocks intruyen a los Grupos

Murco y Moho, así como a la Formación Arcurquina y a la vez fragmentos de ellos se observan en la Formación Coñamuro. Tales hechos nos dan unos límites referenciales, mediante los cuales no pueden ser anteriores al Coniaciano ni posteriores al Eoceno, puesto que los primeros tienen sus niveles superiores hasta el Coniaciano y a la Formación Coñamuro se le considera del Oligoceno. Apoyándose en lo anterior, a las rocas plutónicas en mención, se les asume tentativamente una edad comprendida desde el Senoniano al Paleoceno.

Los contactos entre los grandes cuerpos son poco perceptibles en el campo, y ciertos lugares es difícil de marcar un contacto entre ellos a esto se suma la accesibilidad a estas zonas de pendientes elevadas.

#### **4.2.9.1. BATOLITO DE APURIMAC.**

Forma un cuerpo de dimensiones batolíticas, cuyos afloramientos cubren casi el 50% del cuadrángulo de Livitaca y se prolonga por grandes extensiones hacia los cuadrángulos tanto al occidente como hacia el sur. Estructuralmente esta unidad ígnea tiene una geometría de cuerpo alargado cuyos ejes mayores tienen una orientación similar al eje andino NW - SE.

Esencialmente este cuerpo batolítico puede ser clasificado como granodiorítico-tonalítico, pero existen lugares donde hay marcados cambios graduales hacia una mayor acidez o basicidad.

Macroscópicamente las rocas son leucócratas y con abundantes concentraciones de los minerales máficos en algunas partes, que destacan por su oscuridad, destacando así las dioritas con tamaños muy variables.

En una proporción notablemente inferior se hallan cuerpos más básicos (dioritas y dioritas cuarcíferas) que los indicados anteriormente, y ellos tienen singular importancia por estar vinculados con los depósitos de hierro, por ello se les encuentra con mayor frecuencia cerca o en las zonas de contacto con la Formación Arcurquina y el Grupo Murco, sus relaciones con los plutones anteriores no están muy definidas, es posible que estos plutones se encuentran emplazados en las rocas cretácicas.

El metamorfismo de contacto derivado de la acción de los cuerpos ígneos intrusivos es muy variado según los lugares que se considera, tanto en su intensidad como alcance, así como los tipos de rocas. En algunos lugares se ha observado una aureola de contacto de varios cientos de metros, y en otros no se ha encontrado ningún vestigio. Los mayores efectos corresponden a las zonas de contacto del intrusivo con los estratos

calcáreos de la Formación Arcurquina, donde se puede apreciar un “skarn” ligado a yacimientos de hierro.

En otros casos, debido al metamorfismo de contacto, se aprecia diferentes efectos en las distintas rocas, así uno de los casos de mayores evidencias, son los cambios que se han producido en las areniscas, lutitas y arcilitas, que se manifiestan en un marcado cambio de color, endurecimiento y trastorno de sus estructuras, habiendo casos donde la estratificación se ha vuelto difusa o ya no se aprecia.

**Edad:** La Intrusión corta a los grupos Murco y Arcurquina y en la Formación Coñamuro se encuentran rodados de estos intrusivos, por estas relaciones de campo se le asigna una edad comprendida del Cretáceo superior – Oligoceno.

#### **4.2.9.2. PLUTON DE POMACANCHI.**

Su exposición más conspicua se halla al SW de la laguna Pomacanchi, presenta una composición representativa de estas facies, puede ser clasificada como una monzonita cuarcífera de tono mesócrata. Su coloración es gris oscuro a verdosa, con tonalidades más claras en corte fresco. Sus elementos constitutivos son plagioclasa, ortoclasa y poco cuarzo con algo de hornblenda alterada.

Su Geometría o estructura en conjunto forma un cuerpo de contornos más o menos triangular con un perímetro algo sinuoso. Dada su ubicación, corresponde en cierto grado a una facies periplutónica. Estructuralmente, es maciza, se encuentra muy fracturada y por tramos aparece una disyunción en bancos. Al parecer sus afloramientos orientales están vinculados con fallamientos y asimismo, su presencia ha sido determinada como elemento de control en la remoción de esta cubeta, actuando como nivel de base local y transitorio y/o como presa según concierna de acuerdo al tiempo que se considere.

**Edad:** Con respecto a su datación cronológica al no contarse con dataciones numéricas, por las relaciones de campo se le asigna la edad Cretáceo superior – Paleógeno.

#### **4.3. GEOLOGÍA LOCAL.**

Una vez diferenciada la Geología Regional y realizado el análisis respectivo en campo se puede analizar que en la zona de estudio (Microcuencas Acopia - Santo Domingo y Huayrachapi - Miskiunu), las unidades geológicas identificadas datan desde el Pérmico inferior ( $\pm 295$  m.a) el cual es representado por El Grupo Copacabana hasta el Cuaternario representado por depósitos lacustres, aluviales, fluviales y coluviales. De esta



manera se presenta la siguiente Columna Estratigráfica. (ver Anexos – Mapa Geológico Local)

**TABLA 20: COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO**

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO								
ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	SIMBOLO	DESCRIPCION	INTRUSIVOS	
							SIMBOLO	UNIDAD
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO		Depósitos fluviales	Qh-fl	Compuestos principalmente de conglomerados, gravas y arenas no muy bien estratificadas con limos y arcillas lenticulares.	Peo-di 	Roca diorita, color gris verdoso con una textura equigranular de grano fino a medio.
				Depósitos aluviales	Qh-al	Constituidos por bloques, gravas, arenas, limos y arcillas de composición heterogénea, fragmentos sub redondeados a sub angulosos, correspondientes a fondos de los valles dando lugar a las llanuras aluviales.		
				Depósitos coluviales	Qh-co	Material producto de erosión generado por deslizamientos de origen gravitacional, presentando fragmentos sub angulosos a angulosos		
	PLEISTOCENO	CALABRIENSE		Depósitos lacustres	Qh-la	Sedimentos de grano fino están constituidos por limos rojizos y calcáreos de color beige e intercalaciones de arcillas.		
				Depósitos travertinos	Qh-tr	Son de color blanco amarillento presentando laminaciones horizontales producto de la precipitación de carbonatos, así mismo tiene un aspecto concrecional y en bandas		
PALEOGENO	EOCENO	BARTONIANO	Formación Anta	Peo-an	Conglomerados de clastos angulosos a subredondeados compuesto de intrusivos, cuarcitas y calizas, niveles de areniscas y lutitas rojas.			
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	TURONIANO	Formación Arcuquina	Kis-ar	Calizas con intercalaciones de lutitas grises y margas gris amarillenta, se encuentran texturas de disolución.	Peo-czdi 	Roca diorita Cuarcífera, color gris a gris oscuro con una textura porfírica.
		INFERIOR	ALBIANO	Formación Murco	Ki-mu	Intercalaciones de limolitas rojas con areniscas rojizas blanquecinas		
	TRIASICO	SUPERIOR	RHAETIANO	Grupo Mitu	Pst-mi	Conglomerado con fragmentos calcáreos gris azulados rojizos de forma subangular a sub redondeada, provenientes de la erosión del Copacabana, existiendo también fragmentos volcánicos andesíticos, con intercalacion de areniscas de color pardo rojizas o color chocolate, de grano grueso a medio.		
PALEOZOICO	PERMICO	CISURALIAN INFERIOR	SAKMARIANO	Grupo Copacabana	Pi-Co	Calizas claras a grises fosilíferas con presencias de areniscas arcósicas y carbonatadas rojizas		

FUENTE: PROPIA, ELABORADO POR LOS TESISTAS.

#### 4.3.1. GRUPO COPACABANA (Pi-co).

Esta unidad aflora cerca de la zona de estudio (Microcuenca Huayrachapi - Miskiuno), se pudo identificar el contacto con el Grupo Mitu, reconociendo así el miembro superior de esta unidad, la cual está dada por calizas de grano fino o nodulosas, de color gris blanquecino a negro, estas rocas se caracterizan por ser calizas que presentan fósiles silicificados de conchas y moluscos.

Presentan superficies kársticas muy características, rugosas y con puntos o láminas silíceas paralelas y agudas.

Además, hacia el techo de esta unidad se puede identificar intercalaciones de lutitas rojas con areniscas blancas, los cuales se deben a la oxidación (por descenso) de las calizas al momento de la erosión y acumulación de los depósitos continentales de capas rojas del Grupo Mitu?.

Esto indica la fuerte erosión a la que estuvo sometida esta zona después del depósito del Grupo Copacabana y antes de los depósitos de la Formación Pisac (Triásico superior).

**TABLA 21: DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N°01**

DESCRIPCIÓN PETROLÓGICA MUESTRA N° 01	
<b>Grupo o Formación Geológica:</b>	Grupo Copacabana
<b>Coordenadas UTM:</b>	E:232833 N:8449577 Z:3731
<b>Textura</b>	Cristalina
<b>Color:</b>	Gris parduzco
<b>Composición mineralógica:</b>	El principal mineral es la calcita emplazada en la matriz micritica, matriz soportada con > 10% de granos y presencia de fósiles de moluscos y conchas diámetro de grano $\Phi=3$ mm.
<b>Matriz:</b>	Micritica
<b>Nombre de la roca:</b>	Caliza wackstone
<b>Observaciones:</b>	Presenta venillas de calcita con un espesor promedio de 2 mm, óxidos de hierro en pequeñas cantidades.

FUENTE: PROPIA



**FOTOGRAFÍA 16: MUESTRA DE ROCA DEL GRUPO COPACABANA**



**IMAGEN 5: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS CALIZAS SEGÚN DUNHAM.**



**FOTOGRAFÍA 17: SE EVIDENCIA EL CONTACTO CONCORDANTE ENTRE EL GRUPO COPACABANA Y GRUPO MITU**

#### **4.3.2. GRUPO MITU (PsT-mi).**

En la zona de estudio ocurre solamente la parte clástica de este grupo, esta unidad aflora en la cabecera de la microcuenca Huayrachapi – Miskiunu, entre las partes más altas y vertientes de los cerros Don Juan y Jataray, según Marocco R. (1978), se distingue regionalmente dos facies, una sedimentaria y otra volcánica, así se pudo identificar conglomerados y areniscas de color rojizo a violáceo, la dirección de la estratificación es de rumbo andino NW-SE generalmente y en excepciones N-S.

El conglomerado identificado se da hacia la base del Gpo. Mitu (brechoso, volcanosedimentario) presentando numerosos fragmentos calcáreos gris azulados a rojizos de forma subangular a sub redondeada, provenientes de la erosión del Copacabana, existiendo también fragmentos de granitos hercínicos o más antiguos, además de fragmentos volcánicos andesíticos, todo ellos envueltos en una matriz fina arcósica de color rojizo violáceo. estos estratos son de espesores variables los cuales alcanzan de 2 a 5 m. y contienen intercalaciones lenticulares de arcosas rojas con ligera estratificación sesgada.

También se encontraron identificaron capas de areniscas en menor proporción las cuales se caracterizan por ser de color pardo rojizas o color chocolate, de grano grueso a medio, bien compactas, algunas con cemento calcáreo, se presentan en estratos de 10 a 15 cm. con estratificación tabular o algo laminar y sesgada en pequeña escala. Es notoria la presencia de estructuras tipo canales y biselamientos que corresponden a depósitos de ambientes de abanicos de deyección. Las limolitas son rojas a rojo ladrillo, generalmente

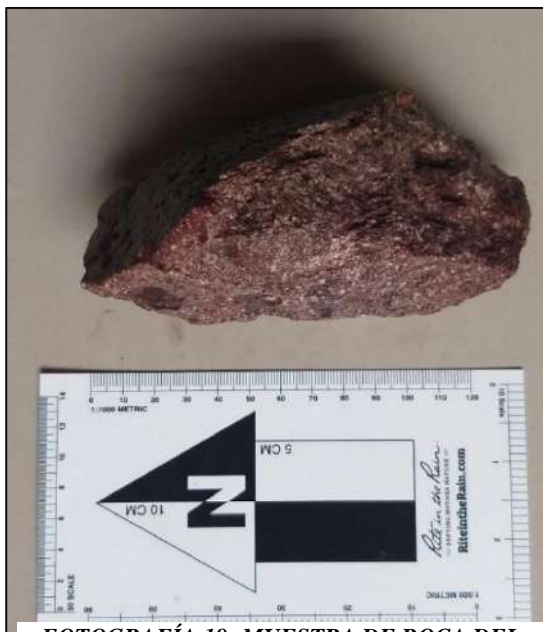
laminares y delezables. El ambiente de sedimentación es continental relacionado al desarrollo de abanicos de pie de monte y acumulaciones lagunares.

Entonces se infiere de acuerdo a las características lito estratigráficas y que según lo expuesto por Gregory (1916), Kalafatovich (1967), Gabelman (1964), Mendivil (1978) y Carlotto V. et. al. (1988) quienes efectuaron las divisiones del Grupo. Mitu separándolas en 2 formaciones, en la zona de estudio aflora la Formación Pisac.

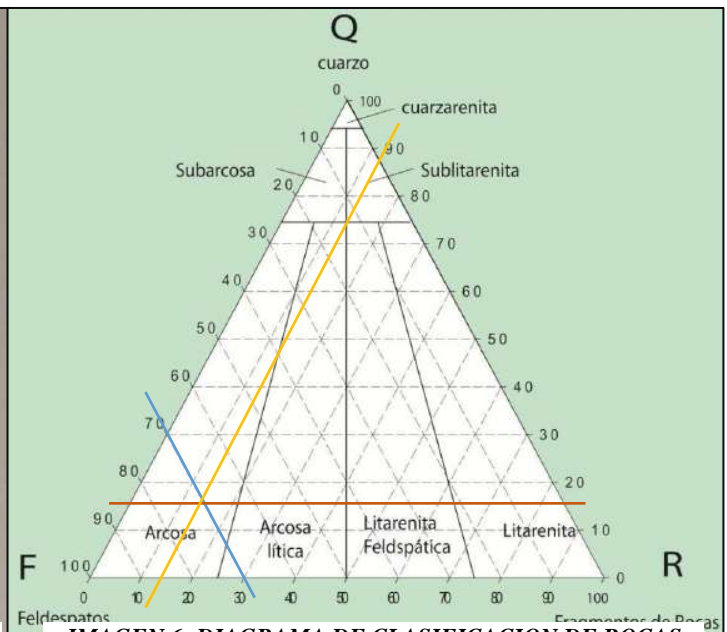
**TABLA 22: DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N°02**

DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N° 02	
<b>Grupo o Formación Geológica:</b>	Grupo Mitu
<b>Coordenadas UTM:</b>	E:229038 N:8450839 Z:3726
<b>Textura</b>	Granular
<b>Color:</b>	Marrón rojizo
<b>Composición mineralógica:</b>	Minerales principales:
	• Feldespatos (70%)
	• Cuarzo (15%)
	• Litoclastos (10%)
<b>Tamaño de clasto <math>\Phi</math> (mm):</b>	Minerales accesorios:
	• Otros (5%)
<b>Matriz:</b>	Feldespática
<b>Nombre de la roca:</b>	Arcosa
<b>Observaciones:</b>	Arenisca compacta, de alta dureza, no presenta ninguna alteración de sus componentes.

FUENTE: PROPIA



**FOTOGRAFÍA 18: MUESTRA DE ROCA DEL GRUPO MITU.**



**IMAGEN 6: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS SEDIMENTARIAS SEGÚN FOLK 1974.**





**FOTOGRAFÍA 19: VISTA PANORÁMICA DEL GRUPO MITU EL CUAL AFLORA EN EL CERRO DON JUAN (MICROCUECNA HUAYRACHAPI – MISKIUNU).**



**FOTOGRAFÍA 20: SE OBSERVA AFLORAMIENTO DE CONGLOMERADOS (GPO. MITU) CON DEPOSITOS CUATERNARIO ALUVIALES**

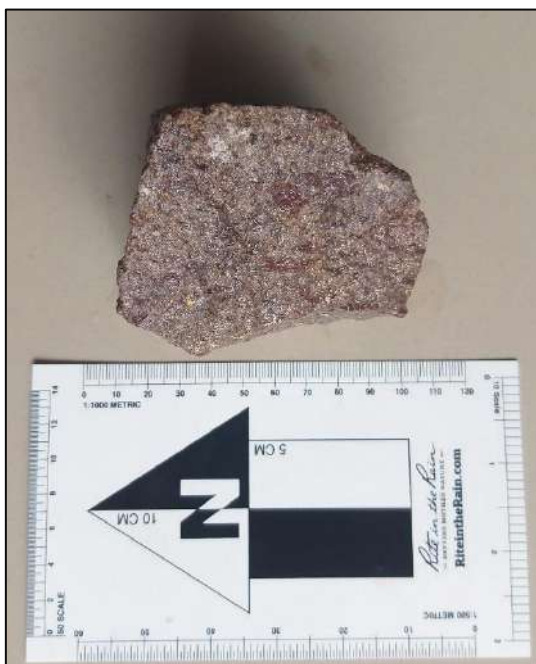
#### **4.3.3. FORMACIÓN MURCO (Ki-mu).**

Esta unidad aflora al Noreste de la microcuenca Santo Domingo-Acopia. Litológicamente esta formación está constituida areniscas blanquecinas a rojizas con limo-areniscas y limo arcillitas, presentes en bancos gruesos y masivos, intercaladas o no con lutitas o limolitas rojas en estratos delgados, forman bancos de 1 a 4 m, con estratificación cruzada desde la escala del centímetro hasta el metro o decenas de metros.

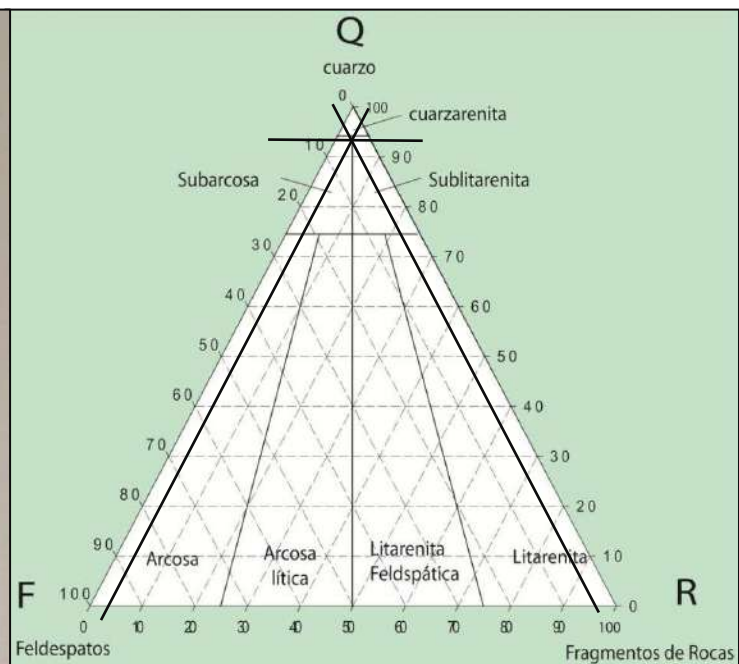
**TABLA 23: DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N°03**

DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N° 03	
<b>Grupo o Formación Geológica:</b>	Formación Murco
<b>Coordenadas UTM:</b>	E:232425 N:8442265 Z:3991
<b>Textura</b>	Granular
<b>Color:</b>	Marrón rosáceo
<b>Composición mineralógica:</b>	Minerales principales:
	• Feldespatos (5%)
	• Cuarzo (85%)
	• Litoclastos (5%)
<b>Minerales accesorios:</b>	• Otros (5%)
<b>Tamaño de clasto <math>\Phi</math> (mm):</b>	2 - 3 mm
<b>Matriz:</b>	Feldespática
<b>Nombre de la roca:</b>	Arenisca cuarzosa
<b>Observaciones:</b>	Roca compacta de grano fino a medio con presencia de nódulos de arcillas, óxidos de hierro como alteración de la matriz producto del intemperismo.

FUENTE: PROPIA



**FOTOGRAFÍA 21: MUESTRA DE ROCA DE LA FORMACION MURCO.**



**IMAGEN 7: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS SEDIMENTARIAS SEGÚN FOLK 1974.**



**FOTOGRAFÍA 22: AFLORAMIENTO DE ARENISCAS CUARZOSAS DE LA FORMACION MURCO.**

#### **4.3.4. FORMACIÓN ARCURQUINA (Kis - ar).**

Esta formación aflora ampliamente en la zona de estudio con mayor predominancia hacia el NE - E de la microcuenca Santo Domingo – Acopia, existiendo otro pequeño afloramiento cerca de la laguna Yanacocha y hacia el Oeste de la laguna de Pomacanchi en la zona media de la microcuenca. Huayrachapi – Misikiunu.

Litológicamente se caracteriza por una asociación de calizas grises de tipo boundstone, a veces con laminaciones y de matriz fina cristalina, presentando venillas de calcita entrecruzadas, asimismo la estratificación es variable pudiendo ser observadas en algunas zonas. Además, se aprecian dolomías y margas gris claras, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de lutitas y limolitas.

Estas calizas se observan mayormente como roca fresca, un claro ejemplo se da al Este de la microcuenca Santo Domingo-Acopia, en donde se pone en contacto con rocas sedimentarias de la formación Anta y Murco, en ciertos lugares esta unidad es cortada por rocas intrusivas del Batolito de Abancay, razón por la cual las calizas se encuentran recrystalizadas.

Esta secuencia de estratos el área de estudio presenta plegamientos no tan notorios hacia la margen derecha del río Santo Domingo en la Microcuenca del mismo nombre, posiblemente dichas deformaciones son producto de un tectonismo compresivo, registrado a nivel regional según (Carlotto et al., 2009).

Hacia la zona NW de la microcuenca Santo Domingo-Acopia existe un camino de herradura que va hacia la laguna Yanacocha, este camino es colindante con las pircas de



los terrenos de cultivo de lugareños de la zona, en donde se observa un pequeño afloramiento de calizas difícil de distinguir debido a la acción erosiva actual, se puede apreciar material cuaternario con fragmentos de magnetita masiva y calcita de hasta 1.5 cm de diámetro aproximadamente, de donde se infiere que hubo un evento débil de metamorfismo de contacto ya que el ambiente de ese entonces posiblemente no cumplía con las condiciones de Presión y Temperatura, motivos por los cuales no se generó un metasomatismo para generar un posible yacimiento de skarn económico, o también se puede inferir que la zona de estudio sufrió varios procesos de meteorización y erosión, motivo por el cual el cuerpo mineralizado estuvo exhumado y no se preservó.

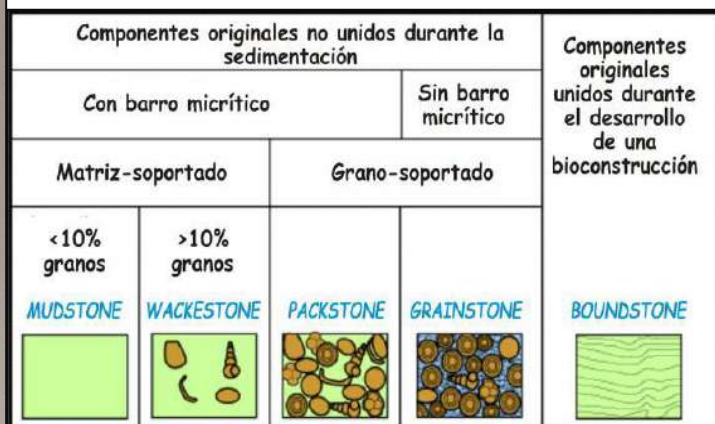
**TABLA 24: DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N°04**

DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N° 04	
<b>Grupo o Formación Geológica:</b>	Formación Arcurquina
<b>Coordenadas UTM:</b>	E:231518 N:8441090 Z:3892
<b>Textura</b>	Cristalina
<b>Color:</b>	Gris
<b>Composición mineralógica:</b>	El principal mineral es la calcita emplazada en la matriz y en venillas con un espesor promedio de 5mm.
<b>Matriz:</b>	Calcárea
<b>Nombre de la roca:</b>	Caliza Boundstone
<b>Observaciones:</b>	Presenta óxidos de hierro en pequeñas cantidades demostrándose la circulación de aguas por esta formación.

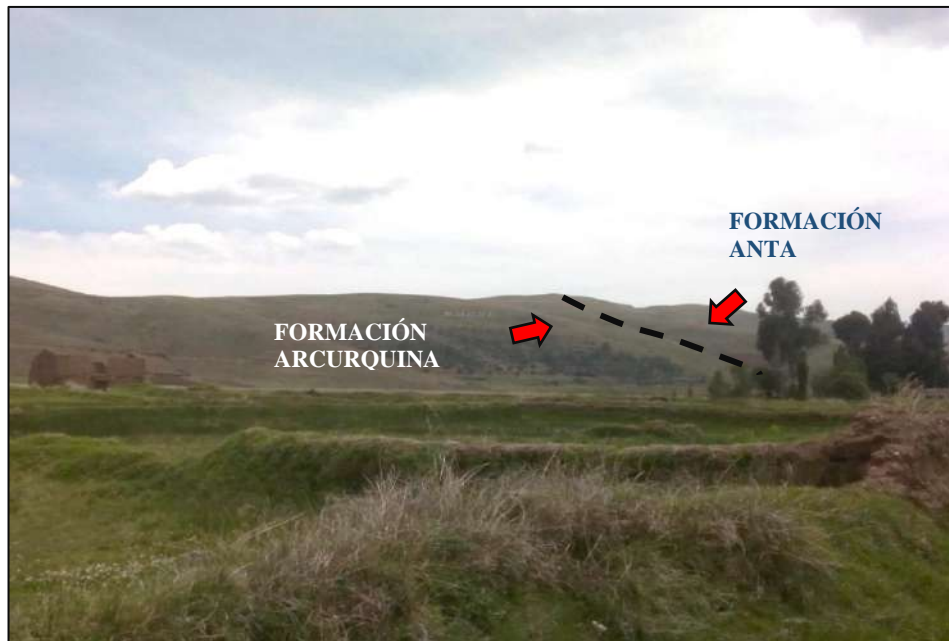
FUENTE: PROPIA



**FOTOGRAFÍA 23: MUESTRA DE ROCA DE LA FORMACION ARCURQUINA.**



**IMAGEN 8: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS CALIZAS SEGÚN DUNHAM.**



*FOTOGRAFÍA 24: VISTA PANORÁMICA DE LAS CALIZAS DE LA FORMACIÓN ARCURQUINA EN CONTACTO CON LA FORMACIÓN ANTA, VISTA HACIA EL SE.*



*FOTOGRAFÍA 25: AFLORAMIENTO DE CALIZAS DE LA FORMACIÓN ARCURQUINA DE COLOR GRIS, CON VESTIGIOS DE ESTRUCTURAS POR DISOLUCIÓN.*

#### **4.3.5. FORMACIÓN ANTA (Peo-an).**

Esta formación está ampliamente expuesta en la zona alta y media de la Microcuenca Santo Domingo – Acopia, presenta una dirección de sus capas generalmente de NW-SE rumbo andino, litológicamente se ha reconocido arcillitas de colores variados, con estratificación laminar y conforman capas delgadas que alternan con las limolitas y/o areniscas.

Las limolitas y areniscas feldespáticas son rojizas con una estratificación variada, mayormente bien marcadas en capas medianas y a veces mal estratificadas, formando secuencias gruesas entre los que se intercalan con conglomerados que contienen clastos volcánicos (Grupo Tacaza?), de calizas y cuarcitas; y además algunos niveles de brechas y derrames volcánicos.

Esta unidad parece haberse depositado en un ambiente algo estable, durante el cual se iban produciendo las emisiones volcánicas, pero sin interrumpir el proceso sedimentario sin causar variantes en sus mecanismos hasta que se intensificaron los movimientos tectónicos que dieron lugar a plegamientos observados en el área de estudio.

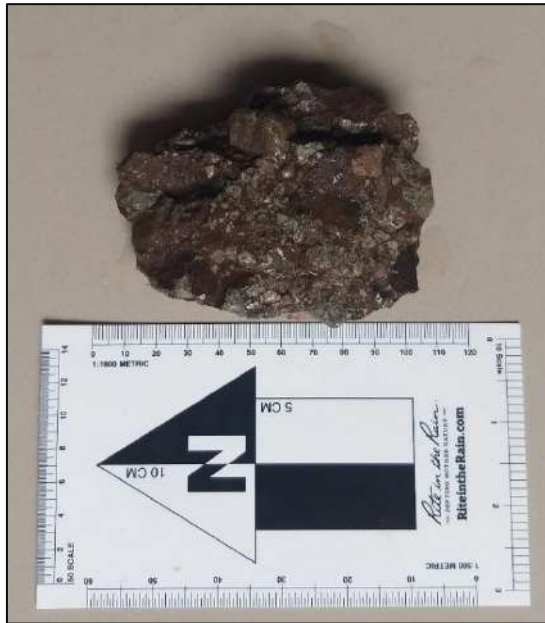
Según lo mencionado y descrita anteriormente se relaciona con el Miembro I de la formación Anta, la estratificación presenta una dirección NW – SE con un buzamiento de las capas hacia el SW, además es importante mencionar que tomando en cuenta la litología, posición y secuencia estratigráfica, esta formación se relacionaría con la formación Yanacocha del Grupo Puno y además según (Carlotto, 1998), esta unidad esta correlacionada a la Formación Soncco de las capas rojas del Grupo San Jerónimo.

**TABLA 25: DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N°05**

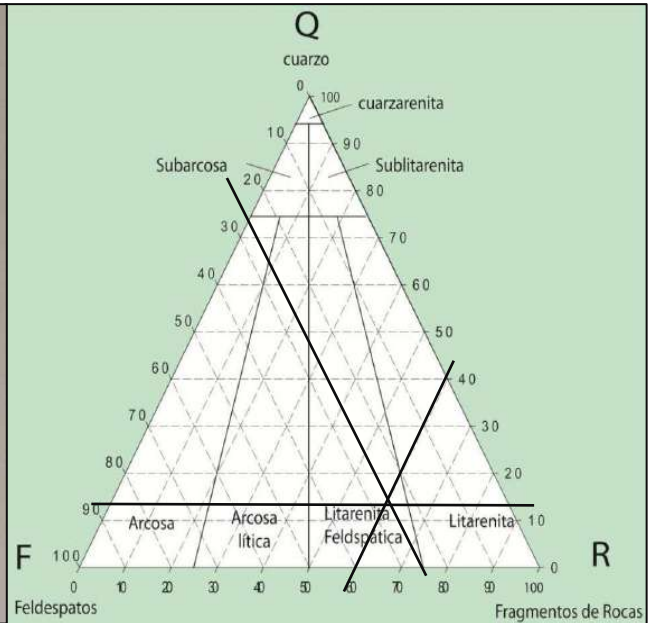
<b>DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N° 05</b>	
<b>Grupo o Formación Geológica:</b>	Formación Anta
<b>Coordenadas UTM:</b>	E:226473 N:8440498 Z:4107
<b>Textura</b>	Granular
<b>Color:</b>	Marrón rojizo
<b>Composición mineralógica:</b>	Minerales principales:
	• Feldespatos (25%)
	• Cuarzo (10%)
	• Litoclastos (60%)
<b>Tamaño de clasto <math>\Phi</math> (mm):</b>	Minerales accesorios:
	• Otros (5%)
<b>Matriz:</b>	Feldespática
<b>Nombre de la roca:</b>	Lito arenita Feldespática (Conglomerado)
<b>Observaciones:</b>	Roca compacta de grano medio a grueso, clastos de intrusivo, areniscas y calizas, con presencia de óxidos de hierro como alteración de la matriz producto de la circulación de aguas.

FUENTE: PROPIA





**FOTOGRAFÍA 26: MUESTRA DE ROCA DE LA FORMACION ANTA.**



**IMAGEN 9: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS SEDIMENTARIAS SEGÚN FOLK 1974.**



**FOTOGRAFÍA 27: VISTA PANORÁMICA DE AFLORAMIENTO ROCOSO DE LA FORMACIÓN ANTA, EXPUESTO HACIA EL SUR DE LA C.C. DE HUARASAYCO.**



*FOTOGRAFÍA 28: AFLORAMIENTO DE CONGLOMERADOS Y ARENISCAS DE LA FORMACIÓN ANTA, HACIA EL NW DE LA C.C. SANTO DOMINGO.*

#### **4.3.6. ROCAS IGNEAS.**

Las rocas plutónicas de la zona de estudio constituyen el Batolito de Apurímac extendida en gran parte en el sur peruano y están representados principalmente por cuerpos de diorita, cuarzo diorita y monzonita, que datan del Cretácico Superior - Paleógeno, es así que se pueden apreciar afloramientos de pulsaciones intrusivas en los alrededores de la microcuenca Santo Domingo - Acopia y Microcuenca Huayrachapi – Miskiuno, en dirección NW-SE extendiéndose entre las lagunas de Pomacanchi, Acopia y Asnacocha.

##### **4.3.6.1. INTRUSIVO DIORITICO (P/di).**

Con respecto a la zona de estudio forma parte del Plutón de Pomacanchi y es un cuerpo intrusivo perteneciente a la fase del batolito Andahuaylas – Yauri. Esta intrusión de carácter peri - plutónica se encuentran cortando a la Formación Arcurquina, formación Anta y Grupo Mitu

Se ubica en los alrededores de la laguna de Pomacanchi y Acopia, hacia el NW de la comunidad de Santo Domingo (Microcuenca Santo Domingo - Acopia) y hacia el N del centro poblado de Acopia (Microcuenca. Huayrachapi - Miskiunu), se presenta como una roca fanerítica de grano medio a fino, las plagioclasas finas pueden confundirse con la matriz por estar sobreimpuestas unas con otras, su coloración es gris verdoso, textura equigranular con cristales de plagioclasas ( $An < 50$ ) > a feldespatos (Fld-k), forma de las plagioclasas (Plg) son subhedrales a anhedrales, pequeños ojos de cuarzo (Qz) que no superan el 5%, además se puede apreciar biotitas (bt) medias a finas 10 % y hornblendas (Hn) 15%; además se evidencia moderada alteración de los minerales maficos a cloritas

y epidotas, aunque en algunas partes se evidencia oxidos de hierro (ox-fe) producto de la intemperismo o alteración supergenea o paso de agua subterránea. Estos afloramientos dioríticos cubren aproximadamente el 24% del área total de estudio.

Según (Bonhomme et al., 1985; Carlier et al., 1996) los plutones de Pomacanchi y Acopia, son infrayacentes a la Formación Anta y han sido datadas en 42 Ma. Se ha encontrado fragmentos provenientes de estos intrusivos en forma de clastos dentro del conglomerado de la formación Anta y por tanto, se les relaciona con la tectónica tardi-cretácea).

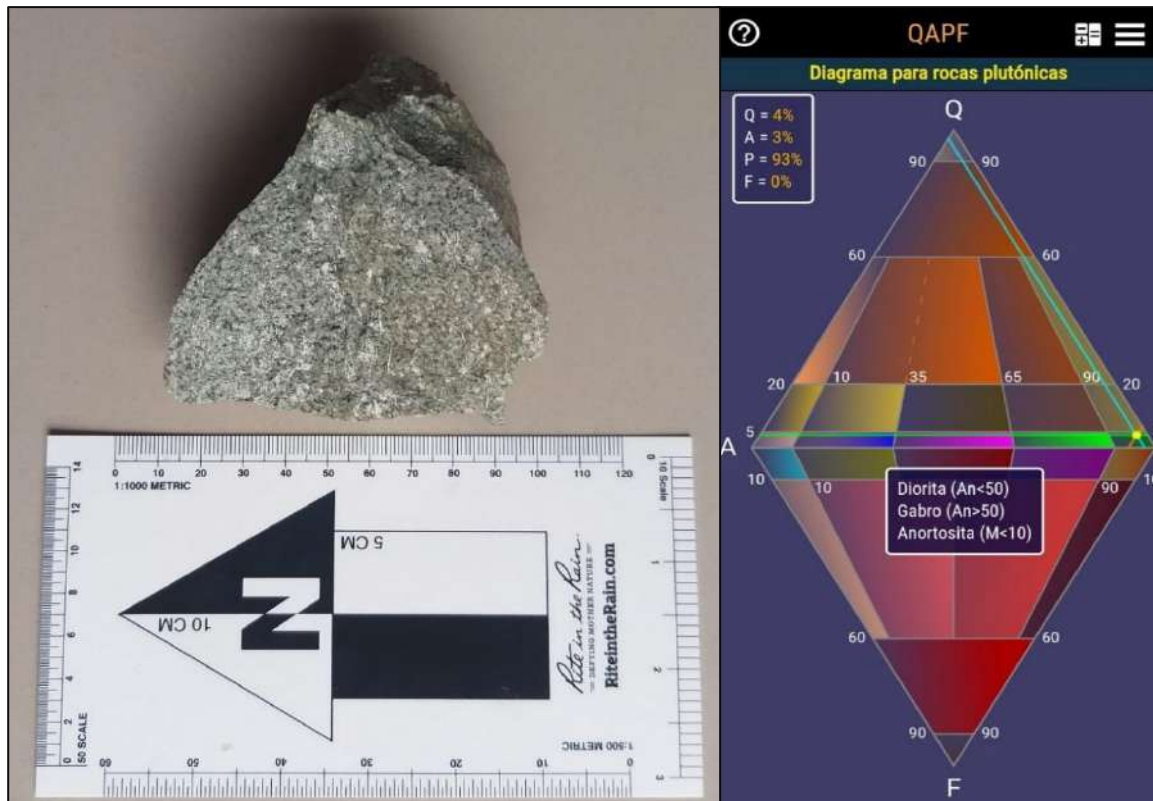
La composición mineralógica macroscópica se realizó a través de una apreciación visual utilizando la tabla QAFP de Streckisen, compuesta y clasificada de la siguiente manera.

**TABLA 26: DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N°06**

<b>DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N° 06</b>				
<b>Grupo o Formación Geológica:</b>		Intrusivo		
<b>Coordenadas UTM:</b>		E:228467 N:8443460 Z:4127		
<b>Textura:</b>		Fanerítica - Equigranular		
<b>Color:</b>		Gris verdoso		
<b>Composición mineralógica:</b>	<b>Minerales principales:</b>	<b>Contenido de muestra en %</b>	<b>Factor de multiplicación</b>	<b>Contenido en % de los tres componentes principales</b>
	<b>Plg</b>	<b>75</b>	80	94
	<b>Qz</b>	<b>3</b>	100	4
	<b>Fl</b>	<b>2</b>	<b>1.25</b>	3
	<b>Bt</b>	<b>5</b>	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>
	<b>Hn</b>	<b>15</b>		
	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>		
<b>Matriz:</b>		no presenta		
<b>Tamaño de grano <math>\Phi</math> (mm):</b>		1 mm		
<b>Nombre de la roca:</b>		Diorita		

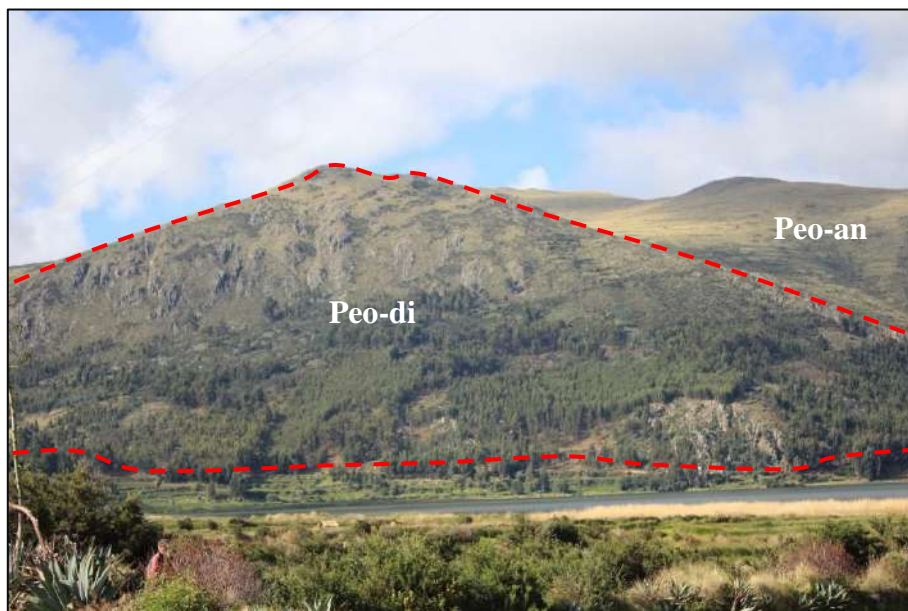
FUENTE: PROPIA.





**FOTOGRAFÍA 29: MUESTRA DE ROCA INTRUSIVO DIORITICO**

**IMAGEN 10: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS SEGÚN STRECKISEN.**



**FOTOGRAFÍA 30: VISTA PANORAMICA DE AFLORAMIENTO DEL INSTRUSIVO DIORITICO DEL PLUTON DE POMACANCHI.**



#### 4.3.6.2. CUARZODIORITA (P-czd).

Hacia el Este de la zona de estudio en Mosollacta entre las lagunas Asnacochoa y Pampamarca se hace presente otro tipo de intrusión tipo cuarzo diorítico atravesando el Gpo Mitu y la formación Murco, este cuerpo intrusivo tiene la semejanza de la Diorita, lo único que los diferencia es la cantidad de cuarzo.

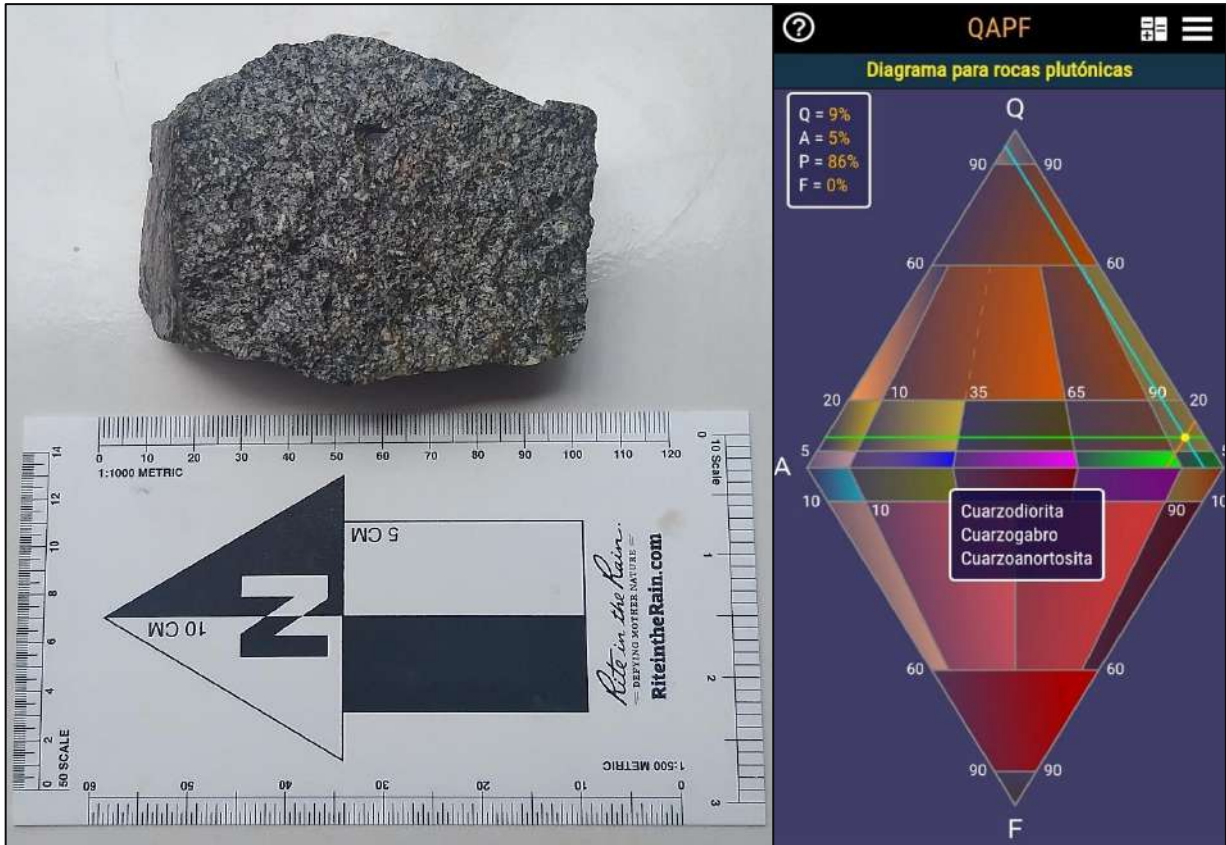
El intrusivo presenta una textura afanítica y porfírica con fenocristales de plagioclasas euhedrales a subhedrales, matriz fina de color gris oscuro, las plagioclasas (An<50) > feldspatos (Fid-k), presencia de ojos de cuarzo (Qz) aproximadamente 5%, presencia de minerales máficos como hornblendas (Hn) 30% y biotita (bt) 12%, alteración de plagioclasas a arcillas, biotitas oxidándose y leve alteración de Hornblendas a cloritas.

La composición mineralógica macroscópica se realizó a través de una apreciación visual utilizando la tabla QAFP de Streckisen, compuesta y clasificada de la siguiente manera.

TABLA 27: DESCRIPCIÓN PETROLOGICA MUESTRA N°07

DESCRIPCION PETROLOGICA MUESTRA N° 07				
<b>Grupo o Formación Geológica:</b>		Intrusivo		
<b>Coordenadas UTM:</b>		E:233465 N:8440296 Z:3918		
<b>Textura:</b>		Fanerítica - Porfírica		
<b>Color:</b>		Gris oscuro		
<b>Composición mineralógica:</b>	<b>Minerales principales:</b>	<b>Contenido de muestra en %</b>	<b>Factor de multiplicación</b>	<b>Contenido en % de los tres componentes principales</b>
	Plg	50	58	86
	Qz	5	100	9
	Fl	3	1.72	5
	Bt	12	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>
	Hn	30		
	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>		
<b>Matriz:</b>		fina		
<b>Tamaño de grano <math>\Phi</math> (mm):</b>		1 - 2 mm		
<b>Nombre de la roca:</b>		Cuarzo diorita		

FUENTE: PROPIA



**FOTOGRAFÍA 31: MUESTRA DE ROCA INTRUSIVO CUARZO DIRITICO**

**IMAGEN 11: DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS SEGÚN STRECKISEN.**

### 4.3.7. DEPÓSITOS CUATERNARIO.

#### 4.3.7.1. DEPÓSITOS TRAVERTINOS (Qh-tr).

Este tipo de depósito se aprecia en los alrededores de la laguna de Acopia, hacia la entrada al centro poblado de Acopia (Microcuenca. Huayrachapi - Miskiunu).

Son de color blanco amarillento presentando laminaciones horizontales producto de la precipitación de carbonatos, así mismo tiene un aspecto concrecional y en bandas

Con respecto a la zona de estudio se puede indicar que el origen de los travertinos está asociado a la precipitación del carbonato cálcico provenientes de las calizas de la Formación Arcurquina y que se encuentran disueltos en las aguas subterráneas, por ende, se diría que está asociada a la circulación de aguas subterráneas, otra hipótesis indicaría que estos depósitos se originaron como precipitación de carbonato cálcico, producto de épocas más lluviosas del Cuaternario.



**FOTOGRAFÍA 32 CAPAS DE DEPOSITOS TRAVERTINOS ALREDEDOR DEL C.P. DE ACOPIA**

#### **4.3.7.2. DEPÓSITOS LACUSTRES (Qh - la).**

En la zona de estudio este tipo de depósitos se han acumulado hacia las orillas de la Laguna de Acopia y zona de aforo de la microcuenca Santo Domingo Acopia, asimismo hacia los alrededores de la Laguna Pomacanchi (microcuenca. Huayrachapi – Miskiunu) donde se aprecian con mayor extensión.

Litológicamente son sedimentos de grano fino están constituidos por limos rojizos y calcáreos de color beige e intercalaciones de arcillas; hacia la Laguna de Acopia se aprecia ligeras zonas pantanosas indicando un contenido de materia orgánica.

Los depósitos lacustres conforman pampas que se originaron como consecuencia de lagunas mucho más extensas y antiguas, que serían las antecesoras de las actuales permanentes y aún temporales, cuyas cubetas al irse rellenando fueron reduciéndose dando lugar a llanuras lacustres.



**FOTOGRAFÍA 33: DEPOSITOS LACUSTES A ORILLAS DE LA LAGUNA DE POMACANCHI.**

#### 4.3.7.3. DEPÓSITOS ALUVIALES (Qh - al).

Se encuentran preferencialmente en los lugares más o menos planos (peneplanicies o pampas) circunscritas por lomadas o cadenas de montañas y en las partes correspondientes al fondo de los valles o ampliaciones debido a su conjunción, dando lugar a las llanuras o terrazas aluviales.

Están constituidos por bloques, gravas, arenas, limos y arcillas de composición heterogénea, fragmentos sub redondeados a sub angulosos y con una estratificación que varía desde difusa, donde destaca la lenticularidad y en algunos casos la estratificación.

La mejor exposición de estos depósitos puede apreciarse en fondos de valle de las comunidades campesinas de Huarsayco y Santo Domingo (microcuenca Santo Domingo - Acopia) y hacia la base del Cerro Don Juan y alrededores del centro poblado de Acopia (microcuenca. Huayrachapi – Miskiunu).

Esta acumulación aluvial rellenó al menos, parcialmente todos los valles de la zona de estudio, al final de la época glaciaria y continuó tiempo después, por lo dicho, estos depósitos se han acumulado en diferentes épocas desde el inicio de la época reciente, tal vez incluya algo de las postrimerías del Pleistoceno hasta los tiempos actuales.



FOTOGRAFÍA 34: PERFIL DE DEPOSITOS ALUVIALES.

#### 4.3.7.4. DEPÓSITOS FLUVIALES (Qh - fl).

Los depósitos fluviales se hallan restringidos al fondo de los valles, por el curso de los ríos Millera, Santo Domingo, Huanucunca (microcuenca Santo Domingo - Acopia), y flujos que agua que circulan por las vertientes de los cerros contiguos a la zona de estudio, están compuestos principalmente de conglomerados, gravas y arenas no muy bien estratificadas con limos y arcillas lenticulares, la forma de sus fragmentos va de sub



redondeado a redondeado debido al transporte que sufren. Su grosor es muy variable y la naturaleza de sus elementos muy heterogénea.



*FOTOGRAFÍA 35: DEPOSITOS FLUVIALES DEL RIO HUARASAYCO.*

#### **4.3.7.5. DEPÓSITOS COLUVIALES (Qh - co).**

Los depósitos coluviales están circunscritos al pie de las laderas y especialmente de las más escarpadas, con una amplitud muy reducida que denota un alejamiento escaso de su roca madre, y un grosor pequeño, salvo algunos casos muy especiales debido a condiciones locales particulares.

El mejor ejemplo se halla hacia las vertientes del Cerro Jataray (microcuenca Huayrachapi–Msikunu), son producto de la erosión generando pequeños deslizamientos de origen gravitacional, y la cual es corroborada por la naturaleza de sus elementos por presentar fragmentos sub angulosos a angulosos del Grupo Mitu.

## **CAPITULO V: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

### **5.1. GENERALIDADES**

El propósito fundamental de la geología estructural en la prospección de agua subterránea de zonas con materiales permeables, es la determinación de las estructuras geológicas, tales como el análisis de fallas que pudieran significar barreras hidrogeológicas asimismo los efectos tectónicos para efectuar sondeos de reconocimiento y posible captación.

Para el desarrollo de este capítulo se hará una breve descripción de la Tectónica Regional que predomina en la zona de estudio y posteriormente un análisis de la Tectónica Local, producto de la toma de datos en campo como rumbos, buzamientos de las diferentes litologías existentes en la zona de estudio, así como de estructuras geomecánicas tales como fallas, diaclasas, familia de juntas, etc.; y posterior procesamiento en gabinete con el software Dips 6.0.

### **5.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL.**

Estudia las estructuras geológicas producidas por deformación de la corteza terrestre, las que las rocas adquieren después de haberse formado, así como los procesos que las originan

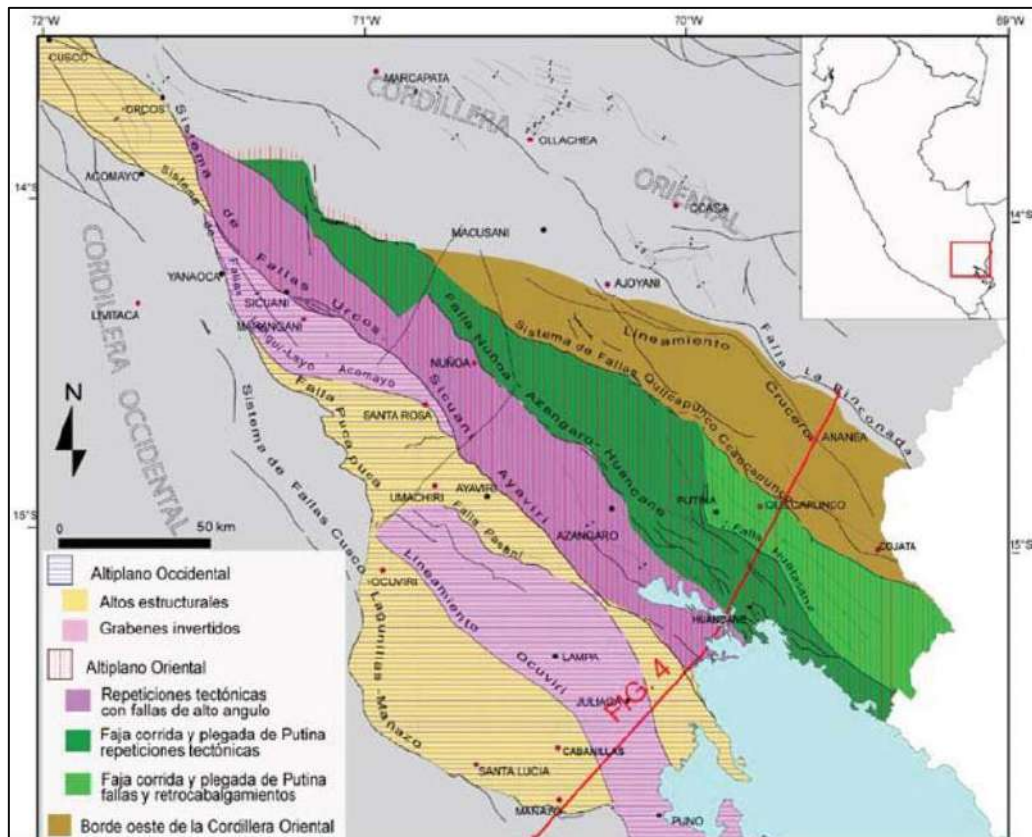
Para una mayor percepción y buen entendimiento acerca de la geología estructural y sus consecuencias sobre el área de investigación, entonces se menciona como la zona de estudio está estrechamente relacionada con el dominio tectónico del Altiplano Occidental y los diferentes ciclos tectónicos que han influenciado y han modelado la fisonomía en la tectónica regional predominante.

#### **5.2.1. DOMINIO DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL.**

El Dominio del Altiplano Occidental corresponde al antiguo alto Mesozoico Cusco – Puno, está limitado al oeste y sureste por el sistema de fallas Cusco Lagunillas-Mañazo, la Falla Puca Puca y el sistema de fallas Langui-Layo-Acomayo; estas fallas regionales se caracterizan por presentar una dirección NW-SE con cambios o variaciones de direcciones que van de E-W y buzán al SW. Al noreste está limitado por el sistema de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri, que es el principal sistema de fallas del Altiplano, ya que lo divide en Altiplano Occidental y Altiplano Oriental. Este sistema de fallas, corresponde a fallas profundas que dividen dos tipos de mantos determinado geoquímicamente como:

manto lherzolitico hacia el oeste y manto hartzburgitico hacia el este (Carlier et al., 2005).<sup>1</sup>

**IMAGEN 12: DOMINIOS Y ESTILOS ESTRUCTURALES EN EL ALTIPLANO**



FUENTE: DOMINIOS Y ESTILOS ESTRUCTURALES EN EL ALTIPLANO Y BORDE OESTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL DEL SUR DEL PERÚ - *Bol. Soc. Geol. Perú*, pub. esp. N° 9 (2010).0

Los lugares donde se encuentran preservados los grupos Ambo y/o Tarma-Copacabana, sugieren que durante el Pérmico-Cretácico han existido grábenes o zonas subsidentes.

Mientras que, en las estructuras de Ayaviri, Cabanillas y probablemente la de Cusco, sobre el Paleozoico inferior, se encuentran directamente las secuencias del Cretácico medio al Terciario, en donde se encontraban horts o altos estructurales.

Entonces, durante el Pérmico al Cretácico el Altiplano Occidental estuvo conformado por grábenes y horts controlados por fallas normales. Luego, desde el

<sup>1</sup>*Hartzburgita*. - Roca ígnea ultrabásica compuesta de olivino y ortopiroxeno.

*Lerzolitita*. - Roca ígnea plutónica, ultrabásica, de color verde amarillento, contiene como minerales esenciales olivino y piroxenos, como accesorios hornblenda y piropo.



Cretácico superior, estas fallas se invirtieron y sobre los horts se originaron cuencas continentales terciarias.

Por otro lado, los sistemas de fallas Urcos-Sicuaní-Ayaviri, Langui-Layo-Acomayo y Cusco Lagunillas-Mañazo, tenían un comportamiento inverso y de rumbo, controlando así el relleno sedimentario de las cuencas sinorogénica de capas rojas (Eoceno – Mioceno) (Carlotto et al., 2010).

Entonces basándonos en este patrón de eventos, se infiere que en la zona de estudio entre el pérmico inferior y el cretácico inferior existieron paleocuenas controlada por grabens y horst correspondientes a una tectónica distensiva, posteriormente desde el cretáceo superior el tectonismo se invierte de normal a inverso (Fase tectónica Peruana-Fase tectónica Inca) originándose cuenca terciarias continentales donde se dio una sedimentación continua, en donde la Formación Anta (Eoceno) se depositó sobre estas cuencas en donde presumiblemente también se dieron las intrusiones dioríticas a cuarzomonzónicas al mismo tiempo que se daba la orogénesis andina.

Atendiendo al grado de intensidad de deformación que presentan las unidades litológicas como consecuencia de los eventos tectónicos ocurridos, el dominio Altiplano Occidental se divide en tres zonas estructurales con características propias en cada caso y son las siguientes: Zona no deformada, Zona del Batolito de Apurímac y Zona afectada por la Orogénesis Andina.

#### **5.2.1.1. ZONA NO DEFORMADA.**

Los productos volcánicos post-orogénicos (Grupo Barroso) conservan su estratificación horizontal o están levemente inclinados formando aparatos volcánicos. También se observan levemente ondulados como consecuencia de los efectos que produjeron el levantamiento general de la Cordillera Andina (Plio-Cuaternario)

Con respecto a esta zona estructural no se evidencia o no existe correlación con respecto a la zona de estudio.

#### **5.2.1.2. ZONA DEL BATOLITO DE APURÍMAC.**

Las diferentes rocas plutónicas del Batolito de Apurímac extendidas a lo largo de sur y sur este del Perú, presenta manifestaciones que intruyen y metamorfizan a las formaciones mesozoicas y del Terciario inferior, previamente deformadas por eventos tectónicos; mientras que las hipabisales afectan a las formaciones del Terciario superior

(Oligomiocenas) y se consideran como las últimas pulsaciones del magmatismo y asociadas con la mineralización de la región.

Las rocas intrusivas aparte del intenso diaclasamiento y fallamiento, no presentan otros indicios notables de deformación. El rumbo general predominante observado de las fallas es NW-SE.

### **5.2.1.3. ZONA AFECTADA POR LA OROGÉNESIS ANDINA.**

Los principales rasgos estructurales, son el resultado de los efectos de las dos últimas fases más intensas de la Orogenia Andina, que en más de un 80% del área deformada siguen los lineamientos generales del modelo estructural de la Cordillera de los Andes, es decir una dirección NW-SE. El resto de las estructuras no siguen este patrón, más bien tienen direcciones de tendencia E-O y NNE-SSO y son considerablemente de menor magnitud que las anteriores. De aquí que para facilitar la descripción de las estructuras se han dividido en:

#### **A) ESTRUCTURAS DE PATRÓN ANDINO.**

El estilo predominante del plegamiento lo constituye una serie de grandes anticlinales y sinclinales asimétricos. En la mayoría de los casos, los pliegues están recostados hacia el N y NE y en menor número hacia el SO.

Muchas de las fallas, especialmente las más extensas, no sólo han tenido un tipo de juego, sino que a lo largo de su historia han actuado con dos o más movimientos.

#### **B) ESTRUCTURAS ANTIANDINAS.**

La variación de la orientación se debe principalmente a que estas estructuras se han ajustado al modelo tectónico herciniano, que actuó como un núcleo rígido orientado aproximadamente E-W (como es el caso de la deflexión de Abancay).

Por otro lado, también se considera los efectos de torsión producidos por las fallas de desplazamiento horizontal o la acción producida por el emplazamiento de los grandes cuerpos plutónicos.

### **5.2.2. TECTÓNICA ANDINA.**

En el Perú en las rocas Paleozoicas se puede reconocer la Orogenia Caledonica en el Noreste y la orogenia Hercinica en la Cordillera Oriental con dos ciclos sedimentarios: uno en el Paleozoico inferior y otro en el Paleozoico superior, culminando cada uno de

ellos con una fase de deformación. Se reconoce así la Fase Eohercinica la primera de ellas (340 M.A.), como Fase Tardihercinica la segunda (280 M.A.) y como Fase Finihercinica la última (Bernard Dalmayrac, 1988).

En las rocas mesozoicas y cenozoicas se reconoce el ciclo andino (Steinman, 1929) comprendiendo en el varias etapas de sedimentación y varias fases de deformación, este ciclo aparentemente presento dos periodos, el primero se desarrolló durante el triásico medio hasta el cretácico superior, la cual estuvo marcada por un periodo de hundimiento, desarrollándose una sedimentación marina, continental o vulcano - sedimentaria, según las diferentes épocas (Fase Nevadiana?, Fase Titicaca?) y lugares.

El segundo periodo, estuvo marcada principalmente por un comportamiento compresivo, comprendiendo una sucesión de diferentes fases de deformación, dando como resultado la consolidación y la actual fisonomía de la cordillera de los andes. Este segundo periodo comprende tres "fases tectónicas" (Steinmann 1929), Fase peruana ocurrida en el cretácico superior, fase incaica en el Eoceno – Oligoceno, seguida por la fase Quechua en el Mioceno y otras en el Plioceno, y comienzos del Cuaternario.

#### **5.2.2.1. FASE TITICACA (Cretácico inferior?).**

Denominada así para diferenciarla de los movimientos Larámicos o Alpinos, con quienes solamente hay cierta coincidencia en tiempo y se diferencian notablemente en su génesis y procesos. El nombre, aparte de ser mundialmente conocido, representa con magnífico lugar de apreciación de esta fase que se caracteriza por ser netamente epirogénica, y con un proceso oscilante que en el área del Cuzco y Livitaca debió de empezar en el Cenomaniano. Estructuras caóticas de facies oriental de la Formación Arcurquina también parte del Moho, continuando en un proceso oscilante, pero marcando el final de la transgresión Albiana y el consiguiente retiro de los mares. Ello originó las condiciones para la sedimentación netamente continental del Grupo Chitapampa del Santoniano-Eopaleoceno. Con la acumulación de la Formación Pucuto, termina el proceso de esta fase y da paso a la tectónica peruana.

#### **5.2.2.2. FASE PERUANA (Cretácico Superior).**

Es un evento de deformación compresional, que afecta principalmente la Costa, cordillera Occidental y el Altiplano. Durante el periodo de compresión de esta fase se habrían producido áreas de debilidad por fracturas a nivel del frente andino como plegamientos regionales, fallamientos e intensos fracturamientos. Comenzando en la margen peruana en donde se tiene la presencia de sedimentos detríticos arcilloso

continentales, en esta época se inicia el proceso de levantamiento de la Faja Orogenica, con los primeros levantamientos y erosiones locales (Coniaciano basal), posteriormente se produjo el levantamiento de la zona costera, y aislamiento de la cuenca marina oeste-peruana (Coniaciano Superior - Santoniano basal) y finalmente se presentaron procesos Cabalgamientos y deformaciones en el Suroeste del Perú; generalizándose la sedimentación de capas Rojas en la parte este de la cuenca occidental (Campaniano Superior).

### **5.2.2.3. FASE INCAICA (Eoceno - Oligoceno).**

Esta fase es considerada como la fase más importante del ciclo andino asimismo la fase Inca se divide en 4 eventos (según Cáceres Benavides) los cuales se caracterizan de la siguiente forma:

Fase Inca I o crisis tectónica (59 - 55 Ma), se caracteriza por presentar intensos plegamientos (fajas de orientación NO-SE) y fallamiento (rumbo NE) en rocas sedimentarias del Cretácico generalizándose la sedimentación de capas Rojas en la parte este de la cuenca occidental, a la consecuencia de levantamientos importantes de la zona de aportes se tienen niveles conglomeradicos. Así la Fase inca II se inicia y coincide con un periodo de fuerte velocidad de convergencia lo cual correspondería a un evento de subducción plana (Carlotto et. al) es así de esta forma que se considera como la fase principal del acortamiento de los andes peruanos, esta fase se caracterizó por una deformación compresiva cuya máxima expresión se dio hacia los 43 - 42 Ma (Noble, et al- 1988-1989). y este evento es contemporáneo y a la vez está relacionado a la sedimentación de la Formación Anta y posterior intrusión del Pluton de Pomacanchi?.

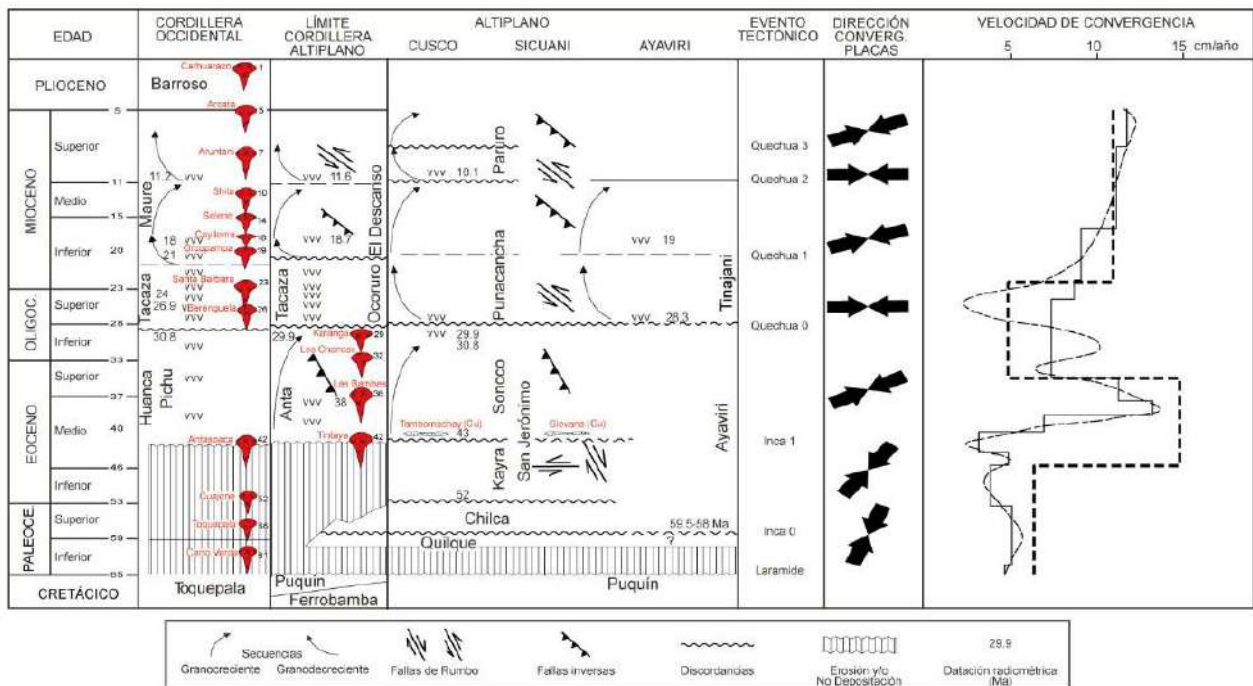
La fase Inca III (30-27 Ma) coincide con la disminución de la tasa de convergencia lo cual dio como resultado la disminución del vulcanismo y la Fase Inca IV (23 - 22 Ma) corresponde al reinicio de la convergencia de las placas en donde se produjo el aumento del magmatismo dando como resultado el emplazamiento de sistemas porfídicos en el norte del Perú.

### **5.2.2.4. FASE QUECHUA (Mioceno - Plioceno - Cuaternario).**

Corresponde a una aceleración de convergencia entre la placa Nazca y la placa Sudamericana, se caracteriza por ser una fase principalmente compresiva, produciendo grandes plegamientos y reactivación de fallas y se considera que en esta fase ocurrieron las ultimas pulsaciones del magmatismo.

Benavides - Cáceres subdivide la fase quechua en 4 eventos: El primer evento (Mioceno temprano) se describe en el Norte del Perú donde los volcánicos sub-horizontales del Mioceno Temprano están cubriendo a las rocas plegadas del Mesozoico y Cenozoico, el análisis estructural realizado sugiere que la dirección de acortamiento fue de E-W (Soulas, 1977). El segundo evento (Mioceno medio) también tiene el mismo comportamiento y sigue la dirección de acortamiento del primer evento. El tercer evento (Miocénica tardía) es el resultado de la deformación episódica que involucro a las tres fases de deformación quechua. El cuarto evento conocida como Fase Tectónica Pliocena es la responsable de la totalidad del levantamiento de los andes, el mayor levantamiento se ha producido en el Plio-cuaternario. Entonces durante la fase quechua se formó la superficie de erosión Puna, notorio en el flanco Oeste y Este de la cordillera Occidental; en las cordilleras mismas de la superficie desaparece bajo una gruesa cubierta de productos volcánicos Pliocuaternarios.

IMAGEN 13: CUADRO CRONOESTRATIGRAFICO DE EVENTOS TECTONICOS Y SU CINEMATICA DE PLACAS



FUENTE: DOMINIOS GEOTECTÓNICOS Y METALOGÉNESIS DEL PERÚ - Bol. Soc. Geol. Perú 103: 1-89 (2009).

### 5.2.3. ZONA DE SANGARARÁ – POMACANCHI.

Está conformado por una depresión que se prolonga hasta más allá de la laguna Langui Layo, con un alineamiento general en sentido NW - SE y en parte algo subparalelo al valle del Vilcanota. Constituye una depresión de tipo “graben”, producto de un

fallamiento escalonado con descenso del NE - SW. Las escarpas se hallan muy remocionadas y dentro de dicha cubeta se encuentra la unidad plutónica de Pomacanchi. La cubeta tiene límites sinuosos y por tanto su ancho es variable, apareciendo en el fondo del Grupo Moho y la Formación Arcurquina.

Dichas unidades litoestratigráficas, son las que le dan una particularidad estructural a esta zona por su estructura caótica. Dicho caso particular presenta un plegamiento de diferente tamaño, totalmente disarmónico, mostrando lugares muy complicados o sin relación alguna, constituyendo un amontonamiento de pliegues fragmentados con sus ejes retorcidos o tan sólo por una mezcla de porciones calcáreas y arenisco-limo-arcillosas muy irregular y caprichosos, conformando un verdadero “melange”.

Estas estructuras se interpretan como deslizamientos o subsolifuxiones debidas al inicio de la fase tectónica Titicaca; sin descartar, al menos en algunos casos o parcialmente, una acción o impulso sisogénico.

#### **5.2.4. SISTEMA DE FALLAS.**

##### **5.2.4.1. SISTEMA DE FALLAS CHINCHAIPUJIO–PARURO-ACOMAYO (SFCPA).**

Se desarrolla en una longitud aproximada de 75 Kilómetros. Hacia el sur se puede reconocer este sistema por la localidad de Acomayo, en donde presenta una dirección promedio de 120° E, siendo sub paralela al sistema de falla Casacunca-Acomayo-Langui-Layo.

La parte central presenta una deflexión similar a la falla Zurite – Huarcocondo, en donde adopta una dirección aproximada Este – Oeste. Mientras que la prolongación norte vuelve a tener dirección andina.

A lo largo de este sistema de fallas, que es una reactivación o reactivaciones de una estructura antigua, se observan fallas que cortan depósitos aluviales, coluviales y fluvio glaciares, mostrando así una actividad a lo largo del Cuaternario.

##### **5.2.4.2. SISTEMA DE FALLAS CASACUNCA–ACOMAYO–LANGUI–LAYO (SFCALL).**

Este sistema se reactivó en segmentos a lo largo de una longitud aproximada de 170 Kilómetros con una dirección preferencial Noreste – Sureste. La parte norte se ubica en el altiplano Occidental del Sur del Perú; mientras que la parte central y sur, desde la Laguna de Pomacanchi. Constituye el límite entre el Dominio Altiplano Occidental con

el Dominio Altiplano Oriental, que se extiende hasta las localidades de Langui y Layo. En el extremo norte del sistema afloran rocas de la formación Soncco, compuestas por estratificaciones laminares de areniscas grises con buzamientos semi verticales, que favorecen el desplazamiento de la falla.

El extremo sur aflora al sur de la localidad de Acomayo mediante escarpes de longitudes que varían entre 2 y 4 Kilómetros, cortando depósitos aluviales con movimientos inversos y normales.

En el sector central se desarrollaron diversos trabajos (entre Paruro y Acomayo), donde James & Romero (1996) y Carlotto (2002) estudian la evolución de cuencas sin / orogenias miocenic, estas ligadas a la actividad de dicho sistema de fallas asimismo Carlier et al. (1996) menciona la existencia de fallas inversas que hacen aflorar gabros datados del Eoceno.

Con el presente trabajo se pone en evidencia que este sistema continuo su actividad hasta la actualidad, actividad que queda registrada en escarpes de fallas conservados, afectando depósitos recientes.

### **5.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.**

Dentro de los distritos de la zona de estudio, se distinguen fallas de dirección andina, el tectonismo origina una actividad volcánica, las fallas tensionales e inversas las cuales se presencian en las formaciones cretácicas y terciarias.

En la zona de estudio la geología estructural local tiene por objetivo la evaluación de características estructurales, tal como se describe a continuación:

#### **5.3.1. FALLAS.**

Las fallas y lineamiento presentan el rumbo andino NW – SE en su mayoría y fallas secundarias producto de las principales con dirección N – S, producto de la tensión cambian de orientación, mientras que otras cambian con respecto al contacto litológico y favoreciendo a la aparición de manantiales en las partes altas de la microcuenca Santo Domingo-Acopia con un determinado direccionamiento andino característico de la zona de estudio. Todas estas estructuras afectan las unidades Mesozoicas y Terciarias, estas fallas locales tienen anchos variables y se caracterizan por presentar escarpes, lineamientos, estrias, y brechas de falla. De la evolución tectónica ígnea y sedimentológica se infiere que estuvo relacionada con la fase principal del levantamiento andino Peruano – Chileno del Eoceno superior (fase inca 43 – 40 Ma).



### 5.3.1.1. FALLA COLQUEMARCA.

Los escarpes de la falla Colquamarca se ubican a 4 Km al Oeste del poblado de Acopia y 1.5 Km al SW de la comunidad campesina de Santo Domingo, en la zona alta (cabecera de cuenca) de la microcuenca Acopia - Santo Domingo, entre la laguna de Acopia y la laguna de Pampamarca. Esta es una falla de rumbo normal y se caracteriza por estar dispuesta paralelamente con longitudes de hasta 2 kilómetros a lo largo de 13 kilómetros y cortando la ladera occidental del cerro Colquamarca de ahí su nombre, así como las laderas de los cerros Jatunñan y Huanucunca.

Los escarpes tienen una dirección N 50°E y buzamiento hacia el suroeste, los cuales se encuentran dispuestos en rocas intrusivas cenozoicas y cretácicas, en la proyección de estos escarpes hacia los valles de Huarasayco y Santo Domingo se pueden observar terrazas aluviales deformadas con movimientos de tipo normal; asimismo a partir del uso de imágenes satelitales se puede observar que el sistema de drenaje está modificado, acomodándose a movimientos de la falla tipo sinestral.

La altitud de los escarpes varía entre 15 y 3 metros de altitud, dejando en evidencia una acumulación de reactivaciones con ruptura superficial desde el cuaternario. Esta estructura se encuentra actualmente activa, ya que se tiene registro histórico de sismo en 1950 y 1972, donde la USGS reporta un sismo superficial de 4.8 grados de magnitud.

La falla Colquamarca está en la misma dirección que la falla Acos y Acomayo la cuales están ubicadas en las zonas del mismo nombre llega hasta la laguna de Pampamarca. Esta falla está asociada al sistema de fallas Chinchaiquijo – Paruro - Acomayo (SF CPA).



**FOTOGRAFÍA 36: ESCARPES DE LA FALLA COLQUEMARCA EN DIRECCION NW-SE, SECTOR DE SANTO DOMINGO.**



**IMAGEN 14: VISTA SATELITAL DE ESCARPES DE LA FALLA COLLQUEMARCA EN DIRECCION NW-SE.**

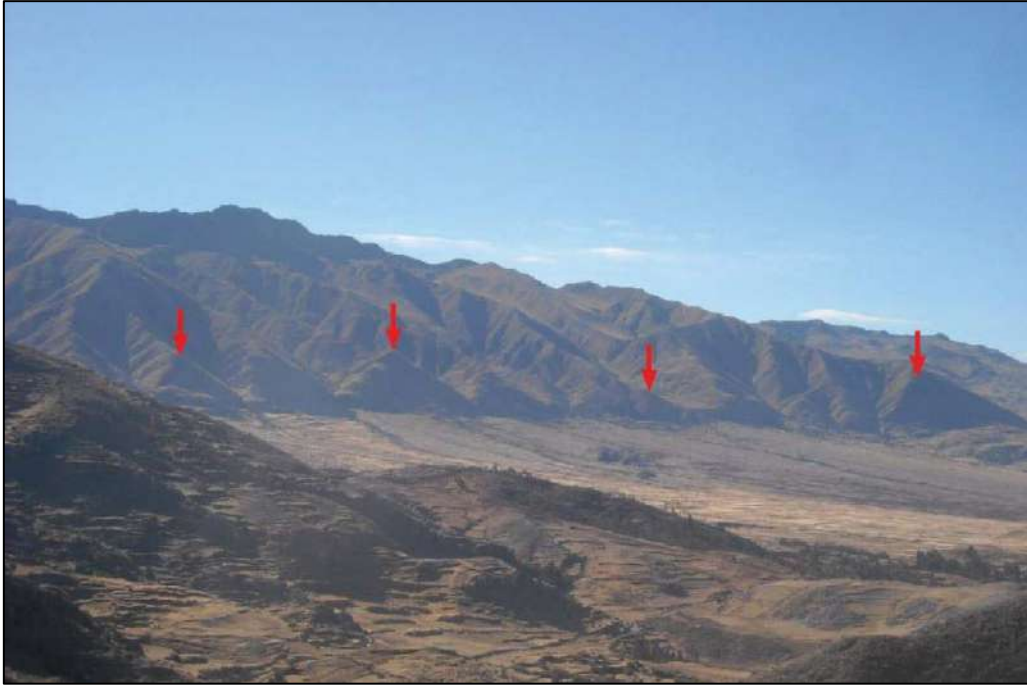
### **5.3.1.2. FALLA SANGARARA.**

Suarez et al. (1983) pone en evidencia, a través de la utilización de imágenes satelitales y fotografías aéreas que esta falla presenta un escarpe de falla de 6 kilómetros de longitud, a 3 metros del poblado de Sangarará: posteriormente, con trabajos de campo determinaron que dicha estructura presenta un escarpe de 50 metros y muestra evidencias de movimientos de tipo normal, relacionado con la actividad cuaternaria extensional, como la observada por Levenu (1978), en el altiplano peruano y boliviano.

Posteriormente, Sebrier et al. (1985) observan un lineamiento que controla cuencas lacustres ubicadas entre 3650-3950 metros y determinan dos trazos de fallas cuaternarias ubicadas en el margen este de las lagunas Pomacanchi y Langui-Layo, donde reportan abanicos y terrazas aluviales deformadas con movimientos de tipo normal.

Con estudios recientes se establece que la falla no solo se restringe a 6 kilómetros de longitud sino esta se extiende a lo largo de 20 kilómetros. El escarpe Plio-cuaternario con dirección N55°W, y buzamiento de 65° al suroeste en promedio, se caracteriza por mostrar facetas triangulares de hasta 120 metros de altitud y una aparente variación del sistema de drenaje que se acomoda a movimientos de rumbo tipo sinistral.

La falla Sangarara está en la misma dirección que la falla Huaicacocha el cual está ubicada en la zona del mismo nombre y viene desde las alturas de los distritos de Quiquijana, Acomayo y Huaró llegando hasta la zona de Mosocllacta. Esta falla está asociada al sistema de fallas Casacunca – Acomayo – Langui - Layo (SFCALL).



**FOTOGRAFÍA 37: FACETAS TRIANGULARES DE LA FALLA SANGARARA DE 120 M DE ALTURA, AFECTANDO DEPOSITOS ALUVIALES VISTA TOMADA HACIA EL ESTE.**



**IMAGEN 15: VISTA SATELITAL DE FACETAS TRIANGULARES DE LA FALLA SANGARARA, CON LIENAMIENTOS Y PREDOMINANCIA HASTA LA ZONA DE HUAYRACHAPI MISKIUNU.**



### 5.3.1.3. FALLA TUNGASUCA.

Se ubica al Este del poblado del mismo nombre y se extiende a lo largo de los cerros Tintinsaya y Huaniturpe, pasando por las rocas de las formaciones Arcurquina, Murco, Grupo Mitu y el intrusivo Cuarzo diorítico, es una falla de tipo normal que tiene una dirección N55°W y buzamiento hacia el Oeste.

La falla Tungasuca está en la misma dirección que la falla y Acomayo el cual está ubicada en la zona del mismo nombre y llega hasta la falla Langui – Layo. Esta falla está asociada al sistema de fallas Casacunca – Acomayo – Langui - Layo (SFCALL).

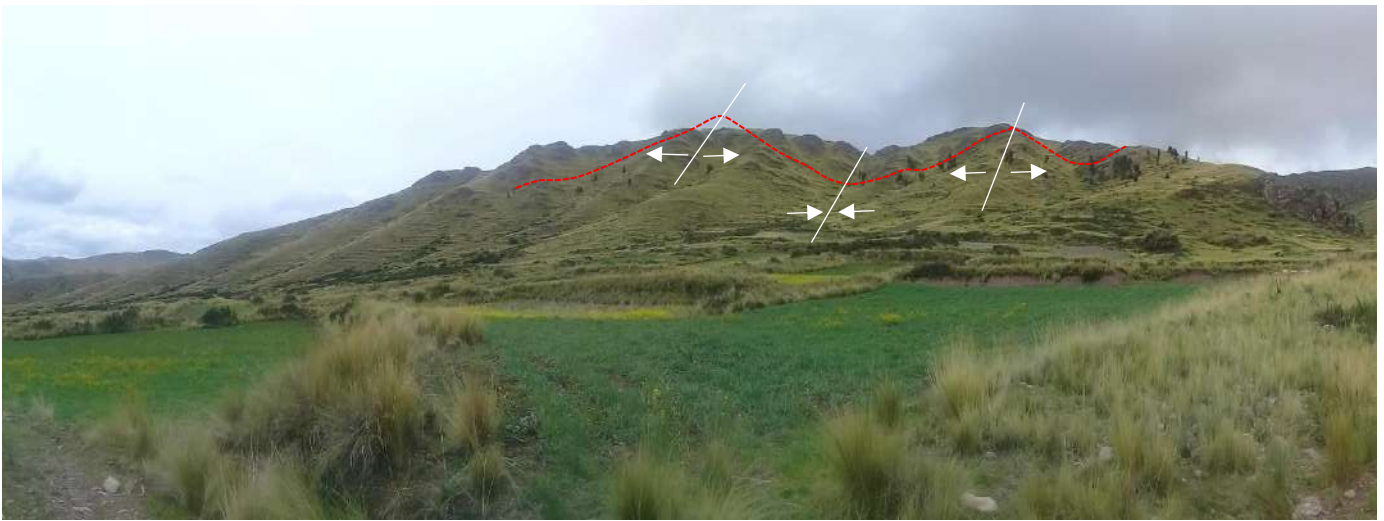
Los registros históricos indican que las localidades de Tungasuca y Yanaoca fueron afectadas por sismos de elevada intensidad; los pobladores de los lugares indican que sus antepasados describían fuertes movimientos de tierra acompañados con agrietamientos del mismo. Los catálogos sísmicos del IGP y USGS indican sismos superficiales, ambos de magnitud 4.8 (ML), en julio de 1950 y febrero de 1972, respectivamente. Además del sismo de agosto del 2003 donde el IGP reportó un sismo de magnitud 3.6 (MI) a 7 kilómetros de profundidad.



**IMAGEN 16: IMAGEN 1: VISTA SATELITAL DE ESCARPES DE LA FALLA TUNGASUCA, EL CUAL AFECTA LAS CAPAS DE LA FORMACION MURCO Y ARCURQUINA.**

### 5.3.2. PLEGAMIENTOS.

Los plegamientos de la zona de estudio se presentan mayormente en las rocas cenozoicas y cretácicas, prevalecen sobre rocas sedimentarias de las formaciones Anta, Arcurquina cuyos ejes se presentan con una orientación NW – SE y N – S, estas estructuras tienen planos axiales pseudo verticales y con orientaciones paralelas a la falla Collquamarca, jugando un papel importante en la formación de estructuras de acortamiento, así como la posible formación de cubetas para la retención de agua, hacia la formación Murco los pliegues cambian de dirección de N - S a NE - SW.



**FOTOGRAFÍA 38: SE MUESTRA PLEGAMIENTO EN LAS CAPAS DE LA FORMACIÓN ANTA, DONDE ES POSIBLE APRECIAR ESCARPES DE LA FALLA COLQUEMARCA, ALGUNOS CASOS SE PUEDEN CONFUNDIR CON EL PLEGAMIENTO DE ESTAS CAPAS.**

### 5.3.3. VENTANAS ESTRUCTURALES.

La evaluación Estructural y Geomecánica se realizará mediante la elaboración de ventanas estructurales, ya que, desde el punto de vista hidrogeológico la mayoría de rocas poseen fracturas y discontinuidades, las cuales facilitan el almacenamiento y movimiento de fluidos a través de ellos, siendo de suma importancia en la geología estructural.

Por otro lado, algunas discontinuidades, por ejemplo: fallas y diques también pueden actuar como barreras para el flujo de agua.

Las principales rutas de flujo en rocas fracturadas se encuentran a lo largo de juntas, fracturas, zonas de corte, fallas, etc.

Podría haber múltiples discontinuidades en rocas fracturadas a lo largo de las cuales tiene lugar el flujo de agua subterránea. Varios factores, como los esfuerzos, la rugosidad, la geometría e intersección de la fractura, y la temperatura, etc., controlan el flujo de agua

subterránea a través de las fracturas. Por ejemplo, la apertura de la fractura y el caudal están directamente relacionados entre sí; el no paralelismo de las paredes y la rugosidad de la pared conducen a pérdidas por fricción.

Teniendo en cuenta todo ello se determinó la calidad del roca RQD y el tipo macizo rocoso aplicando el método de RMR (Bieniawski 1989), a través de la evaluación de diferentes parámetros geomecánicos; también se determinara la orientación (Dip - Dipdir) de las discontinuidades ya que estos datos nos ayudaran a determinar el comportamiento estructural de las discontinuidades por donde fluyen los flujos de agua subterráneos para ello nos valdremos del uso de softwares como civil 3D, Arcgis 10.3 y Dips.

### 5.3.3.1. DISCONTINUIDADES

Este término comprende superficies de fracturas, planos de debilidad, planos de estratificación, juntas, contactos, venillas, cizallas y fallas considerados quiebres naturales del macizo rocoso.

### 5.3.3.2. LA ORIENTACIÓN DE LAS DIACLASAS (RUMBO Y BUZAMIENTO).

Es la posición de la discontinuidad en el espacio y comúnmente es descrito por su Dip / Dipdir. Cuando un grupo de discontinuidades se presentan con similar orientación o en otras palabras son aproximadamente paralelas, se dice que éstas forman un “sistema” o una “familia” de discontinuidades.

### 5.3.3.3. RESISTENCIA ESTIMADA (ISRM).

Es la resistencia estimada de la roca a las pruebas realizadas con la uña, navaja y a los golpes con el martillo de geólogo, la cual se caracteriza en el siguiente cuadro:

**TABLA 28: GRADO DE RESISITENCIA SEGÚN LA IDENTIFICAICON EN CAMPO.**

GRADO	TERMINO	IDENTIFICACION EN CAMPO
R0	Extremadamente débil	Puede ser marcada por la uña
R1	Muy débil	Se desmenuza con golpes firmes
R2	Débil	Puede ser raspada con dificultad por una navaja,
R3	Medianamente fuerte	Puede ser fracturada con un golpe firme del martillo de geólogo
R4	Fuerte	Se requiere más de un golpe del martillo de geólogo para ser fracturada
R5	Muy fuerte	Se requiere muchos golpes con el martillo de geólogo para ser fracturada
R6	Extremadamente fuerte	Puede ser apenas arañadas con el martillo de geólogo

FUENTE: CLASIFICACIÓN SEGÚN BIENIAWSKI 1989.



**TABLA 29: VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SEGÚN EL TIPO DE ROCA.**

TIPO DE ROCA		LITOLOGIA	PESO ESPECIFICO (t/m3)	TAMAÑO DE GRANO (mm)	FACTOR DE ESPONJAMIENTO (%)	RESISTENCIA A COMPRESION (Mpa)
IGNEAS	INTRUSIVA	GRANODIORITA				50-250
		GRANITO	2.7	0.1-2	1.6	200-350
		MONZONITA				
		DIORITA				
		TONALITA	2.85-3.2	2	1.6	260-350
		ADAMELITA				50-250
	GABRO					
	EXTRUSIVA	ANDESITA	2.7	0.1	1.6	300-400
SEDIMENTARIAS		CONGLOMERADO	2.6	2	1.5	140
		ARENISCA	2.5	0.1-1	1.5	160-225
		LUTITA	2.7	<0.004	1.35	70
		CONQUINA				
		DIATOMITA				
METAMORFICAS		GNEIS	2.7	2	1.5	140-300
		ESQUISTO	2.7	0.1-1	1.6	60-400

FUENTE: CLASIFICACIÓN SEGÚN BIENIAWSKI 1989.

La resistencia también se puede calcular mediante el uso de equipos en campo como el Esclerómetro o Martillo de Schmidt a partir del número de rebotes aplicado a la superficie de roca ensayada y su posterior correlación con un Abaco, y ensayos de laboratorio como el ensayo de carga puntual el cual determina el índice de resistencia en muestras de rocas de geometría irregular o cilíndrica (sin preparaciones especiales), las cuales son sometidas a carga entre dos piezas cónicas de punta redondeada.

#### 5.3.3.4. ÍNDICE DE CALIDAD DE ROCA RQD (ROCK QUALITY DESIGNATION).

Es el índice más usado para medir el grado de fracturación de un macizo rocoso. Nos da idea del número y condiciones de las fracturas que afectan a los materiales. Es ampliamente utilizado en las clasificaciones geomecánicas como el RMR de Bieniawski, Q de Barton o SMR de Romana.

Numéricamente el RQD se define como la relación entre: la sumatoria de las longitudes de los trozos de núcleos mayores de 10 centímetros, sobre la longitud total de la perforación multiplicado por 100.

$$\text{RQD (\%)} = \frac{\text{Longitud recuperada en piezas} > 0,1 \text{ m} \times 100}{\text{Longitud del sondeo}}$$

En algunos casos, no existe la posibilidad de medir el % RQD por lo que puede recurrirse a correlaciones empíricas para su determinación a partir de medidas realizadas en los afloramientos rocosos. Algunas de estas correlaciones son las expuestas a continuación:

$$RQD = 115 - 3.3 * Jv \quad \text{Palmstrom (1975)}$$

$$RQD = 100 * e^{-0.1\lambda} * (1 + 0.1 * \lambda) \quad \text{Hudson (1989)} \quad \lambda = \frac{\# \text{ discontinuidades}}{\text{distancia lineal}}$$

Donde:

$J_v$ : es el número total de discontinuidades por metro cúbico

$\lambda$ : la densidad de las discontinuidades.

**TABLA 30: VALORES DE INDICE DE CALIDAD DE ROCA RQD.**

INDICE DE CALIDAD R.Q.D.(%)	CALIDAD	VALORACION
0 -25	Muy mala	3
25 - 50	Mala	8
50 -75	Regular	13
75- 90	Buena	17
90 - 100	Excelente	20

FUENTE: CLASIFICACIÓN SEGÚN BIENIAWSKI 1989.



**FOTOGRAFÍA 39: MEDIDAS PARA EL CALCULO DEL RQD.**

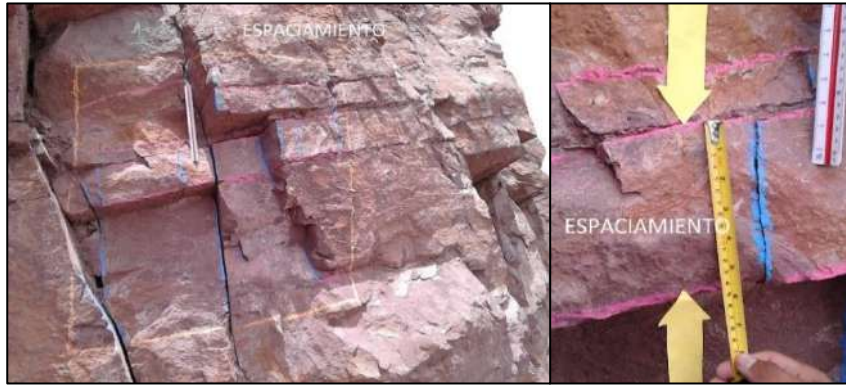
### 5.3.3.5. ESPACIADO.

Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Éste determina el tamaño de los bloques de roca intacta. Cuanto menos espaciado tengan, los bloques serán más pequeños y cuanto más espaciado tengan, los bloques serán más grandes.

**TABLA 31: DESCRIPCION Y VALORACION DEL ESPACIADO DE JUNTAS.**

DESCRIPCION	ESPACIADO DE LAS JUNTAS (m)	TIPO DE MACIZO ROCOSO	VALORACION
Muy separadas	> 2 m	Solido	20
Separadas	0.6 - 2 m	Masivo	17
Moderadamente juntas	200 - 600 mm	En bloques	13
Juntas	60 - 200 mm	Fracturado	6
Muy juntas	< 60 mm	Machacado	3

FUENTE: CLASIFICACIÓN SEGÚN BIENIAWSKI 1989.



FOTOGRAFÍA 40: CALCULO DEL ESPACIAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES.

### 5.3.3.6. PERSISTENCIA.

Es la extensión en área o tamaño de una discontinuidad. Cuanto menor sea la persistencia, la masa rocosa será más estable y cuanto mayor sea ésta, será menos estable.

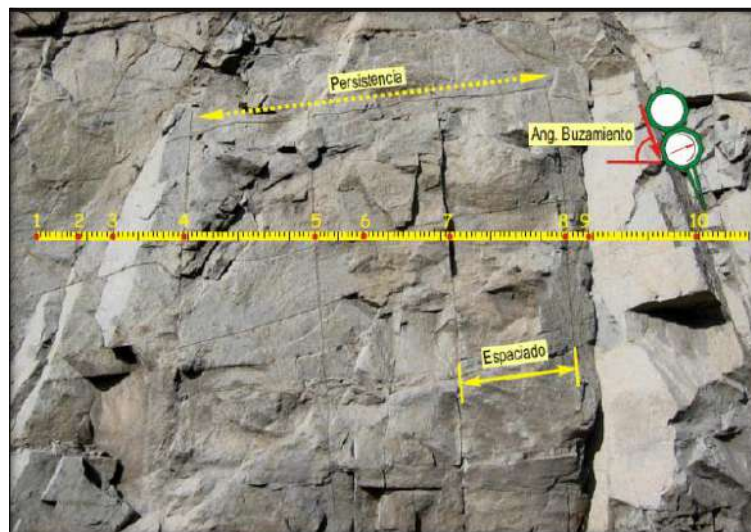


IMAGEN 17: CALCULO DE LA PERSISTENCIA DE LOS MACIZOS ROCOSOS

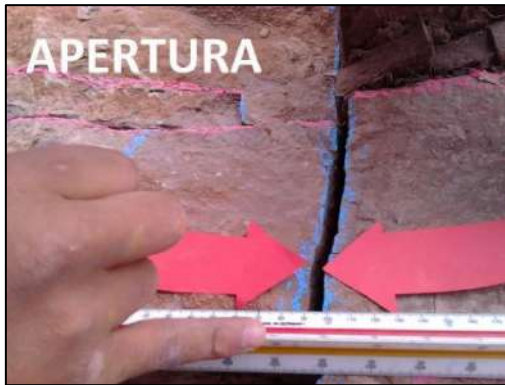
### 5.3.3.7. ABERTURA.

Es la distancia perpendicular que separa las paredes adyacentes de una discontinuidad, en la cual existe aire, agua o relleno. A menor abertura, las condiciones de la masa rocosa serán mejores y a mayor abertura, las condiciones serán más desfavorables.

**TABLA 32: DESCRIPCION Y VALORACION DE LA ABERTURA DE LAS JUNTAS.**

DESCRIPCION DE LA ABERTURA	PUNTAJE
Superficies muy rugosas, de poca extension, paredes de roca resistente.	6
Superficies poco rugosas, apertura menor a 0.1 mm, paredes de roca resistente.	5
Superficies poco rugosas, apertura de 0.1 mm a 1 mm, con paredes de roca blanda.	3
Superficies suaves o relleno de falla de 1 a 5 mm de espesor o apertura de 1 a 5 mm, las discontinuidades se extienden por varios metros.	1
Discontinuidades abiertas, con relleno de falla de mas de 5 mm de espesor o apertura de mas de 5mm, las discontinuidades se extienden por varios metros.	0

FUENTE: CLASIFICACIÓN SEGÚN BIENIAWSKI 1989.



**FOTOGRAFÍA 41: CALCULO DE LA ABERTURA DE LAS DISCONTINUIDADES.**

### 5.3.3.8. RUGOSIDAD.










Es la aspereza o irregularidad de la superficie de la discontinuidad. La rugosidad de la superficie de una discontinuidad es a menudo un importante componente para determinar de la resistencia al corte. Cuanta menor rugosidad tenga una discontinuidad, la masa rocosa será menos competente y cuanto mayor sea ésta, la masa rocosa será más competente.

La forma irregular o rugosa de la superficie de una discontinuidad es interpretada como la combinación de una ondulación mayor (waviness) y una irregularidad menor (unevenness). Así, para describir la rugosidad se combinan los términos utilizados para las irregularidades mayores (escalonada, ondulada y plana) con los términos empleados para las irregularidades menores (rugoso, suave y estriado). En tanto, para disminuir la ambigüedad de la descripción utilizamos perfiles estandarizados según la tabla ISRM, 1989.

**TABLA 33: DESCRIPCION Y VALORACION DE LA RUGOSIDAD DE LAS JUNTAS.**



**FOTOGRAFÍA 42: CALCULO DE LA RUGOSIDAD EN LAS DISCONTINUIDADES.**

RUGOSIDAD	SIMBOLOGIA
Rugosa y Escalonada	 1 Rugosa y escalonada (Rough stepped)
Suave y Escalonada	 2 Suave y escalonada (Smooth stepped)
Estriada y Escalonada	 3 Estriada y escalonada (Slickensided stepped)
Rugosa y Ondulada	 4 Rugosa y ondulada (Rough undulating)
suave y Ondulada	 5 Suave y ondulada (Smooth undulating)
Estriada y Ondulada	 6 Estriada y ondulada (Slickensided undulating)
Rugosa y Plana	 7 Rugosa y plana (Rough planar)
Suave y Plana	 8 Suave y plana (Smooth planar)
Estriada y Plana	 9 Estriada y plana (Slickensided planar)

FUENTE: CLASIFICACIÓN SEGÚN BIENIAWSKI 1989.

### 5.3.3.9. RELLENO.

Es el material que separa las paredes adyacentes de una discontinuidad y el espesor de relleno es la distancia en milímetros, perpendicular entre las paredes adyacentes. Cuando los materiales son suaves, la masa rocosa es menos competente y cuando éstos son más duros, ésta es más competente, i.e. calcita, clorita, arcilla, cuarzo, sulfuros, epidota, panizo, brecha, etc.



**FOTOGRAFÍA 43: IDENTIFICACION DEL RELLENO EN LAS DISCONTINUIDADES.**

### 5.3.3.10. GRADO DE ALTERACIÓN Y/O INTEMPERISMO (ISRM).

Los macizos rocosos ocurren frecuentemente intemperizados cerca de la superficie, y son algunas veces alterados por procesos hidrotermales. El intemperismo y la alteración es generalmente más pronunciado en la roca expuesta de las superficies de las discontinuidades que en el interior de los bloques de roca, debido a que el flujo de agua ocurre a través de las discontinuidades.



El intemperismo es producido por desintegración mecánica y descomposición química incluyendo disolución, así se presenta la tabla según ISRM (1989).

**TABLA 34: ESTIMACIÓN DEL GRADO DE INTEMPERISMO Y ALTERACIÓN.**

GRADO	TERMIMO	DESCRIPCION	EXTENSION DE LA DECOLORACION	CONDICION DE FRACTURA	CARACTERISTICAS DE SUPERFICIE
1	Fresca (Fresh)	No hay signos visibles de material rocoso intemperizado, tal vez leve decoloración en las superficies de discontinuidades mayores	Ninguna	Cerradas y leve descoloridas	Sin cambio
2	Débil o ligeramente alterada (Slightly)	Decoloración indica intemperismo de la masa rocosa y de las superficies de discontinuidades. Todo el material rocoso puede estar decolorado por intemperismo y a veces podría ser más débil que cuando fresca	Ext. <20% del espaciamiento de fracturas, sobre ambos lados de la fractura	Decoloración, y podría contener relleno fino	Parcial decoloración
3	Moderadamente alterada (Moderately)	Menos del 50% del material de roca está descompuesta y/o desintegrada a un suelo. La roca fresca o descolorida está presente como una estructura continua o en pedazos.	Ext. >20% del espaciamiento de fracturas, sobre ambos lados de la fractura	Decoloración, y podría contener un amplio relleno	Parcial a completa decoloración, no es friable excepto en rocas pobremente cementadas
4	Altamente alterada (Highly)	Más del 50% del material de roca está descompuesta y/o desintegrada en suelo. La roca fresca o descolorida está presente como una estructura discontinua, o en pedazos.	De lado a lado	Relleno con alteración de minerales	Friable y posiblemente llena de agujeros
5	Completamente alterada (Completely)	Casi el 100% del material de roca está descompuesta y/o desintegrada a un suelo. La estructura original de la masa rocosa aún permanece intacta en gran parte.	De lado a lado	Relleno con alteración de minerales	Semejante a un suelo
6	Suelo residual (Residual soil)	Todo el material rocoso esta convertido en suelo. La estructura de la masa rocosa y la fábrica están destruidas. Hay un gran cambio en el volumen, pero el suelo no ha sido transportado de manera significativa.	De lado a lado	N/A	Semejante a un suelo

FUENTE: CLASIFICACIÓN SEGÚN BIENIAWSKI 1989.

### 5.3.3.11. PRESENCIA DE AGUA (ISRM).

La existencia de agua en el macizo rocoso es producida principalmente por el flujo de agua a través de las discontinuidades (conductividad hidráulica secundaria). Por tanto, el contenido de agua en las discontinuidades debe ser registrada, debido a su efecto adverso en la estabilidad de los taludes (tensión normal efectiva). Para la descripción del contenido de agua tanto de discontinuidades sin relleno como para aquellas con relleno, se utiliza la tabla propuesta por la ISRM (1989).

**TABLA 35: DESCRIPCION Y VALORACION DE PRESENCIA DE AGUA EN LAS JUNTAS.**

Aguas Subterráneas	Flujo en 10m de longitud de túnel	Ninguno	< 10	10 – 25	25 - 125	> 125
	Ratio (Presión de agua en juntas/ esfuerzo principal máximo)	0	< 0.1	0.1 – 0.2	0.2 – 0.5	> 0.5
	Condiciones Generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Empapado	Fluido
<b>VALORACION</b>		<b>15</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>

FUENTE: CLASIFICACIÓN SEGÚN BIENIAWSKI 1989.



### 5.3.3.12. ANALISIS DE LAS VENTANAS ESTRUCTURALES.

#### A. VENTANA ESTRUCTURAL FORMACION ANTA.



*FOTOGRAFÍA 44: VENTANA ESTRUCTURAL EN MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ANTA.*

Esta ventana estructural realizada en la formación Anta de acuerdo a los parámetros evaluados antes mencionados, presenta un **RQD de tipo Regular** el cual se caracteriza por ser un **macizo moderadamente fracturado**, este tipo de rocas generalmente presenta fracturas de tipo tensional vinculados a esfuerzos tectónicos locales (Falla Collquamarca) y regionales (SFCALL), las juntas presentan abertura de hasta 1.0 cm, sin relleno o en su defecto relleno de arenas y limos, todas estas características son buenos indicadores de que este tipo de rocas actúan como medio para la circulación de agua subterránea, ya que aparte de ser rocas porosas (porosidad primaria) estas se encuentran fisuradas (porosidad secundaria) favoreciendo aún más el almacenamiento de agua subterránea.

El RMR ajustado nos da una puntuación de 50 siendo de clase III y tipo **macizo rocoso MEDIO**.

**TABLA 36: ANALISIS DE MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ANTA**

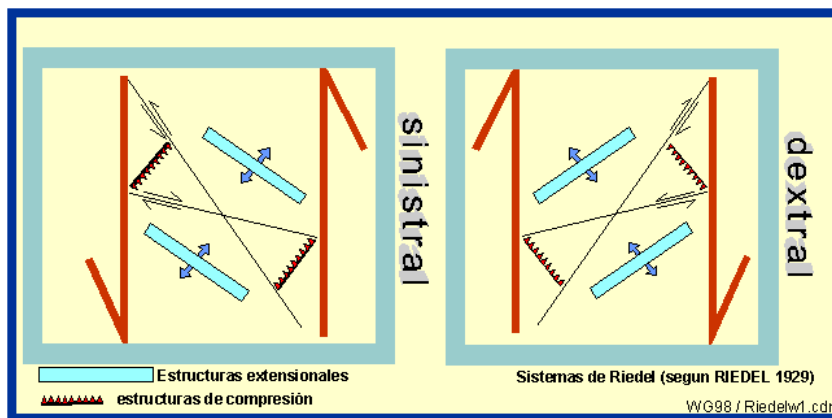
ESTUDIO DE ANÁLISIS DE MACIZO ROCOSO MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA Y HUAYRACHAPI-MISKIUNU								
HOJA 29s-29t / ZONA: 19L FORMACION ANTA					N E Z	8441269 228245 3894		
VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACIÓN GEOMECANICA DE BIENIAWSKI - RMR 1989								
1. Resistencia de la roca inalterada								
Indice de carga puntual	>10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para estos rangos bajos es preferible utilizar las pruebas de UCS			
Resistencia a la compresión uniaxial	>200 Mpa	100 - 200 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50Mpa	10 - 25 Mpa	3 - 10 Mpa	1 - 3 Mpa	
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0	
							<b>VALORACION</b>	12
2. Valor de RQD (Rock Quality Desing)								
Rango de valores	90 - 100%	75 - 90%	50 - 75%	25 - 50%	< 25%			
Puntaje	20	17	13	6	3			
							<b>VALORACION</b>	13
3. Espaciamiento de fracturas o discontinuidades								
Rango de valores	>2 m	0.6 m - 2 m	20 cm - 60 cm	6 cm - 20 cm	< 6 cm			
Puntaje	20	17	13	6	3			
							<b>VALORACION</b>	6
4. Condición de juntas o discontinuidades								
4.1. Longitud o persistencia de las discontinuidades								
Rango de valores	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			
Puntaje	6	4	2	1	0			
							<b>VALORACION</b>	4
4.2. Abertura de las discontinuidades								
Rango de valores	Nada	< 0.1 mm	0.1 mm - 1.0 mm	1 mm - 5 mm	> 5 mm			
Puntaje	6	5	3	1	0			
							<b>VALORACION</b>	0
4.3. Rugosidad de las discontinuidades								
Condicion	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			
Puntaje	6	5	3	1	0			
							<b>VALORACION</b>	1
4.4. Relleno de las discontinuidades								
Condicion	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm			
Puntaje	6	4	2	2	0			
							<b>VALORACION</b>	4
4.5. Alteracion de las discontinuidades								
Condicion	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			
Puntaje	6	5	3	1	0			
							<b>VALORACION</b>	5
5. Flujo de agua en las juntas o discontinuidades								
Condicion	Completamente seco	Ligeramente seco	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
Puntaje	15	10	7	4	0			
							<b>VALORACION</b>	10
Ajuste por orientación de las discontinuidades								
Orientacion de rumbo y buzamiento		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorables	Muy desfavorables		
Puntaje según el tipo de trabajo	Tuneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12		
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60		
Indicar el tipo de trabajo: S							<b>VALORACION</b>	-5
VALOR DEL RMR								
RMR Basico						55		
RMR Ajustado						50		
CLASE DE MACIZO ROCOSO								
RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0			
Descripción	I MUY BUENA	II BUENA	III MEDIA	IV MALA	V MALA			
RELACION RMR Y PROPIEDADES GEOMECANICAS								
COHESION (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100			
ANGULO DE FRICCION (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15			

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, SEGÚN BIENIAWSKI 1989.

**TABLA 37: RESUMEN ESTACIONES GEOMECANICAS DE LA FORMACION ANTA.**

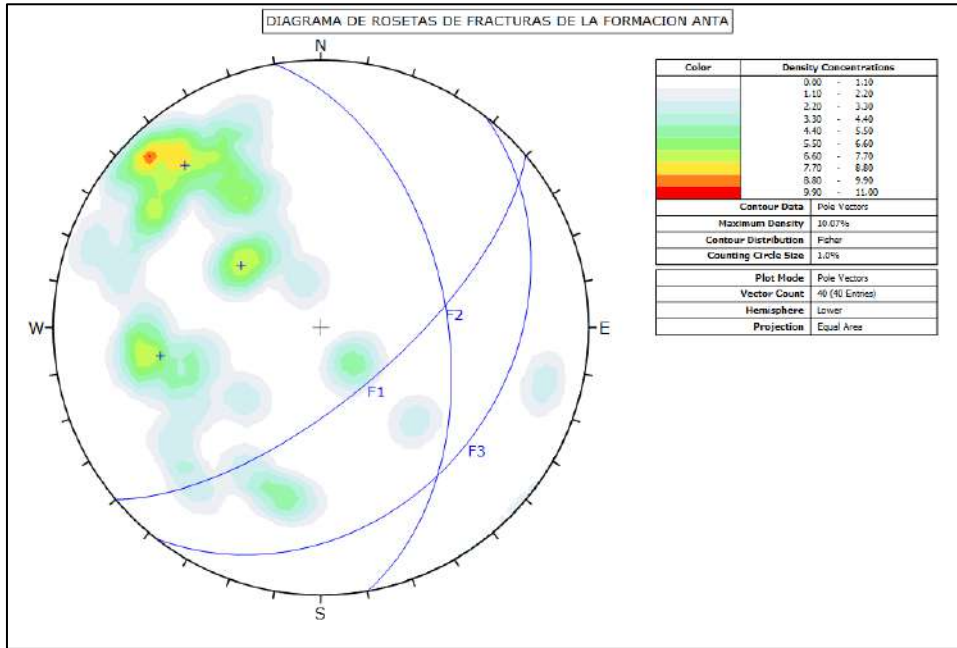
SISTEMA DE DISCONTINUIDADES FRACTURAS FORMACION ANTA																						
ESTACIONES	SET DE JUNTAS	DIP	DIPDIR	ESTE	NORTE	ALTITUD	TIPO DISCONTINUIDAD	RESISTENCIA	# DISCONTINUIDAD	DISTANCIA LINEAL (m)	DENSIDAD DE DISCONTINUIDAD	RQD (%)	ESPACIAMIENTO (cm)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	APERTURA (cm)	RUGOSIDAD	RELLENO (mm)	ALTERACION	PRESENCIA DE AGUA		
																					ESTACION 1	ESTACION 2
ESTACION 1	1	75	284	227821	8441868	4020	fractura/diaclasa	R5	10	1	10	73.58	30	1.5	7	0.70	LR	7	LA	LS		
	2	47	59				fractura/diaclasa						20	1.1	1.5	0.15	O	2	LA	LS		
	3	65	130				fractura/diaclasa						10	1.8	12	1.20	R	12	I	S		
	4	85	132				fractura/diaclasa						18	0.7	3	0.30	O	3	LA	LS		
	5	34	124				fractura/diaclasa						25	0.5	0.5	0.05	O	1	MA	LS		
	6	65	38				fractura/diaclasa						12	1.2	1	0.10	O	1	LA	LS		
ESTACION 2	1	60	51	228074	8441142	3894	fractura/diaclasa	R5	12	1	12	66.26	50	0.8	1	0.10	O	1	LA	LS		
	2	15	160				fractura/diaclasa						35	0.25	0.5	0.05	R	1	MA	H		
	3	60	146				fractura/diaclasa						10	0.9	3	0.30	O	3	LA	S		
	4	55	74				fractura/diaclasa						20	1.1	1.5	0.15	R	2	MA	LS		
	5	81	140				fractura/diaclasa						15	1.3	6.5	0.65	O	7	I	S		
	6	48	142				fractura/diaclasa						12	0.8	2	0.20	LR	2	LA	LS		
ESTACION 3	1	66	105	227157	8440912	4087	fractura/diaclasa	R4	15	1	15	55.78	35	1.2	8	0.80	O	8	LA	LS		
	2	55	15				fractura/diaclasa						50	0.9	2.5	0.25	LR	3	LA	LS		
	3	62	156				fractura/diaclasa						15	0.5	1.5	0.15	R	2	MA	LS		
	4	75	140				fractura/diaclasa						20	0.35	1	0.10	O	1	MA	LS		
	5	37	76				fractura/diaclasa						10	0.4	0.5	0.05	O	1	LA	LS		
	6	30	150				fractura/diaclasa						12	0.9	5	0.50	R	5	I	S		
ESTACION 4	1	32	47	226460	8440282	4107	fractura/diaclasa	R5	13	1.2	10.83	70.51	50	0.8	1.5	0.15	O	2	LA	H		
	2	65	120				fractura/diaclasa						30	1.6	20	2.00	O	20	LA	LS		
	3	80	110				fractura/diaclasa						20	1.2	2	0.20	LR	2	LA	S		
	4	15	308				fractura/diaclasa						15	0.7	0.5	0.05	O	1	I	S		
	5	54	91				fractura/diaclasa						10	0.6	1	0.10	O	1	MA	LS		
	6	41	315				fractura/diaclasa						55	0.5	1.5	0.15	R	2	MA	LS		
ESTACION 5	1	45	75	227106	8439110	4122	fractura/diaclasa	R4	20	1.5	13.33	61.51	10	1.2	8	0.80	O	8	LA	LS		
	2	15	328				fractura/diaclasa						15	1	1.5	0.15	O	2	LA	LS		
	3	30	135				fractura/diaclasa						15	0.9	2.5	0.25	R	3	A	H		
	4	50	27				fractura/diaclasa						23	0.5	0.5	0.05	LR	1	LA	S		
	5	70	147				fractura/diaclasa						20	1	1.5	0.15	LR	2	LA	LS		
	6	56	84				fractura/diaclasa						35	0.9	3	0.30	O	3	I	S		
ESTACION 6	1	73	159	228076	8438185	4124	fractura/diaclasa	R5	9	1.3	6.923	84.69	25	1.1	6.5	0.65	LR	7	LA	LS		
	2	30	124				fractura/diaclasa						10	0.8	3	0.30	O	3	LA	LS		
	3	55	8				fractura/diaclasa						20	0.5	1	0.10	LR	1	LA	LS		
	4	65	140				fractura/diaclasa						10	0.85	2.5	0.25	LR	3	I	LS		
	5	75	135				fractura/diaclasa						45	0.5	1	0.10	R	1	MA	LS		
	6	64	125				fractura/diaclasa						15	0.6	0.5	0.05	O	1	LA	LS		
ESTACION 7	1	50	150	228958	8437858	4051	fractura/diaclasa	R5	11	1	11	69.9	25	1	5.5	0.55	O	6	LA	LS		
	2	80	128				fractura/diaclasa						10	0.4	0.5	0.05	LR	1	LA	S		
	3	45	156				fractura/diaclasa						15	0.8	2	0.20	O	2	LA	LS		
	4	80	128				fractura/diaclasa						10	0.4	0.5	0.05	LR	1	LA	S		
	5	45	156				fractura/diaclasa						15	0.8	2	0.20	O	2	LA	LS		
	6	62	80				fractura/diaclasa						12	0.8	1.5	0.15	O	2	MA	H		
													<b>S=</b>	<b>22.100</b>			<b>a=</b>	<b>0.133</b>				

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



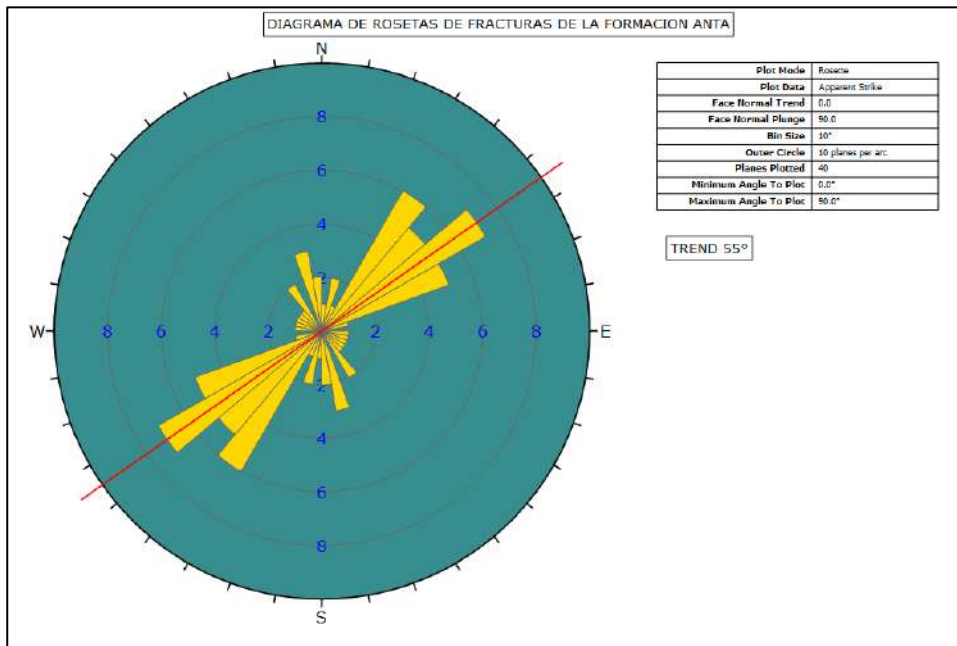
**IMAGEN 18: SISTEMAS DE RIEDEL SEGÚN TIPO DE ESFUERZO DE CIZALLA (FALLA SINISTRAL O DEXTRAL) Y TIPOS FORMACIÓN DE ESTRUCTURAS SECUNDARIAS.**

**IMAGEN 19: PRINCIPALES FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES EN LA FORMACION ANTA.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, PROCESO EN SOFTWARE DIPS.

**IMAGEN 20: PRINCIPALES ORIENTACIONES DE DISCONTINUIDADES DE LA FORMACION ANTA.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, PROCESO EN SOFTWARE DIPS.

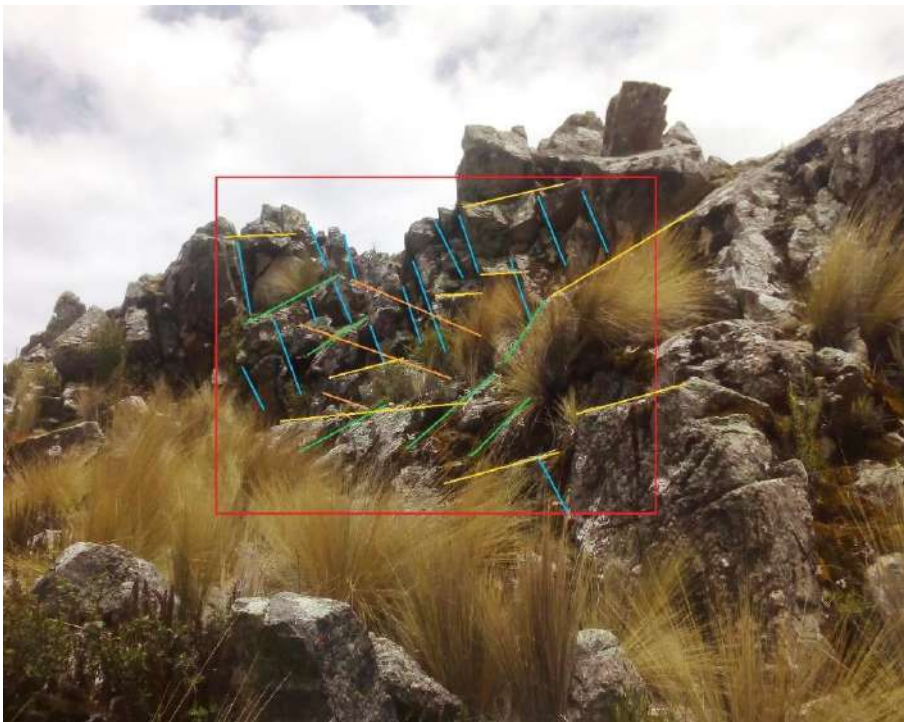
De acuerdo al análisis de diagrama de rosetas realizado en las estaciones de la formación Anta, en base a la orientación de las fracturas y/o diaclasas, presentan una tendencia principal SW-NE con un trend principal de 55° entonces se indica que estas fracturas son perpendiculares a la estratificación y que son producto del movimiento de la falla



Collquamarca (sinistral normal), formando así estructuras secundarias de tipo riedels o antiriedels, este tipo de deformación a su vez generó estructuras de tensión o estiramiento como fracturas de tensión en los afloramientos rocosos; acortamiento tipo pliegues tal como se evidencia en las cabeceras de la microcuenca Santo Domingo-Acopia.

Esta fase de deformación habría generado zonas de tensión, permitiendo la circulación de fluidos a favor de la pendiente de la microcuenca Santo Domingo-Acopia, siendo evidenciado también por la formación de lineamientos de algunos manantes de agua expuestos en superficie.

## B. VENTANA ESTRUCTURAL INTRUSIVO DIORITA.



*FOTOGRAFÍA 45: VENTANA ESTRUCTURAL EN MACIZO ROCOSO DEL INTRUSIVO DIORITICO*

La ventana estructural realizada en el intrusivo Diorítico de acuerdo a los parámetros evaluados antes mencionados, presenta un **RQD de tipo Regular** el cual se caracteriza por ser un **macizo moderadamente fracturado**, presentando diaclasas de tensión, persistencia de las juntas de 3 a 10 m; abertura de hasta 0.5 cm, relleno de limos y arenas en su mayoría, todas estas características son indicadores de que este tipo de rocas actúan como medio para la circulación de agua subterránea, sin bien no son rocas permeables o de buena porosidad al estar fisuradas presentan porosidad secundaria.

El RMR ajustado nos da una puntuación de 63 siendo de clase II y tipo **macizo rocoso BUENO**.

**TABLA 38: ANALISIS DE MACIZO ROCOSO DEL INTRUSIVO DIORITICO.**

ESTUDIO DE ANÁLISIS DE MACIZO ROCOSO MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA Y HUAYRACHAPI-MISKIUNU								
HOJA 29s-29t / ZONA: 19L INTRUSIVO DIORITA				N 8442175.87 E 229186.53 Z 4063				
VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACIÓN GEOMECANICA DE BIENIAWSKI - RMR 1989								
1. Resistencia de la roca inalterada								
Indice de carga puntual	>10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para estos rangos bajos es preferible utilizar las pruebas de UCS			
Resistencia a la compresión uniaxial	>200 Mpa	100 - 200 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50Mpa	10 - 25 Mpa	3 - 10 Mpa	1 - 3 Mpa	
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0	
<b>VALORACION</b>							15	
2. Valor de RQD (Rock Quality Desing)								
Rango de valores	90 - 100%	75 - 90%	50 - 75%	25 - 50%	< 25%			
Puntaje	20	17	13	6	3			
<b>VALORACION</b>							13	
3. Espaciamiento de fracturas o discontinuidades								
Rango de valores	>2 m	0.6 m - 2 m	20 cm - 60 cm	6 cm - 20 cm	< 6 cm			
Puntaje	20	17	13	6	3			
<b>VALORACION</b>							13	
4. Condición de juntas o discontinuidades								
4.1. Longitud o persistencia de las discontinuidades								
Rango de valores	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			
Puntaje	6	4	2	1	0			
<b>VALORACION</b>							4	
4.2. Abertura de las discontinuidades								
Rango de valores	Nada	< 0.1 mm	0.1 mm - 1.0 mm	1 mm - 5 mm	> 5 mm			
Puntaje	6	5	3	1	0			
<b>VALORACION</b>							1	
4.3. Rugosidad de las discontinuidades								
Condicion	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			
Puntaje	6	5	3	1	0			
<b>VALORACION</b>							5	
4.4. Relleno de las discontinuidades								
Condicion	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm			
Puntaje	6	4	2	2	0			
<b>VALORACION</b>							2	
4.5. Alteracion de las discontinuidades								
Condicion	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			
Puntaje	6	5	3	1	0			
<b>VALORACION</b>							5	
5. Flujo de agua en las juntas o discontinuidades								
Condicion	Completamente seco	Ligeramente seco	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
Puntaje	15	10	7	4	0			
<b>VALORACION</b>							10	
Ajuste por orientacion de las discontinuidades								
Orientacion de rumbo y buzamiento		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorables	Muy desfavorables		
Puntaje según el tipo de trabajo	Tuneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12		
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60		
Indicar el tipo de trabajo: S							<b>VALORACION</b>	-5
VALOR DEL RMR								
RMR Basico							68	
RMR Ajustado							63	
CLASE DE MACIZO ROCOSO								
RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0			
Descripcion	I MUY BUENA	II BUENA	III MEDIA	IV MALA	V MALA			
RELACION RMR Y PROPIEDADES GEOMECANICAS								
COHESION (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100			
ANGULO DE FRICCION (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15			

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, SEGÚN BIENIAWSKI 1989.

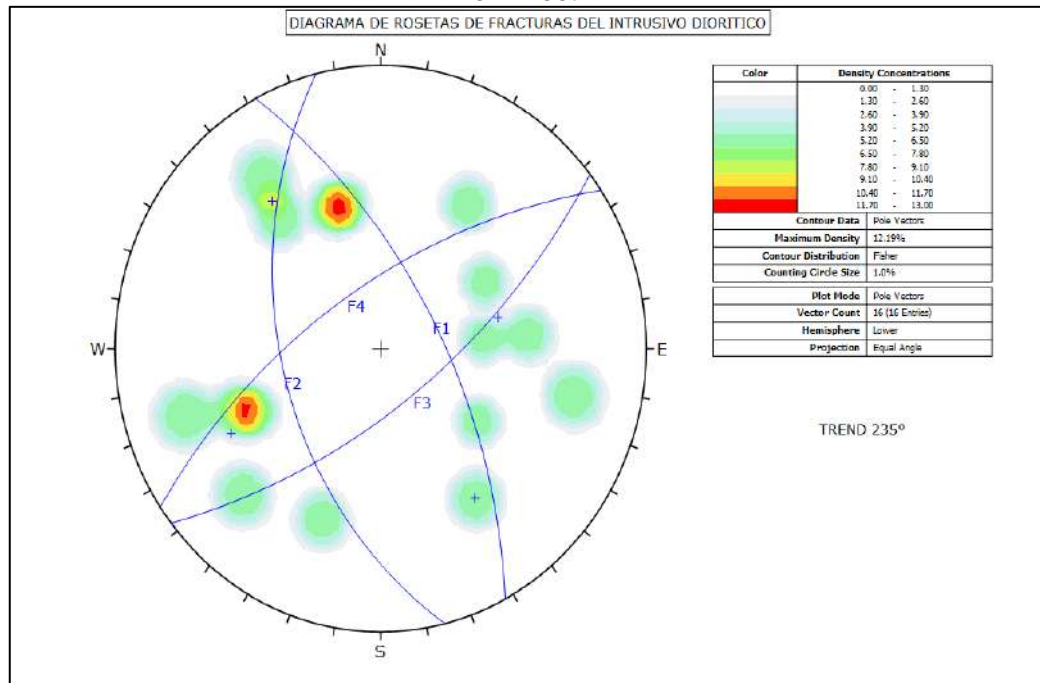


**TABLA 39: RESUMEN ESTACIONES GEOMECANICAS DEL INTRUSIVO DIORITICO.**

SISTEMA DE FRACTURAS INSTRUSIVO DIORITICO																							
ESTACIONES	SET DE JUNTAS	DIP	DIPDIR	ESTE	NORTE	ALTITUD	TIPO DISCONTINUIDAD	RESISTENCIA	# DISCONTINUIDAD	DISTANCIA LINEAL (m)	DENSIDAD DE DISCONTINUIDAD	RQD (%)	ESPACIAMIENTO (cm)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	APERTURA (cm)	RUGOSIDAD	RELLENO (mm)	ALTERACION	PRESENCIA DE AGUA			
ESTACION 1	1	73	144	230157	8444305	3805	fractura/diaclasa	R6	12	1.2	10	73.58	70	1.3	1.5	0.15	R	1.5	LA	LS			
	2	49	239				45						1.5	2	0.2	O	2	I	S				
	3	65	20				60						1.1	1	0.1	R	1	LA	LS				
	4	55	165				50						0.9	1.2	0.12	O	1.2	LA	LS				
ESTACION 2	1	72	45	229345	8442462	4063	fractura/diaclasa	R5	15	1	15	55.78	60	1	3	0.3	LR	3	LA	H			
	2	60	68				90						0.7	1	0.1	R	1	LA	LS				
	3	55	160				70						1.2	1.5	0.15	R	1.5	LA	LS				
	4	61	140				150						1.3	1	0.1	O	1	LA	LS				
	5	50	135				80						0.5	0.5	0.05	LR	0.5	LA	LS				
	6	58	265				50						0.9	2.5	0.25	R	2.5	LA	LS				
ESTACION 3	1	55	65	228124	8443606	4127	fractura/diaclasa	R6	11	1.5	7.333	83.25	60	1.5	3.5	0.35	R	3.5	I	S			
	2	73	283				110						1	1	0.1	O	1	LA	LS				
	3	76	70				75						0.7	1	0.1	LR	1	LA	LS				
	4	65	326				85						1.4	1.5	0.15	LR	1.5	LA	LS				
	5	48	305				50						1.2	1	0.1	O	1	I	S				
ESTACION 4	1	42	265	227010	8442887	4274	fractura/diaclasa	R6	9	1	9	77.25	80	1	0.5	0.05	LR	0.5	LA	LS			
	2	75	72				100						1.1	0.5	0.05	R	0.5	I	S				
	3	62	213				50						1.3	1	0.1	O	1	LA	LS				
	4	30	50				130						1.4	1	0.1	LR	1	LA	S				
												<b>S=</b>	<b>77.105</b>			<b>a=</b>	<b>0.096</b>						

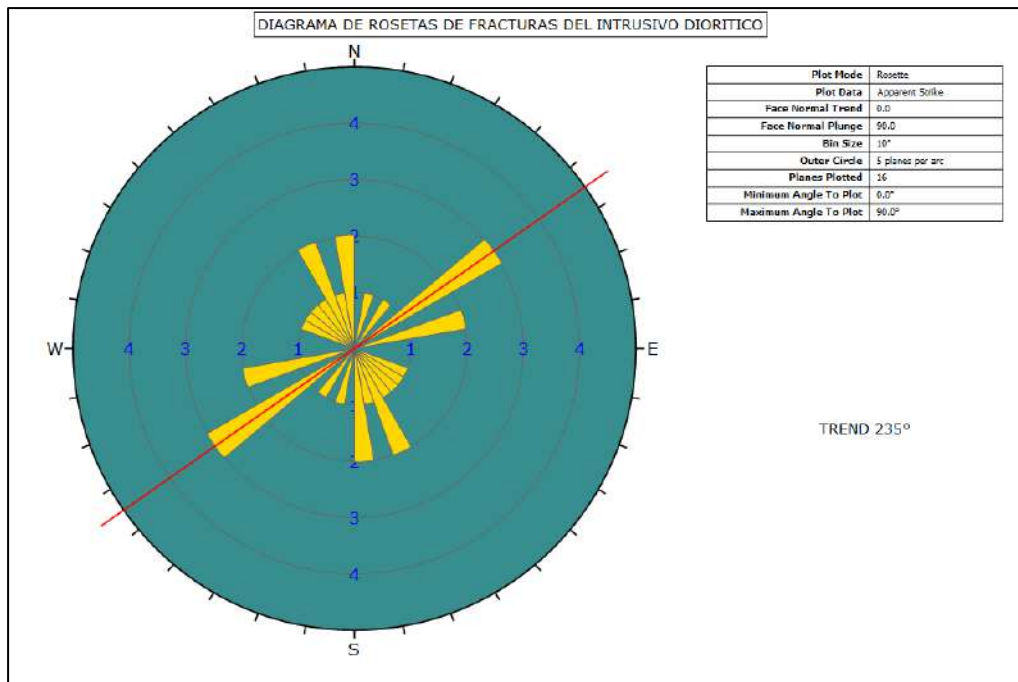
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**IMAGEN 21: PRINCIPALES FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES DEL INSTRUSIVO DIORITICO.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, PROCESO EN SOFTWARE DIPS.

**IMAGEN 22: PRINCIPALES ORIENTACIONES DE DISCONTINUIDADES DEL INTRUSIVO DIORITICO.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, PROCESO EN SOFTWARE DIPS.

De acuerdo al análisis con el software Dips y el diagrama de rosetas realizado en las estaciones del intrusivo Diorítico y por lo evidenciado en campo estas fracturas indican un moderado fracturamiento con tres tipos de sistemas que son de NE-SW como tendencia principal y trend 235°, NW-SE y N-S como tendencias secundarias.

Hacia la zona SE de la microcuenca Santo Domingo-Acopia la dirección de las fracturas de este intrusivo esta también asociada a la falla Collquamarca permitiendo una dirección favorable de los fluidos de agua hacia la zona de estudio, siendo evidenciado así por los lineamientos que generan algunos manantes de agua.

Por otro lado, las fracturas de los afloramientos de Diorita ubicados alrededor de las lagunas Acopia y Pomacanchi (microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu), al parecer serian aportantes de los flujos de agua subterránea, drenando o aforando en las lagunas antes mencionadas.

### C. VENTANA ESTRUCTURAL FORMACION ARCUQUINA.



**FOTOGRAFÍA 46: VENTANA ESTRUCTURAL EN MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ARCUQUINA**

La siguiente ventana estructural realizada en la formación Arcuquina de acuerdo a los parámetros evaluados, tiene un **RQD de tipo Regular** el cual se caracteriza por ser un **macizo moderadamente fracturado**, presentando diaclasas de tensión y compresión, vinculados a esfuerzos tectónicos locales (Falla Tungasuca) y regionales (SFCALL), abertura de las juntas de hasta 0.5 cm, además se evidencia estructuras de disolución a lo largo de fracturas (Klint y Grikes), indicando así rasgos kársticos producto de la disolución de estos materiales, este tipo de rocas actúan como buenos almacenadores de agua por las cavernas que generan en su interior y aún más al estar fisuradas (porosidad secundaria).

El RMR ajustado nos da una puntuación de 52 siendo de clase III y **tipo macizo rocoso MEDIO**.

**TABLA 40: ANALISIS DE MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ARCURQUINA.**

<b>ESTUDIO DE ANÁLISIS DE MACIZO ROCOSO MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA Y HUAYRACHAPI-MISKIUNU</b>							
HOJA 29s-29t / ZONA: 19L FORMACION ARCURQUINA					N E Z	8441460 231650 3864	
VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACIÓN GEOMECANICA DE BIENIAWSKI - RMR 1989							
<b>1. Resistencia de la roca inalterada</b>							
Indice de carga puntual	>10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para estos rangos bajos es preferible utilizar las pruebas de UCS		
Resistencia a la compresión uniaxial	>200 Mpa	100 - 200 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50Mpa	10 - 25 Mpa	3 - 10 Mpa	1 - 3 Mpa
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
						<b>VALORACION</b>	12
<b>2. Valor de RQD (Rock Quality Desing)</b>							
Rango de valores	90 - 100%	75 - 90%	50 - 75%	25 - 50%	< 25%		
Puntaje	20	17	13	6	3		
						<b>VALORACION</b>	13
<b>3. Espaciamiento de fracturas o discontinuidades</b>							
Rango de valores	>2 m	0.6 m - 2 m	20 cm - 60 cm	6 cm - 20 cm	< 6 cm		
Puntaje	20	17	13	6	3		
						<b>VALORACION</b>	13
<b>4. Condición de juntas o discontinuidades</b>							
<b>4.1. Longitud o persistencia de las discontinuidades</b>							
Rango de valores	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
Puntaje	6	4	2	1	0		
						<b>VALORACION</b>	4
<b>4.2. Abertura de las discontinuidades</b>							
Rango de valores	Nada	< 0.1 mm	0.1 mm - 1.0 mm	1 mm - 5 mm	> 5 mm		
Puntaje	6	5	3	1	0		
						<b>VALORACION</b>	1
<b>4.3. Rugosidad de las discontinuidades</b>							
Condicion	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave		
Puntaje	6	5	3	1	0		
						<b>VALORACION</b>	3
<b>4.4. Relleno de las discontinuidades</b>							
Condicion	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
Puntaje	6	4	2	2	0		
						<b>VALORACION</b>	2
<b>4.5. Alteracion de las discontinuidades</b>							
Condicion	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
Puntaje	6	5	3	1	0		
						<b>VALORACION</b>	3
<b>5. Flujo de agua en las juntas o discontinuidades</b>							
Condicion	Completamente seco	Ligeramente seco	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
Puntaje	15	10	7	4	0		
						<b>VALORACION</b>	10
<b>Ajuste por orientacion de las discontinuidades</b>							
Orientacion de rumbo y buzamiento		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorables	Muy desfavorables	
Puntaje según el tipo de trabajo	Tuneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12	
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25	
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60	
Indicar el tipo de trabajo: S						<b>VALORACION</b>	-5
<b>VALOR DEL RMR</b>							
RMR Basico						61	
RMR Ajustado						56	
<b>CLASE DE MACIZO ROCOSO</b>							
RMR		100-81	80-61	60-41	40-21	20-0	
Descripcion		I MUJ BUENA	II BUENA	III MEDIA	IV MALA	V MALA	
<b>RELACION RMR Y PROPIEDADES GEOMECANICAS</b>							
COHESION (KPa)		> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100	
ANGULO DE FRICCION (°)		> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15	

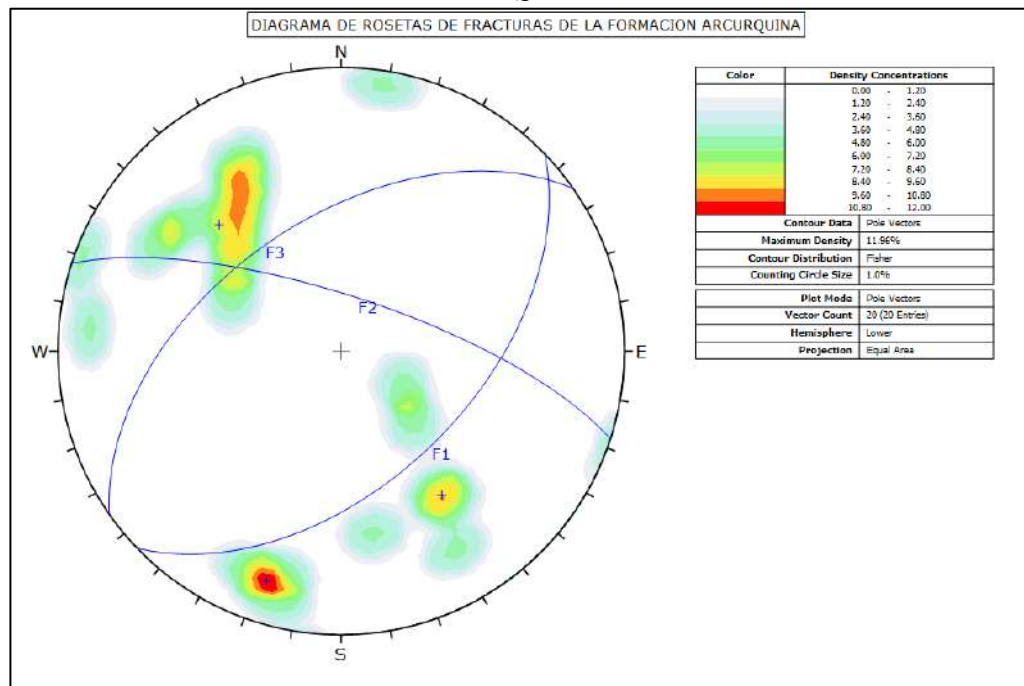
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, SEGÚN BIENIAWSKI 1989.

**TABLA 41: RESUMEN ESTACIONES GEOMECANICAS DE LA FORMACION ARCURQUINA.**

SISTEMA DE FRACTURAS FORMACION ARCURQUINA																						
ESTACIONES	SET DE JUNTAS	DIP	DIPDIR	ESTE	NORTE	ALTITUD	TIPO DISCONTINUIDAD	RESISTENCIA	# DISCONTINUIDAD	DISTANCIA LINEAL (m)	DENSIDAD DE DISCONTINUIDAD	RQD (%)	ESPACIAMIENTO (cm)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	APERTURA (cm)	RUGOSIDAD	RELLENO (mm)	ALTERACION	PRESENCIA DE AGUA		
ESTACION 1	1	46	138	231686	8441608	3864	fractura/diacleasa	R4	14	1.2	11.67	67.47	40	1	1	0.1	LR	1	MA	H		
	2	80	15				fractura/diacleasa						85	0.9	1	0.1	R	1	MA	H		
	3	70	330				fractura/diacleasa						55	1.1	2	0.2	LR	2	MA	H		
	4	50	326				fractura/diacleasa						30	0.8	1	0.1	O	1	LA	LS		
	5	87	110				fractura/diacleasa						45	0.9	1.5	0.05	O	0.5	MA	LS		
ESTACION 2	1	70	15	232931	8445608	3941	fractura/diacleasa	R5	12	1.5	8	80.88	55	1.2	1	0.1	LR	1	LA	H		
	2	30	315				fractura/diacleasa						150	1.5	2.5	0.25	LR	2.5	LA	LS		
	3	55	350				fractura/diacleasa						90	0.6	1	0.1	LR	1	LA	LS		
	4	65	120				fractura/diacleasa						75	0.4	0.5	0.05	LR	0.5	LA	LS		
	5	58	150				fractura/diacleasa						45	1	1	0.1	O	1	LA	LS		
ESTACION 3	1	60	130	230781	8440918	3879	fractura/diacleasa	R4	12	1	12	66.26	60	0.8	2	0.2	LR	2	MA	H		
	2	52	145				fractura/diacleasa						35	1.2	1.5	0.15	O	1.5	LA	LS		
	3	55	324				fractura/diacleasa						100	0.7	0.5	0.05	LR	0.5	LA	LS		
	4	35	115				fractura/diacleasa						80	1	1	0.1	LR	1	MA	H		
	5	66	152				fractura/diacleasa						40	1.2	1.5	0.15	LR	1.5	MA	H		
ESTACION 4	1	78	95	230186	8440157	3864	fractura/diacleasa	R5	12	1.3	9.231	76.4	60	1.3	1	0.1	R	1	MA	LS		
	2	73	23				fractura/diacleasa						120	1	0.5	0.05	LR	0.5	MA	H		
	3	40	130				fractura/diacleasa						66	0.5	1	0.1	O	1	LA	LS		
	4	20	298				fractura/diacleasa						50	0.5	0.5	0.05	LR	0.5	LA	LS		
	5	84	189				fractura/diacleasa						40	1.2	3	0.05	LR	0.5	MA	H		
													<b>S=</b>	<b>66.050</b>			<b>α=</b>	<b>0.093</b>				

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

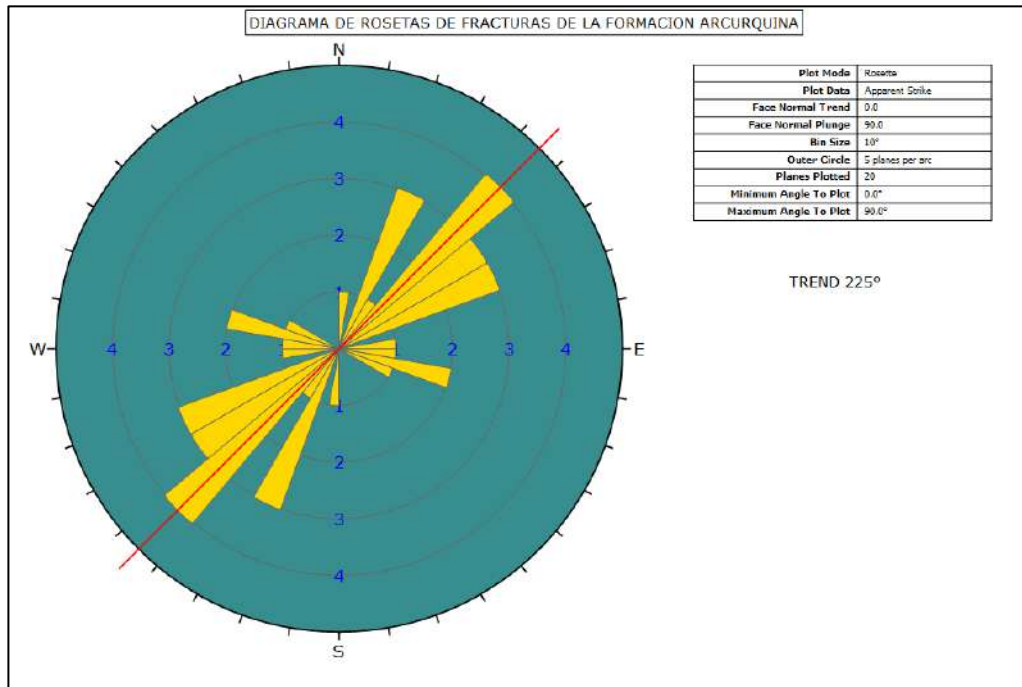
**IMAGEN 23: PRINCIPALES FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES DE LA FORMACION ARCURQUINA.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, PROCESO EN SOFTWARE DIPS.



**IMAGEN 24: PRINCIPALES ORIENTACIONES DE DISCONTINUIDADES DE LA FORMACION ARCURQUINA.**

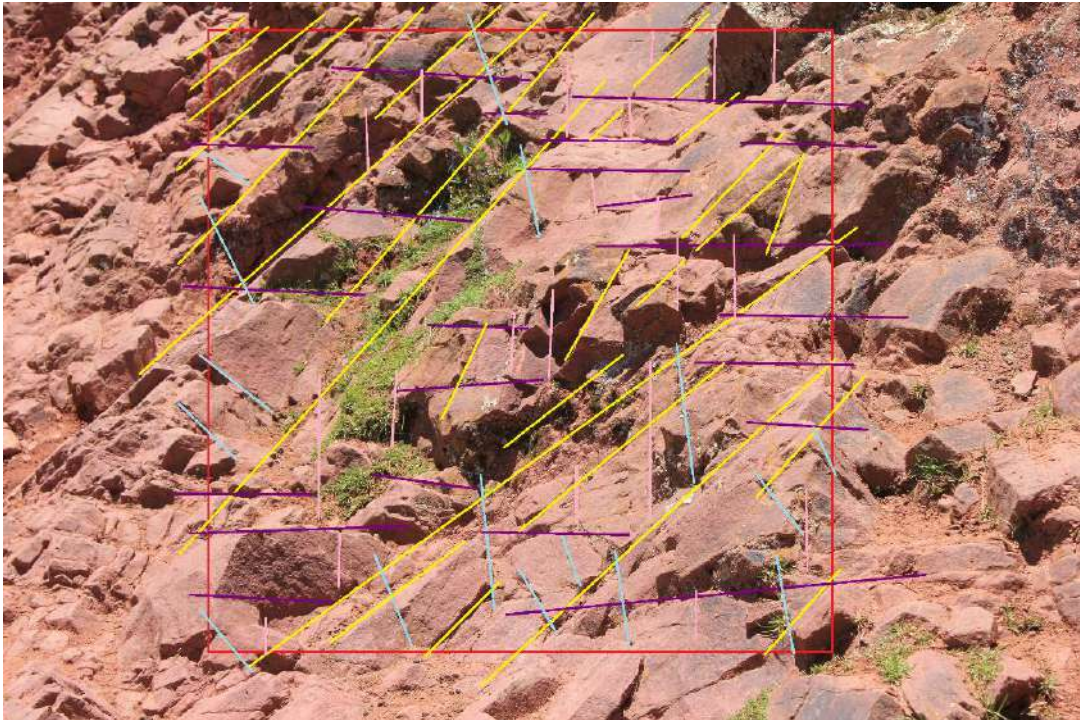


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, PROCESO EN SOFTWARE DIPS.

La formación Arcurquina de acuerdo al análisis realizado en las estaciones estructurales, la dirección de fracturas y/o diaclasas presentan una tendencia principal NE-SW con un trend principal de 225° siendo casi perpendiculares a la estratificación, probablemente producto de la deformación y movimiento de la falla Tungasuca (Sinestral normal) genero estructuras secundarias de tipo riedels y/o antiriedels, las cuales generaron un intenso fracturamiento tal como se evidencia en algunas zonas en donde no se reconoce la estratificación, así como la generación de plegamiento por movimiento de acortamiento.



#### D. VENTANA ESTRUCTURAL GRUPO MITU.



*FOTOGRAFÍA 47: VENTANA ESTRUCTURAL EN MACIZO ROCOSO DEL GRUPO MITU*

La ventana estructural realizada en el Grupo Mitu de acuerdo a los parámetros evaluados, presenta un **RQD de tipo Regular** el cual se caracteriza por ser un **macizo moderadamente fracturado**, este tipo de rocas generalmente presenta fracturas de tipo tensional ya que se le asocia a la falla Sangarara, la cual presenta un comportamiento normal sobre esta unidad, las juntas presentan abertura de hasta 0.3 cm, con relleno de arenas, gravas y limos o en su defecto limpias, estas rocas presentan porosidad primaria por ser conglomerados y además presentan porosidad secundaria por estar fracturadas, estas características indican que este tipo de rocas actúan como transporte para la circulación de agua subterránea y favoreciendo el almacenamiento de la misma.

El RMR ajustado nos da una puntuación de 63 siendo de clase II y tipo **macizo rocoso BUENO**.

TABLA 42: ANALISIS DE MACIZO ROCOSO DELGRUPO MITU.

ESTUDIO DE ANÁLISIS DE MACIZO ROCOSO MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA Y HUAYRACHAPI-MISKIUNU							
HOJA 29s-29t / ZONA: 19L GRUPO MITU					N	8446343	
					E	231872	
					Z	3900	
VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACIÓN GEOMECANICA DE BIENIAWSKI - RMR 1989							
<b>1. Resistencia de la roca inalterada</b>							
Indice de carga puntual	>10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para estos rangos bajos es preferible utilizar las pruebas de UCS		
Resistencia a la compresión uniaxial	>200 Mpa	100 - 200 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50Mpa	10 - 25 Mpa	3 - 10 Mpa	1 - 3 Mpa
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
						<b>VALORACION</b>	12
<b>2. Valor de RQD (Rock Quality Desing)</b>							
Rango de valores	90 - 100%	75 - 90%	50 - 75%	25 - 50%	< 25%		
Puntaje	20	17	13	6	3		
						<b>VALORACION</b>	13
<b>3. Espaciamiento de fracturas o discontinuidades</b>							
Rango de valores	>2 m	0.6 m - 2 m	20 cm - 60 cm	6 cm - 20 cm	< 6 cm		
Puntaje	20	17	13	6	3		
						<b>VALORACION</b>	13
<b>4. Condición de juntas o discontinuidades</b>							
<b>4.1. Longitud o persistencia de las discontinuidades</b>							
Rango de valores	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
Puntaje	6	4	2	1	0		
						<b>VALORACION</b>	4
<b>4.2. Abertura de las discontinuidades</b>							
Rango de valores	Nada	< 0.1 mm	0.1 mm - 1.0 mm	1 mm - 5 mm	> 5 mm		
Puntaje	6	5	3	1	0		
						<b>VALORACION</b>	1
<b>4.3. Rugosidad de las discontinuidades</b>							
Condicion	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave		
Puntaje	6	5	3	1	0		
						<b>VALORACION</b>	3
<b>4.4. Relleno de las discontinuidades</b>							
Condicion	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
Puntaje	6	4	2	2	0		
						<b>VALORACION</b>	2
<b>4.5. Alteracion de las discontinuidades</b>							
Condicion	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
Puntaje	6	5	3	1	0		
						<b>VALORACION</b>	5
<b>5. Flujo de agua en las juntas o discontinuidades</b>							
Condicion	Completamente seco	Ligeramente seco	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
Puntaje	15	10	7	4	0		
						<b>VALORACION</b>	15
<b>Ajuste por orientacion de las discontinuidades</b>							
Orientacion de rumbo y buzamiento		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorables	Muy desfavorables	
Puntaje según el tipo de trabajo	Tuneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12	
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25	
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60	
Indicar el tipo de trabajo: S						<b>VALORACION</b>	-5
<b>VALOR DEL RMR</b>							
RMR Basico						68	
RMR Ajustado						63	
<b>CLASE DE MACIZO ROCOSO</b>							
RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0		
Descripcion	I MUY BUENA	II BUENA	III MEDIA	IV MALA	V MALA		
<b>RELACION RMR Y PROPIEDADES GEOMECANICAS</b>							
COHESION (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100		
ANGULO DE FRICCION (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15		

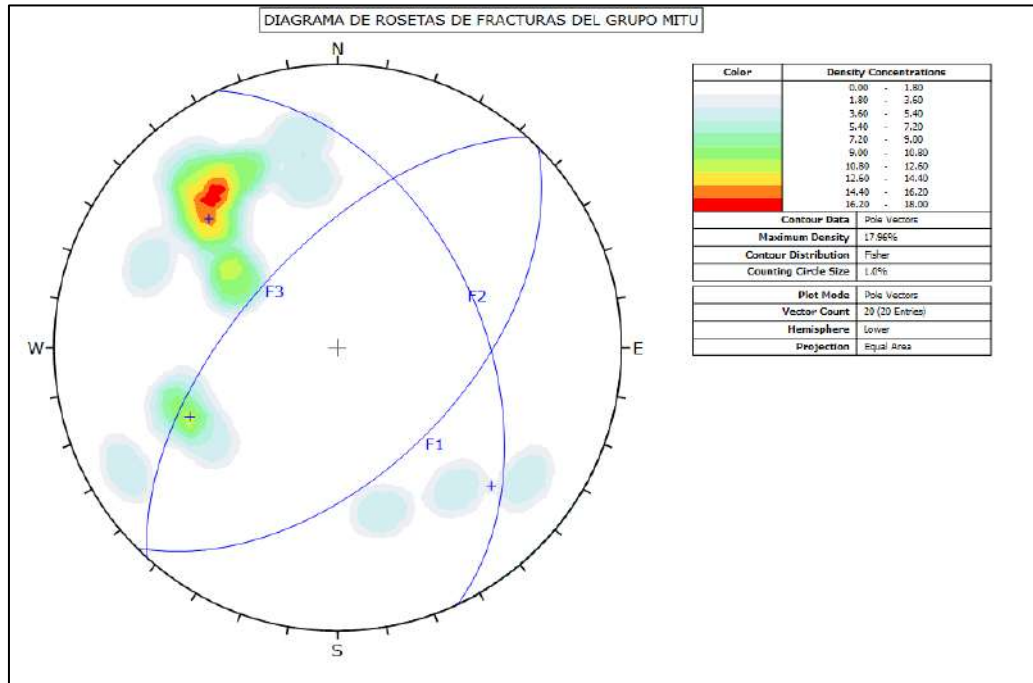
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, SEGÚN BIENIAWSKI 1989.

**TABLA 43: RESUMEN ESTACIONES GEOMECANICAS DEL GRUPO MITU.**

SISTEMA DE FRACTURAS GRUPO MITU																							
ESTACIONES	SET DE JUNTAS	DIP	DIP/DIR	ESTE	NORTE	ALTITUD	TIPO DISCONTINUIDAD	RESISTENCIA	# DISCONTINUIDAD	DISTANCIA LINEAL (m)	DENSIDAD DE DISCONTINUIDAD	RQD (%)	ESPACIAMIENTO (cm)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	APERTURA (cm)	RUGOSIDAD	RELLENO (mm)	ALTERACION	PRESENCIA DE AGUA			
ESTACION 1	1	65	170	231720	8447686	3895	fractura/diacleasa	R5	10	0.9	11.11	69.5	45	1.5	5	0.5	LR	5	LA	LS			
	2	72	140				fractura/diacleasa						20	0.7	3.5	0.35	LR	3.5	LA	S			
	3	55	320				fractura/diacleasa						70	0.5	1	0.1	O	1	LA	LS			
	4	35	125				fractura/diacleasa						50	0.9	1	0.1	O	1	I	S			
	5	62	114				fractura/diacleasa						15	1.1	2.5	0.25	LR	2.5	LA	LS			
ESTACION 2	1	53	68	232119	8446232	3912	fractura/diacleasa	R4	13	1.2	10.83	70.51	20	0.5	2	0.2	LR	2	MA	H			
	2	65	140				fractura/diacleasa						45	0.9	1	0.1	O	1	LA	S			
	3	55	135				fractura/diacleasa						15	1.3	8	0.8	LR	8	LA	S			
	4	50	345				fractura/diacleasa						80	0.7	3	0.3	LR	3	LA	LS			
	5	52	138				fractura/diacleasa						35	1	4	0.4	LR	4	LA	S			
	6	60	152				fractura/diacleasa						30	1	2	0.2	O	2	LA	LS			
ESTACION 3	1	70	305	231099	8448564	4082	fractura/diacleasa	R4	10	0.8	12.5	64.46	20	0.9	0.5	0.05	LR	0.5	I	S			
	2	60	150				fractura/diacleasa						30	1	4	0.4	O	4	LA	S			
	3	47	71				fractura/diacleasa						50	0.5	1	0.1	O	1	LA	LS			
	4	35	121				fractura/diacleasa						15	1.2	6	0.6	LR	6	LA	S			
	5	46	55				fractura/diacleasa						20	1.1	2.5	0.25	LR	2.5	MA	H			
ESTACION 4	1	50	170	230111	8449246	3948	fractura/diacleasa	R5	11	1	11	69.9	70	1.4	15	1.5	O	15	I	S			
	2	60	135				fractura/diacleasa						30	1	3	0.3	LR	3	LA	LS			
	3	75	60				fractura/diacleasa						15	0.8	0.5	0.05	O	0.5	LA	S			
	4	45	130				fractura/diacleasa						20	1	2	0.2	LR	2	LA	S			
												<b>S=</b>	<b>34.750</b>			<b>a=</b>	<b>0.128</b>						

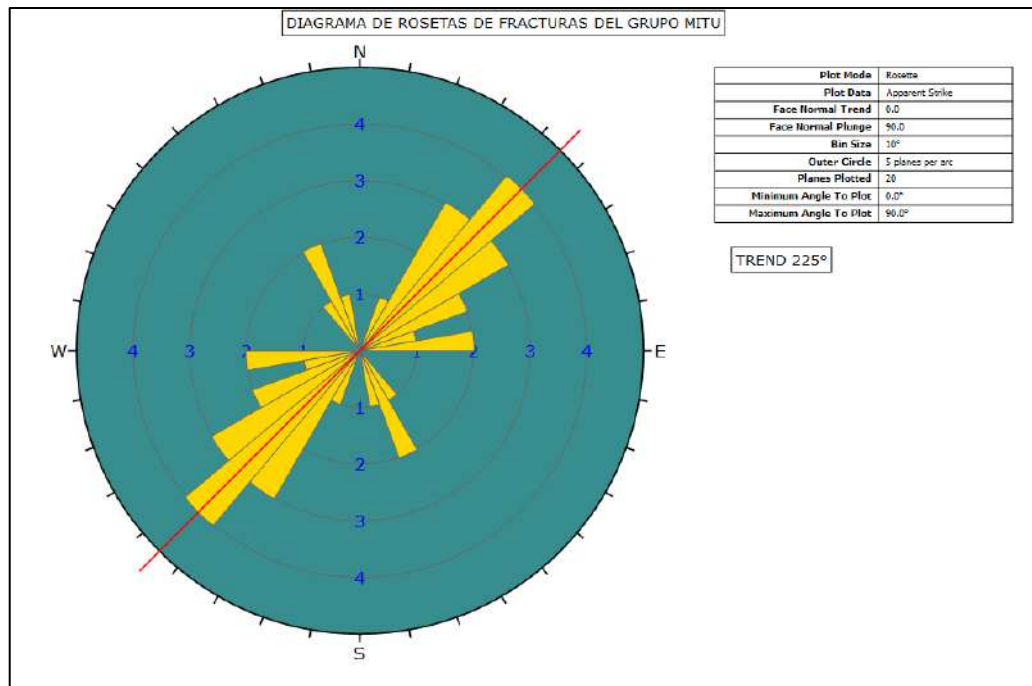
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**IMAGEN 25: PRINCIPALES FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES DEL GRUPO MITU.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, PROCESO EN SOFTWARE DIPS.

**IMAGEN 26: PRINCIPALES ORIENTACIONES DE DISCONTINUIDADES DEL GRUPO MITU.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, PROCESO EN SOFTWARE DIPS.

De acuerdo al análisis realizado con el software Dips y el diagrama de rosetas de las estaciones estructurales del Grupo Mitu se evidencia que las fracturas y/o diaclasas presentan una tendencia principal NE-SW con un trend principal de  $224^\circ$  siendo casi perpendiculares a la estratificación, estas estructuras están asociadas al movimiento y deformación de la falla Sangarara (Normal) la cual tiene un buzamiento al SW al igual que el buzamiento de las fracturas del Grupo Mitu.

Entonces en la microcuenca Huayrahapi-Miskiunu el control estructural por fallamiento, estratificación y fracturamiento favorece el control y dirección de los flujos de agua subterránea siendo estas en sentido favorable de la pendiente de esta microcuenca.

## **CAPITULO VI: HIDROLOGÍA.**

### **6.1. GENERALIDADES.**

La hidrología es la ciencia que versa sobre el agua en la tierra, su distribución sus propiedades físicas y químicas y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos según Kavasel, proporciona al ingeniero los métodos para resolver los problemas prácticos que se presentan en el diseño, planeación y la operación de estructuras hidráulicas, según Villon Bejar

Ahora bien, el ciclo hidrológico es un proceso, por el cual, el agua evaporada después de pasar por sus diferentes etapas vuelve al océano, llevando consigo el movimiento o transferencia de masas de agua de un lugar a otro. Asimismo, es el principal causante del origen del agua subterránea.

Dentro de este ciclo destacan la precipitación, evapotranspiración, infiltración, escorrentías, etc. Así, la verdadera fuente de casi todas las reservas hídricas, lo constituyen las precipitaciones que caen sobre las áreas terrestres, parte de ellas se infiltran dentro de dichas áreas mediante la influencia de la gravedad, hasta llegar al depósito subterráneo.

El estudio hidrológico del distrito de Acopia-Acomayo, es importante dado que nos permitirá tener el conocimiento real de las fuentes de agua superficial con el que cuenta el distrito. Las fuentes de agua superficial representan el elemento vital para un sistema de abastecimiento de uso poblacional, agrícola, pecuario, piscícola, energético entre otros, Asimismo, también sirven para mantener a las especies silvestres de flora y fauna existentes (uso ecológico); por lo tanto, es necesario definir, su ubicación, cantidad, calidad, y distribución dentro de las microcuencas del distrito, mediante un Inventario de fuentes de agua superficial.

### **6.2. CLIMA.**

El agrupamiento sistemático de los elementos del clima en clases, según sus relaciones comunes se puede fundamentar en gran número de parámetros.

Se basa en el concepto de evapotranspiración potencial y en el balance de vapor de agua y contiene cuatro criterios básicos: índice global de humedad, variación estacional de la humedad efectiva, índice de eficiencia térmica y concentración estival de la eficacia térmica. La evapotranspiración potencial (ETP) se determina a partir de la temperatura media mensual, corregida según la duración del día y el exceso o déficit se calcula a partir



del balance del vapor de agua, considerando la humedad (Ih) que junto con la ETP permite definir los tipos de clima, que se subdividen en otros en función del momento de los años con exceso o falta de agua y de la concentración estacional de la eficacia térmica. Para el cálculo de cada microcuenca se tomaron en cuenta diferentes pasos descritos a continuación: (ver Anexos – Mapa Climático)

### 6.2.1. REGIMEN DE HUMEDAD (Im).

$$Im = \frac{(100 * E - 60D)}{ETP}$$

Donde:

E: exceso de humedad en el año

P: deficiencia de humedad en el año

ETP: Evapotranspiración potencial anual.

**TABLA 44: TIPOS DE CLIMA SEGÚN EL REGIMEN DE HUMEDAD.**

CLIMAS HUMEDOS		
SIMBOLOS	TIPO DE CLIMA	INDICE HIDRICO
A	Super humedo	Mayor a 100
B4	Muy humedo	80 a 100
B3	Humedo	60 a 80
B2	Moderadamente humedo	40 a 60
B1	Ligeramente humedo	20 a 40
C2	Sub humedo humedo	0 a 20
CLIMAS SECOS		
C1	Sub humedo seco	0 a -20
D	Semiarido o seco	-20 a -40
E	Arido	-40 a -60

FUENTE: CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE

### 6.2.2. VARIACION ESTACIONAL DE LA HUMEDAD.

Dependiendo de si el lugar presenta un clima húmedo se emplea la fórmula de índice de aridez (Ia), ya que nos interesa caracterizar la magnitud y distribución de los periodos secos en un lugar predeterminado. Por el contrario, si el lugar tiene un clima seco, utilizamos el índice de humedad (Ih), para saber cómo está distribuida la posible humedad que exista en el lugar y qué importancia tiene estación húmeda.

$$Ia = \frac{100 * D}{ETP}$$



Donde:

Ia: Índice de aridez

D: deficiencia en el año

ETP: porcentaje de la evapotranspiración anual

$$Ih = \frac{100 * E}{ETP}$$

Donde:

Ih: Índice de humedad

E: Excedente en el año.

ETP: porcentaje de la evapotranspiración anual.

**TABLA 45: VARIACION ESTACIONAL DE HUMEDAD SEGUN EL TIPO DE CLIMA.**

SIMBOLOS	TIPO DE VARIACION	INDICE DE VARIACION
<b>PARA CLIMAS HUMEDOS( Índice de aridez(Ia))</b>		
r	Nula o pequeña deficiencia de agua	0 a 16.7
s	Moderada deficiencia en verano	16.6 a 33.3
w	Moderada deficiencia en invierno	16.3 a 33.3
s2	Gran deficiencia en verano	mas de 33.3
w2	Gran deficiencia en invierno	mas de 33.3
<b>PARA CLIMAS SECOS(Índice de humedad (Ih))</b>		
d	Nula o pequeño exceso de agua	0 a 10
s	Moderado exceso en verano	10 a 20
w	Moderado exceso en invierno	10 a 20
s2	Gran exceso en verano	mas de 20
w2	Gran exceso en invierno	mas de 20

FUENTE: CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE

### 6.2.3. INDICE DE EFICIENCIA TERMICA.

Este se determina con el valor de la evapotranspiración anual en mm (Según Thornthwaite).

**TABLA 46: CLASIFICACION DEL INDICE DE EFICIENCIA TERMICA SEGÚN REGION.**

SIMBOLO	REGION TERMICA	ETP (mm)
A'	Megatermica o calida	1140 y mas
B'4	Mesotermica semi calida	997 a 1140
B'3	Mesotermica templada calida	855 a 997
B'2	Mesotermica templada fria	712 a 855
B'1	Mesotermica semi fria	570 a 712
C'2	Microtermica fria moderada	427 a 570
C'1	Microtermica fria acentuada	285 a 427
D'	Tundra o nival	142 a 285
E'	Helado o glacial	menos de 142

FUENTE: CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE.

#### 6.2.4. CONCENTRACION DE LA EFICIENCIA TERMICA EN VERANO:

No indica como es el régimen térmico durante el verano en relación con el resto del año, o lo que es similar, cual es el nivel de concentración de temperaturas altas durante esta época del año.

$$ET = \left( \frac{ETP_{\text{meses de verano}}}{ETP_{\text{anual}}} \right) * 100$$

Donde:

ET: Eficiencia térmica.

ETP meses de verano: Evapotranspiración en los meses de Junio Julio y Agosto.

ETP anual: Evapotranspiración 12 meses.

**TABLA 47: CONCENTRACION DE EFICIENCIA TERMICA SEGÚN TIPO DE CLIMA.**

TIPO DE CLIMA	%VERANO/AÑO
a'	Menos del 48
b'4	48 a 51.9
b'3	51.9 a 56.3
b'2	56.3 a 61.6
b'1	61.6 a 68.0
c'2	68.0 a 76.3
c'1	76.3 a 88.0
d'	mas de 88 %

FUENTE: CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE.

### 6.2.5. CLIMA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.

EL clima para la microcuena varia de semifrío a moderadamente frio con la región de humedad moderadamente húmeda en los sectores con menor altitud y húmeda a muy húmeda en los sectores con mayor altitud, la variación estacional de la humedad es constante en toda la zona y se considera como de moderada deficiencia en invierno ocupando la Región mesotérmica en menores altitudes y microtérmica en las altitudes mayores a 3950 hasta 4400.

**TABLA 48: RESUMEN DEL CLIMA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

CLIMA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA										
ALTITUD	INDICES CLIMATICOS				REGION DE HUMEDAD	VARIACION ESTACIONAL DE HUMEDAD	REGION DE EFICIENCIA TERMICA	CLIMA	AREA	
	Im	Ia	IC %	ETP					Km <sup>2</sup>	%
3700-3950	B2	W	a'	B'1	Moderadamente humedo	Moderada deficiencia en invierno	Mesotermica	Semi fria	10.307	42.349
3950-4000	B2	W	a'	C'2	Moderadamente humedo	Moderada deficiencia en invierno	Microtermica	Fria moderada	11.315	46.494
4000-4350	B3	W	a'	C'2	Humedo	Moderada deficiencia en invierno	Microtermica	Fria moderada	2.694	11.068
4350-4400	B4	W	a'	C'2	Muy humedo	Moderada deficiencia en invierno	Microtermica	Fria moderada	0.022	0.088
<b>TOTAL</b>									<b>24.337</b>	<b>100.000</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.2.6. CLIMA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU

En la zona estudiada el clima es variante de semifrío a Frio moderada siendo influenciada la mayor parte del territorio de la microcuena por este último, se tiene que la eficiencia térmica es de Región Mesotérmica en las altitudes que van de 3650 a 4300 msnm y Microtérmica las de mayor altitud es decir las que varían de 4300 a 4450 msnm.

**TABLA 49: RESUMEN SOBRE EL CIMA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

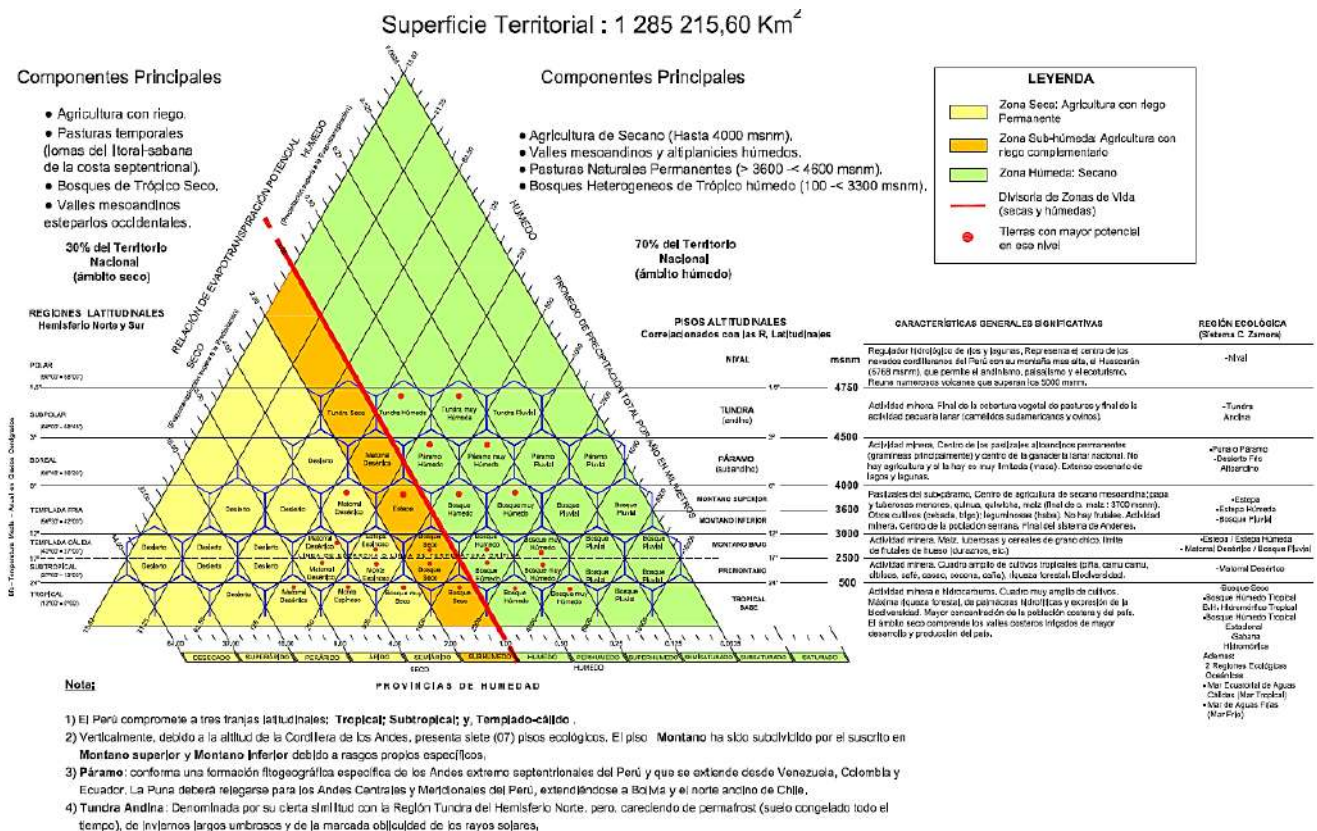
CLIMA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU										
ALTITUD	INDICES CLIMATICOS				REGION DE HUMEDAD	VARIACION ESTACIONAL DE HUMEDAD	REGION DE EFICIENCIA TERMICA	CLIMA	AREA	
	Im	Ia	IC %	ETP					Km <sup>2</sup>	%
3650-3700	B1	W	a'	B'1	Ligeramente humedo	Moderada deficiencia en invierno	Mesotermica	Semi fria	1.407	14.185
3700-4200	B2	W	a'	B'1	Moderadamente humedo	Moderada deficiencia en invierno	Mesotermica	Fria moderada	8.282	83.498
4200-4300	B3	r	a'	B'1	Humedo	Moderada deficiencia en invierno	Mesotermica	Semi fria	0.180	1.812
4300-4450	B3	r	a'	C'2	Humedo	Nula o pequeña deficiencia de agua	Microtermica	Fria moderada	0.050	0.505
<b>TOTAL</b>									<b>9.921</b>	<b>100.000</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.3. ZONA DE VIDA.

El sistema de clasificación en Zonas de Vida fue propuesto por el botánico y climatólogo Leslie R. Holdridge (1907-1999), quien basado en sus observaciones y trabajos forestales en la región del Caribe y su estudio sobre la vegetación de Haití, propone este sistema el que clasifica las áreas terrestres acorde al comportamiento de las variables climáticas Temperatura (Bioclima) y Precipitación, asociado a la ubicación Latitudinal y Altitudinal. (ver Anexos – Mapa de Zonas de Vida).

IMAGEN 27: DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO DE ZONAS DE VIDA DEL SISTEMA HOLDRIDGE



FUENTE: ADAPTADO E INTERPRETADO A LA GEOGRAFIA DEL PERU POR ING. CARLOS J. ZAMORRA J. 2009.

Para la zona de estudio se utilizó la misma clasificación, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

#### 6.3.1. ZONAS DE VIDA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.

La microcuenca Santo Domingo-Acofia se encuentra comprendido entre alturas que van de 3700 a 4400 msnm, con una temperatura mínima de 5.86 en las partes más altas y una temperatura de 9,69 en las partes más bajas. Principalmente observamos una región ecológica de Bosques húmedos con un clima templado frio y piso altitudinal montano inferior y montano superior correspondiente a las alturas entre 3000 a 4000

msnm en las partes bajas y en la parte alta una región ecológica correspondiente al paramos Paramo muy húmedo con un clima boreal y piso altitudinal Paramos sub andino comprendido entre alturas de 4000 a 4500 msnm.

Todo lo mencionado anteriormente es favorable para la producción de cultivos y el incremento de la actividad agrícola. Sin embargo, en la parte más alta se puede realizar la crianza de camélidos americanos y ovinos, por la existencia de pastizales alto andinos permanentes, lo cual incrementaría la actividad ganadera.

**TABLA 50: ZONA DE VIDA EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**

ZONAS DE VIDA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA							
ALTITUD	COEFICIENTE CORECCION	BIO ISOTERMAS (T°)	POTENCIAL DE EVAPORACION	ISOHIETAS ANUAL (P)	RELACION DE EVAPORACION	DESCRIPCION DE ZONAS DE VIDA	SIMBOLO
3700 - 3900	58.53	9.65	564.67	818.86	0.690	Bosque humedo-Montano inferior-Templado frio	Bh-MiTf
3900 - 4200	58.53	7.75	453.77	868.85	0.522	Bosque humedo-Montano superior-Templado frio	Bh-MsTf
4200 - 4350	58.53	6.49	379.84	900.64	0.422	Bosque muy humedo-Montano superior-Templado frio	Bmh-MsTf
4350 - 4400	58.53	5.86	342.87	916.12	0.374	Paramo muy humedo-Paramo Subandino-Boreal	Pmh-Psab

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.3.2. ZONAS DE VIDA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.

En esta microcuena las variaciones de temperatura varían entre 5.54 a 10.28 °C, lo cual nos indica que nos encontramos entre altitudes de 3650 a 4450 msnm, con regiones ecológicas que van desde bosques húmedos y paramos subhúmedos en las partes más altas.

Con pisos latitudinales que van de montano inferior a superior lo cual no da características buenas para la producción de diversos cultivos como quinua, papa, habas cebada con un clima templado frio. Asimismo, en el piso latitudinal correspondiente al paramo Subandino con un clima boreal podemos intensificar la actividad pecuaria con la crianza de ovinos y camélidos sudamericanos.

**TABLA 51: ZONA DE VIDA EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**

ZONAS DE VIDA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU							
ALTITUD	COEFICIENTE CORECCION	BIO ISOTERMAS (T°)	POTENCIAL DE EVAPORACION	ISOHIETAS ANUAL (P)	RELACION DE EVAPORACION	DESCRIPCION DE ZONAS DE VIDA	SIMBOLO
3650 - 3700	58.53	10.28	601.64	801.50	0.751	Bosque humedo-Montano inferior-Templado frio	Bh-MiTf
3700 - 4250	58.53	7.44	435.29	876.90	0.496	Bosque humedo-Montano superior-Templado frio	Bh-MsTf
4250 - 4350	58.53	6.17	361.36	908.41	0.398	Bosque muy humedo-Montano superior-Templado frio	Bmh-MsTf
4350 - 4450	58.53	5.54	324.39	923.76	0.351	Paramo muy Humedo-Paramo Subandino-Boreal	Pmh-Psab

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

## 6.4. PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LAS MICROCUENCAS.

Para el estudio y determinación de los parámetros geomorfológicos se precisa de información cartográfica de la topografía, del uso del suelo y de la permeabilidad de la zona de estudio. La medición y análisis cuantitativo de las características físicas se denomina morfometría de la cuenca, por lo cual se efectúa un análisis general para las microcuencas, referente a: elementos de superficie (área), elementos de distancia (perímetro, longitud axial, ancho promedio y centro de gravedad), elementos de forma (factor de forma, índice de compacidad, rectángulo equivalente), elementos de relieve (elevación, mediana de la altitud).

En general los parámetros geomorfológicos, definen las características del comportamiento del recurso hídrico, como, por ejemplo, el escurrimiento, el tiempo de concentración, distribución, etc. (ver Anexos – Mapa Parámetros Geomorfológicos de la cuenca).

### 6.4.1. ELEMENTOS DE SUPERFICIE.

#### 6.4.1.1. AREA DE LAS MICROCUENCAS (Ac).

El área de la cuenca es probablemente la característica más importante para el diseño, se refiere al área proyectada de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural en un plano horizontal, es de forma muy irregular, se obtiene después de la delimitación de la cuenca, es decir parte de la delimitación del divortium acuarium de toda el área.

Para su cálculo se puede usar papel milimetrado o un planímetro, pero también es posible determinarla por medio de herramientas informáticas, para lo que es necesario disponer de una base cartográfica digital y de un SIG (ArcView, ArcGIS, etc.) y/o un programa de dibujo asistido por ordenador (AutoCAD Civil 3D, etc.).

**TABLA 52: VALORES DEL ÁREA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	AREA	Ac	24.33652	Km <sup>2</sup>
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			9.920913	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



#### 6.4.1.2. PERIMETRO DE LAS MICROCUENCAS (P).

Es el entorno a partir de un divortium acuarium y tiene influencia en la forma y tiempo de concentración de la cuenca. Informa sucintamente sobre la forma de la cuenca; para una misma superficie, los perímetros de mayor valor se corresponden con cuencas alargadas mientras que los de menor lo hacen con cuencas redondeadas.

El perímetro (P) y su forma están íntimamente relacionados con la litología y edad de la cuenca de drenaje. Materiales blandos darán formas redondeadas, mientras que materiales más duros darán formas más quebradas o lobuladas. Igualmente, ya que la tendencia de las cuencas es la de conseguir formas redondeadas, a igualdad de litología, una cuenca redondeada implicar mayor desarrollo.

**TABLA 53: VALORES DE PERÍMETRO DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	PERIMETRO	P	23.936145	Km
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			13.852089	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 6.4.1.3. LONGITUD AXIAL (Lax).

Es la línea recta que une a la desembocadura y el punto extremo de la microcuenca.

**TABLA 54: VALORES DE LONGITUD AXIAL DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	LONGITUD AXIAL	Lax	6.389425	Km
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			2.54628911	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 6.4.1.4. ANCHO PROMEDIO DE LA CUENCA (Ap).

Representa la distancia media del ancho medio de la cuenca en línea recta. Se define a través de:

$$Ap = \frac{Ac}{Lax}$$

Donde:

Ac: Área de la cuenca

Lax: Longitud Axial de la cuenca

**TABLA 55: VALORES DEL ANCHO PROMEDIO DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	<b>ANCHO PROMEDIO</b>	Ap	3.80887482	Km
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			3.8962241	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 6.4.1.5. CENTRO DE GRAVEDAD O CENTROIDE.

Definiremos el centro de gravedad de una cuenca como el punto central de la misma atendiendo exclusivamente a la forma del perímetro (P). Su localización no es inmediata, sino que viene dada por el valor medio de las coordenadas x, y, de la superficie de la cuenca, después de superponer a la representación de la misma una retícula ortogonal asignando una coordenada a cada nudo de esta que quede dentro del perímetro de la cuenca.

La posición del centro de gravedad, si es equidistante de la línea del perímetro, nos señalará cierta simetría de la cuenca respecto a un punto central, lo que nos indicará la redondez de la misma.

**TABLA 56: COORDENADAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	<b>CENTRO DE GRAVEDAD O CENTROIDE</b>	X	228785	msnm
		Y	8441130	
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU		X	231239	
		Y	8446400	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 6.4.1.6. DESNIVEL ALTITUDINAL (DA).

Es el valor de la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la más baja. Se relaciona con la variabilidad climática y ecológica puesto que una cuenca con mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura

$$DA = HM - Hm$$

Donde

DA = Desnivel Altitudinal.

HM = Altitud máxima en msnm

Hm= Altitud mínima en msnm

**TABLA 57: VALORES DEL DESNIVEL ALTITUDINAL DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	DESNIVEL ALTITUDINAL	DA	700	m
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			800	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 6.4.1.7. LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (Lp).

También en este caso, existen dos posibilidades para medir la longitud del curso principal. La primera y más utilizada es la medida de dicho curso en toda su longitud, y se simboliza por Lh (length of main channel), incluyéndose, por tanto, toda la sinuosidad del mismo. La otra posibilidad es la medida de la longitud del eje del curso principal, entendiéndose por eje la línea que pasa por el centro de la llanura de inundación.

**TABLA 58: VALORES DEL LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	Lp	5.443	Km
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			2.06	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 6.4.1.8. ELEMENTOS DE FORMA.

##### A. INDICE O FACTOR DE FORMA (Rf).

Expresa la relación, entre el ancho promedio de la cuenca y la longitud axial. Esta última medida se obtiene con la longitud del cauce principal (corriente con mayor extensión).

En una cuenca donde el factor forma sea bajo es probable que posea zonas con pendientes mayores, lo cual nos indica que esta menos sujeta a inundaciones y cuencas con factor forma alto pueden indicar cuencas con sumideros o poca pendiente por lo cual estas nos indican que tendrán mayor posibilidad de concentrar una intensidad de lluvia intensa simultánea sobre toda su extensión por lo tanto es más susceptible a inundaciones (Monsalve, 1995).

Donde:

$$AP = \frac{Ac}{Lax}$$

AP: Ancho promedio de la cuenca

Ac: Área de la cuenca

$$Ff = \frac{AP}{Lax}$$

Lax: Longitud axial de la cuenca

**TABLA 59: VALORES DEL FACTOR DE FORMA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	FACTOR DE FORMA	Rf	0.59612169	Adimensional
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			1.53015778	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En síntesis, podemos decir que, de acuerdo a los datos obtenidos, según Horton R. E., 1932 la Microcuenca Santo Domingo-Acopia es una microcuenca **Cuadrada con salida lateral** y según Pérez 1979 es **Ligeramente ensanchada**.

Asimismo, la microcuenca Huayrachapi –Miskiunu según la clasificación de Horton es de tipo **Circular o redonda** y según Pérez 1979 es **Ensanchada**. Todas estas clasificaciones se encuentran descritas en los cuadros que se muestran a continuación.

**TABLA 60: VALORES DEL FACTOR DE FORMA SEGÚN HORTON R.E.1932**

FACTOR DE FORMA	TIPO DE FORMA
1.00	Circular o redonda
0.79	Cuadrado con salida central
0.5	Cuadrado con salida lateral
0.40 Y 0.50	Oval
< 0.30	Rectangular alargada

FUENTE: HORTON R.E. 1932.

**TABLA 61 : VALORES DEL FACTOR DE FORMA SEGÚN PEREZ 1979**

FACTOR DE FORMA	FORMA
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

FUENTE: PEREZ, 1979.

#### 6.4.1.9. INDICE DE COMPACIDAD O INDICE DE GRAVELIUS (Kc).

Es un número dimensional, el cual expresa la relación la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca. (GRAVELIUS, 1914)

Si  $A > Kc$  la cuenca tendrá formas alargadas. Cuanto más los valores se acercan a 1 las cuencas tienden a ser más circulares y cuanto más alargadas sean las cuencas el índice de Gravelius tiende a ser mayor, es decir:

$K_c=1$ , entonces la cuenca es circular

$K_c > 1$  entonces la cuenca tiende a ser alargada y por lo tanto se aplica el mismo criterio para el índice de forma. (Monsalve, 1995).

$$K_c = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{Ac}}$$

Donde:

P: Perímetro de la cuenca

Ac: Área de la cuenca

**TABLA 62: VALORES DEL COEFICIENTE DE COMPACIDAD DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS.**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	Kc	1.36827716	Adimensional
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			1.24019096	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De igual manera podemos clasificar a las microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu como **Oval redonda a Oval oblonga**. Dichos rangos fueron realizados por FAO 1985 y se muestran a continuación.

**TABLA 63: VALORES DEL COEFICIENTE DE COMPACIDAD O GRAVELIOUS**

RANGO	FORMA
1.00 - 1.25	Redonda a oval redonda (compacta)
1.25 - 1.50	Oval redonda a oval oblonga
1.50 - 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga
> 1.75	Casi rectangular (alargada)

FUENTE: FAO 1985 BASADO EN GRAVELIOUS, 1914; HORTON, 1932; JARDÍ, 1985.

#### 6.4.1.10. INDICE O COEFICIENTE DE CIRCULARIDAD ( $C_c$ ).

La razón de circularidad fue introducida por Miller en 1935 y relaciona el área (A) de la cuenca en cuestión con el área de un círculo de igual perímetro (P)

$$C_c = \frac{P}{2 * \sqrt{\pi * Ac}}$$

Donde:

$C_c$ : Índice de circularidad

P: Perímetro de la cuenca

Ac: Área de la cuenca

**TABLA 64: VALORES DEL COEFICIENTE DE CIRCULARIDAD DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	COEFICIENTE DE CIRCULARIDAD	Cc	1.36873549	Adimensional
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			1.24060639	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Con respecto a los datos obtenidos según el índice o coeficiente de circularidad las microcuencas Santo Domingo-Acofia y Huayrachapi-Miskiunu tienen una forma **Circular** según MILLER 1953, basados en el cuadro mostrado a continuación.

**TABLA 65: VALORES DEL COEFICIENTE DE CIRCULARIDAD SEGÚN MILLER**

COEFICIENTE DE CIRCULARIDAD	FORMA
< 1	Alargada
> 1	Circular

FUENTE: MILLER, 1953

#### 6.4.1.11. COEFICIENTE DE ELONGACION (Ce).

Esta variable, introducida por Schumm en 1956, relaciona el diámetro del círculo asociado con la longitud de la cuenca.

$$Ce = \frac{1.128 * \sqrt{Ac}}{Lp}$$

Donde:

Ce: Índice de circularidad

Ac: Área de la cuenca

Lp: Longitud del cauce principal

**TABLA 66: VALORES DEL COEFICIENTE DE ELONGACION DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	COEFICIENTE DE ELONGACION	Ce	1.02235095	Adimensional
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			1.72471643	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 67: VALORES DEL COEFICIENTE DE ELONGACIÓN SEGÚN SHUMM 1956**

COEFICIENTE DE ELONGACION	FORMA
< 1	Alargada
> 1	Circular

FUENTE: SHUMM 1956



Según SHUMM 1956, las microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu tiene una forma **Circular**, lo cual se correlaciona a los valores de circularidad.

#### 6.4.1.12. RECTANGULO EQUIVALENTE.

Es la transformación geométrica que permite representar a la cuenca de su forma heterogénea, con la forma de un rectángulo que tiene la misma área y perímetro (por lo tanto, el mismo índice de compacidad o índice de Gravelious), igual distribución de alturas (por lo tanto, igual curva hipsométrica) e igual distribución de terreno. en cuanto a sus condiciones de cobertura.

LADO MAYOR (L):

$$L = \frac{Kc \cdot \sqrt{\pi \cdot Ac}}{2} * \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4}{\pi \cdot Kc^2}}\right)$$

Donde:

L=altura del rectángulo en km

l= base del rectángulo en km

LADO MENOR (l):

$$l = \frac{Kc \cdot \sqrt{\pi \cdot Ac}}{2} * \left(1 - \sqrt{1 + \frac{4}{\pi \cdot Kc^2}}\right)$$

Kc= coeficiente de Gravelious

Ac= Área de la cuenca en km<sup>2</sup>

**TABLA 68: VALORES DE L Y l PARA LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	RECTANGULO EQUIVALENTE	1	9.36553079	Km
		L	2.5985201	
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU		1	4.89836539	
		L	2.02535177	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Del cuadro anterior podemos sacar los siguientes datos:

**TABLA 69: VALORES DEL RECTANGULO EQUIVALENTE DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	RECTANGULO EQUIVALENTE	
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	L*1	24.33652
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU		9.920913

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

## 6.4.2. ELEMENTOS DE RELIEVE.

### 6.4.2.1. ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA (Hm).

Es la elevación promedio referida al nivel de la estación de aforo de la boca de la cuenca.

La variación altitudinal de una cuenca hidrográfica incide directamente sobre su distribución térmica y por lo tanto en la existencia de microclimas y hábitats muy característicos de acuerdo a las condiciones locales reinantes.

Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, el cual, da una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas de ella.

$$Hm = \frac{\sum(ai * hi)}{AC}$$

Donde

Hm=Altitud media de la cuenca

ai = área parcial entre cotas

hi= altitud media entre cotas

Ac= Área de la cuenca en km<sup>2</sup>

**TABLA 70: VALORES DE LA ALTITUD MEDIA DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS.**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	ALTITUD MEDIA	Hm	3959.88133	msnm
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			3838.39884	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.4.2.2. CURVA HIPSOMETRICA.

Representa el área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca. Se construye llevando al eje de las abscisas los valores de la superficie drenada proyectada en km<sup>2</sup> o en porcentaje, obtenida hasta un determinado nivel, el cual se lleva al eje de las ordenadas, generalmente en metros.

**TABLA 71: DATOS DE LA CURVA HIPSOMETRICA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

CURVA HIPSOMETRICA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA						
Altitud m.s.n.m.	Promedio de alturas (m)	Area entre la altitud (km2)	Area acumulada bajo la superficie (km2)	Area acumulada sobre la superficie (km2)	superficie bajo la cota (%)	superficie sobre la cota (%)
3700	0	0	0	24.336577	0	100
3750	3725	2.92716	2.927161	21.409416	12.02782544	87.97217456
3800	3775	2.00256	4.929725	19.406852	20.25644362	79.74355638
3850	3825	2.07248	7.002203	17.334374	28.77234132	71.22765868
3900	3875	2.13955	9.141754	15.194823	37.56384474	62.43615526
3950	3925	2.17299	11.314741	13.021836	46.49273807	53.50726193
4000	3975	2.69371	14.00845	10.328127	57.5612996	42.4387004
4050	4025	2.67945	16.687895	7.648682	68.57124977	31.42875023
4100	4075	2.39776	19.085658	5.250919	78.42375696	21.57624304
4150	4125	2.24594	21.331593	3.004984	87.65239664	12.34760336
4200	4175	1.76101	23.092607	1.24397	94.88847589	5.111524106
4250	4225	0.87142	23.964024	0.372553	98.46916434	1.530835664
4300	4275	0.28647	24.250493	0.086084	99.64627729	0.353722711
4350	4325	0.06455	24.315044	0.021533	99.91152001	0.088479986
<b>AREA TOTAL</b>		<b>24.33658</b>				

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 72: DATOS DE LA CURVA HIPSOMETRICA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

CURVA HIPSOMETRICA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU						
Altitud m.s.n.m.	Promedio de alturas (m)	Area entre la altitud (km2)	Area acumulada bajo la superficie (km2)	Area acumulada sobre la superficie (km2)	superficie bajo la cota (%)	superficie sobre la cota (%)
3650	0	0	0	9.920929	0	100
3700	3675	1.407027	1.407027	8.513902	14.18241175	85.81758825
3750	3725	1.652474	3.059501	6.861428	30.83885592	69.16114408
3800	3775	1.478424	4.537925	5.383004	45.74092809	54.25907191
3850	3825	2.156231	6.694156	3.226773	67.4750923	32.5249077
3900	3875	0.589812	7.283968	2.636961	73.42022103	26.57977897
3950	3925	0.649916	7.933884	1.987045	79.97118012	20.02881988
4000	3975	0.602536	8.53642	1.384509	86.04456296	13.95543704
4050	4025	0.417316	8.953736	0.967193	90.25098355	9.749016448
4100	4075	0.326355	9.280091	0.640838	93.54054444	6.459455561
4150	4125	0.270182	9.550273	0.370656	96.26389827	3.73610173
4200	4175	0.138839	9.689112	0.231817	97.66335391	2.336646094
4250	4225	0.096624	9.785736	0.135193	98.63729495	1.362705045
4300	4275	0.083115	9.868851	0.052078	99.47506932	0.524930679
4350	4325	0.028134	9.896985	0.023944	99.75865163	0.241348366
<b>4400</b>	<b>4375</b>	<b>0.017919</b>	<b>9.914904</b>	<b>0.006025</b>	<b>99.9392698</b>	<b>0.0607302</b>
<b>AREA TOTAL</b>		<b>9.920929</b>				

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 6.4.2.3. RELACION HIPSOMETRICA.

Es una forma conveniente y objetiva de describir la relación entre la propiedad alimétrica de la cuenca en un plano y su elevación Campos (1999). Es posible convertir la curva hipsométrica en función adimensional usando en lugar de valores totales en los ejes, valores relativos: dividiendo la altura y el área por sus respectivos valores máximos. El gráfico adimensional es muy útil en hidrología para el estudio de similitud entre dos

cuencas, cuando ellas presentan variaciones de la precipitación y de la evaporación con la altura. Las curvas hipsométricas también han sido asociadas con las edades de los ríos de las respectivas cuencas.

Donde:

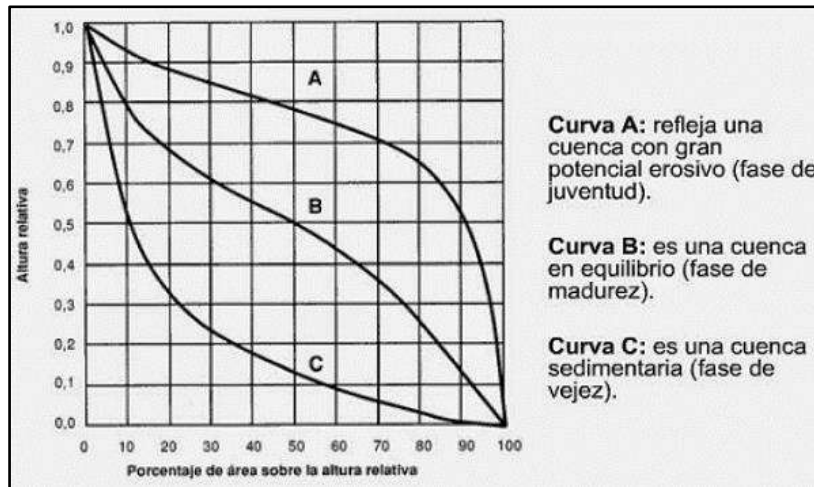
Rh=Relación hipsométrica

$$Rh = \frac{Ss}{Si}$$

Ss =Área por encima de la curva hipsométrica

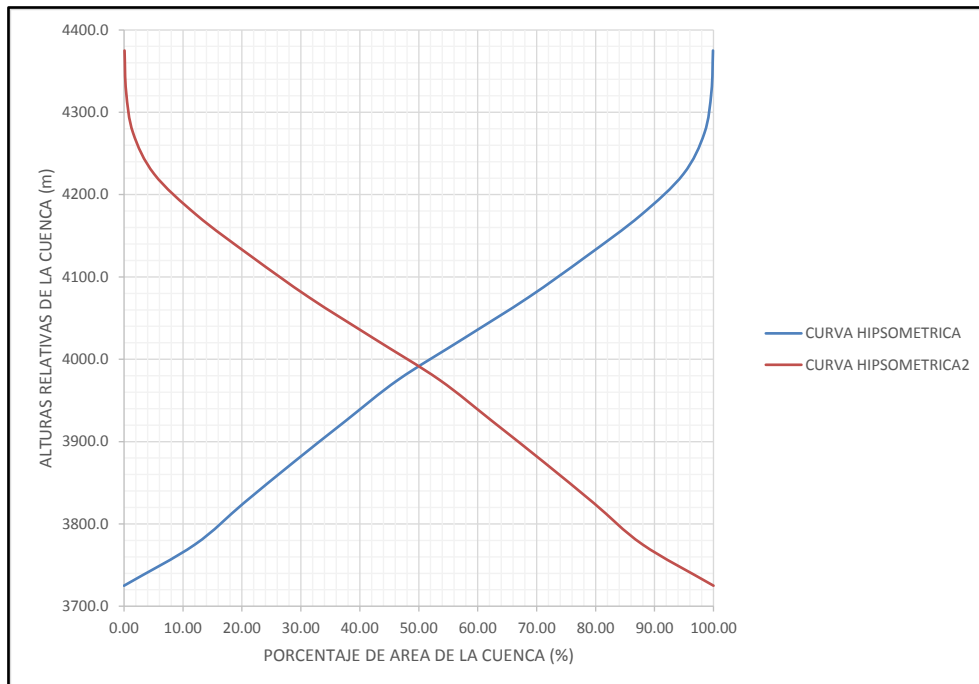
Si= Área por debajo de la curva hipsométrica

**IMAGEN 28: RELACION HIPSONOMETRICA**



FUENTE: STRAHLER ,1952

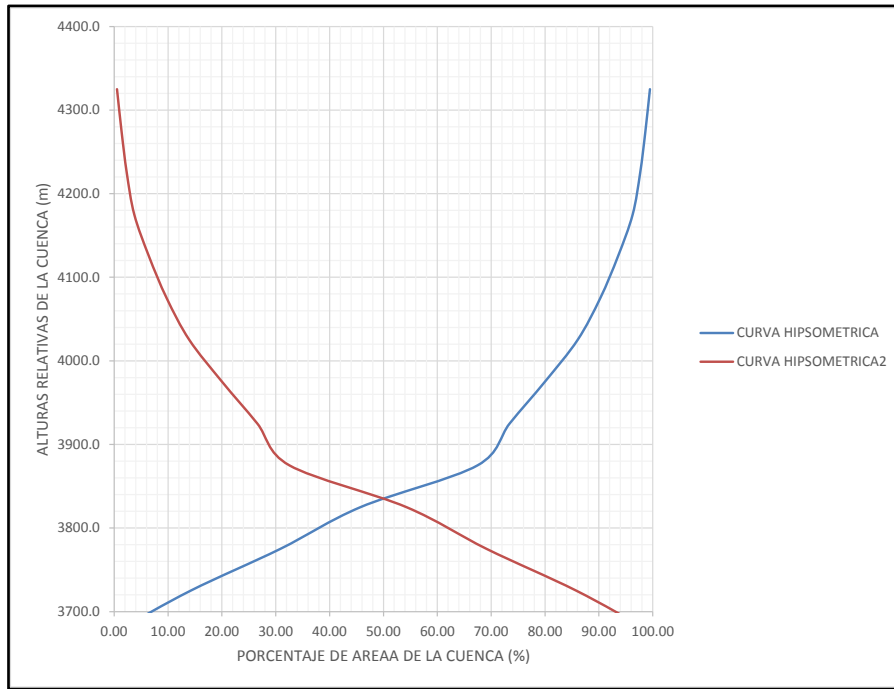
**IMAGEN 29: RELACION HIPSONOMETRICA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Realizando una comparación entre la Imagen 28 y la Imagen 29 podemos decir que la microcuenca Acopia-Santo Domingo es una **Cuenca en Equilibrio (Fase de Madurez)** ya que se encuentra dentro de los rangos de la curva B. Lo cual nos indica que se puede aprovechar el recurso hídrico de manera favorable y darle una proyección de varios años para su aprovechamiento.

**IMAGEN 30: RELACION HIPSOMETRICA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Realizando una comparación ente la Imagen 28 y la Imagen 30 podemos decir que la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu es una **Cuenca Sedimentaria (Fase de Vejez)**.

#### 6.4.2.4. MEDIANA DE LA ALTITUD (Mh).

Es la ordenada media de la curva hipsométrica, donde el 50% del área de la cuenca, está situado por encima de esa altitud y el 50% está situado por debajo de ella.

$$Y = Y1 + \left[ \frac{(Y2 - Y1) + (X - X1)}{(X2 - X1)} \right]$$

**TABLA 73: VALORES DE LA MEDIANA DE LA ALTITUD DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS.**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	MEDIANA DE LA ALTITUD	Mh	3940.84335	msnm
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			3784.7981	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 6.4.2.5. POLIGONO DE FRECUENCIA DE ALTITUDES.

Es la representación gráfica, de la distribución en porcentaje, de las superficies ocupadas por diferentes altitudes. Es un complemento de la curva hipsométrica. Con ella se pueden determinar:

La altitud más frecuente: es el máximo valor en porcentaje de la curva de frecuencia de altitudes.

Altitud de frecuencia: es la altitud media de la curva de frecuencia de altitudes.

La representación de varios niveles da lugar al histograma, que puede ser obtenido de los mismos datos de la curva hipsométrica. Realmente la curva hipsométrica y el histograma contienen la misma información, pero con una representación diferente, dando una idea probabilística de la variación de la altura en la cuenca.

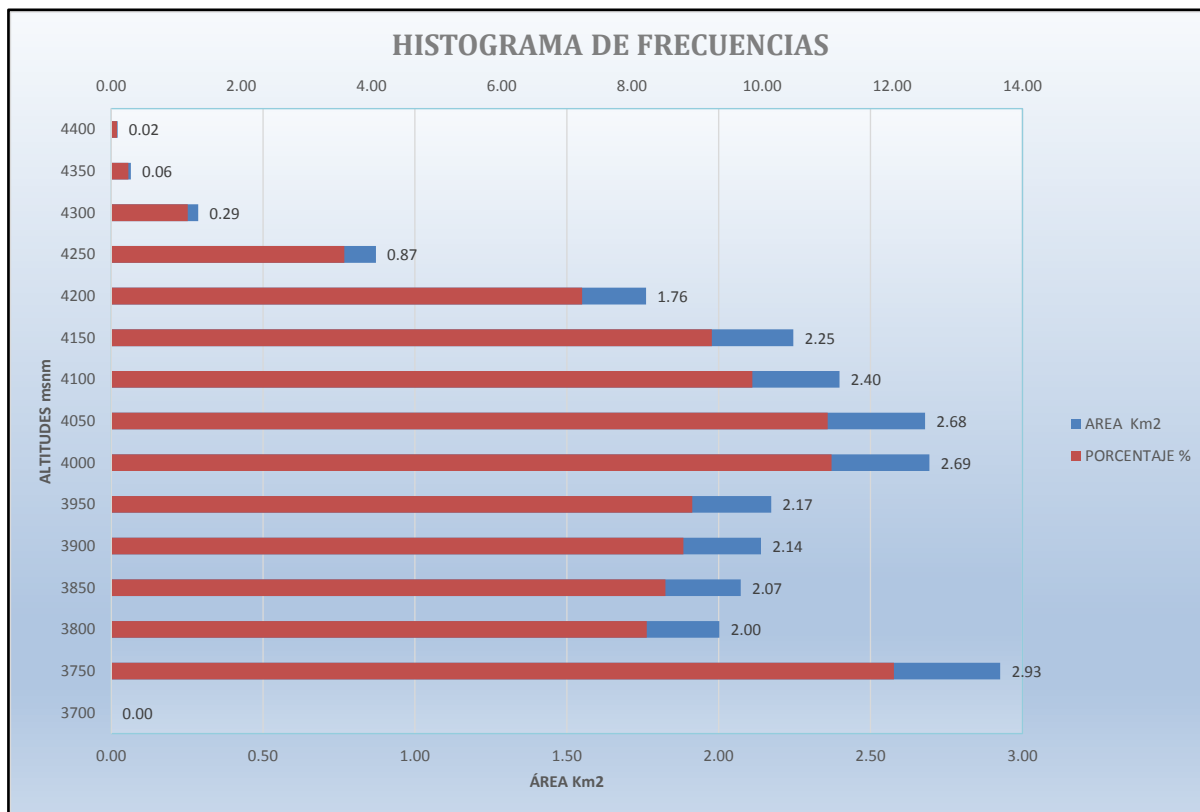
**TABLA 74: HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMETRICAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**

<b>HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMETRICAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.</b>		
<b>Cota (m.s.n.m.)</b>	<b>Area entre cotas (km2)</b>	<b>% de Area entre cotas</b>
3700	0	0
3750	2.927161	12.02782544
3800	2.002564	8.228618182
3850	2.072478	8.515897696
3900	2.139551	8.791503423
3950	2.172987	8.928893328
4000	2.693709	11.06856153
4050	2.679445	11.00995017
4100	2.397763	9.852507195
4150	2.245935	9.228639673
4200	1.761014	7.236079256
4250	0.871417	3.580688443
4300	0.286469	1.177112952
4350	0.064551	0.265242725
4400	0.021533	0.088479986
<b>AREA TOTAL</b>	<b>24.336577</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



**IMAGEN 31: DIAGRAMA DE BARRAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**



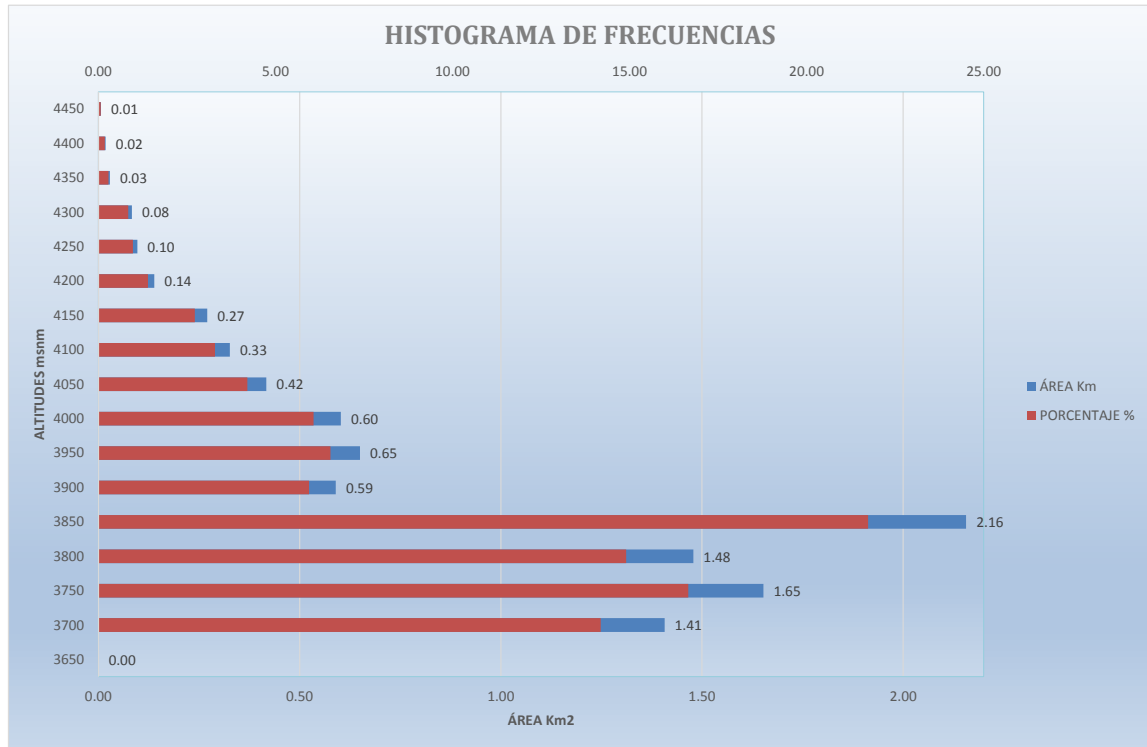
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 75: HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMÉTRICAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMÉTRICAS MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU		
Cota (m.s.n.m.)	Area entre cotas (km2)	% de Area entre cotas
3650	0	0
3700	1.407027	14.18241175
3750	1.652474	16.65644417
3800	1.478424	14.90207217
3850	2.156231	21.73416421
3900	0.589812	5.945128727
3950	0.649916	6.550959089
4000	0.602536	6.073382845
4050	0.417316	4.206420588
4100	0.326355	3.289560887
4150	0.270182	2.723353831
4200	0.138839	1.399455636
4250	0.096624	0.973941049
4300	0.083115	0.837774366
4350	0.028134	0.283582314
4400	0.017919	0.180618166
4450	0.006025	0.0607302
<b>AREA TOTAL</b>	<b>9.920929</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**IMAGEN 32: DIAGRAMA DE BARRAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 6.4.2.6. INDICE DE PENDIENTE ( $I_p$ ).

Es una ponderación que se establece entre las pendientes y el tramo recorrido por el río. Con este valor se puede establecer el tipo de granulometría que se encuentra en el cauce. Además, expresa en cierto modo, el relieve de la cuenca. Se obtiene utilizando el rectángulo equivalente, con la siguiente relación:

$$I_p = \left( \frac{1}{RAIZ(L)} * \sum ((A_{hi} * B_i)^{0.5}) * 1000 \right)$$

Donde:

$I_p$  = Índice de pendiente

n = número de curvas de nivel existente en el rectángulo equivalente, incluido los extremos.

a 1, a 2, a 3, ..., a n = cotas de las curvas de nivel consideradas en Km.

$B_i$  = fracción de la superficie total de la cuenca comprendida entre las cotas (a 1-a i-1)

$B_i = A_i / A_r$

L = Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (Km).

**TABLA 76: VALORES DEL INDICE DE PENDIENTE DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	INDICE DE PENDIENTE	Ip	0.25214943	Adimensional
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			0.33982876	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 6.4.2.7. PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (Pmc).

Se calcula como media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante. Tiene una relación importante y compleja con la filtración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo, por lo tanto, de su poder de arrastre o poder erosivo., y la contribución del agua subterránea a la escorrentía.

**TABLA 77: VALORES DE LA PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA SEGÚN MAPA DE PENDIENTES**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA SEGÚN MAPA DE PENDIENTES	Pmc	15.420541	%
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			20.1940555	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 78: VALORES DE LA PENDIENTE MEDIA SEGÚN PEREZ**

PENDIENTE MEDIA (%)	TERRENOS
0 a 2	Llano
2 a 5	Suave
5 a 10	Accidentado medio
10 a 15	Accidentado
15 a 25	Fuertemente accidentado
25 a 50	Escarpado
>50	Muy escarpado

FUENTE: PEREZ 1979

Según los valores dados por PEREZ 1979, la microcuenca Santo Domingo-Acopia presenta una pendiente media de 15.42% lo cual se interpreta como un terreno **Fuertemente Accidentado**; y la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu presenta una pendiente media de 20.19% también interpretado como un terreno **Fuertemente Accidentado**.

Asimismo, la pendiente media de la cuenca, controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje. Podemos utilizar diferentes criterios para hallar la pendiente de una cuenca:

#### A. CRITERIO DEL RECTANGULO EQUIVALENTE:

Con este criterio, para hallar la pendiente de la cuenca, se toma la pendiente media del rectángulo equivalente, es decir:

$$S = \frac{H}{L}$$

Donde

S= Pendiente de la cuenca.

H =Desnivel total (cota en la parte más alta – cota en la estación de aforo) en Km.

L= Lado mayor del rectángulo equivalente, en Km.

**TABLA 79: VALOR DE LA PENDIENTE MEDIA SEGÚN EL CRITERIO DEL RECTANGULO EQUIVALENTE**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	CRITERIO RECTANGULO EQUIVALENTE	7.474216	%
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU		16.33198	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

#### B. CRITERIO DE JUSSTIN:

$$S = \frac{H}{\sqrt{Ac}} * 100$$

Donde

S= Pendiente de la cuenca.

Ac = Área de la cuenca Km<sup>2</sup>

H=Desnivel total Km.

**TABLA 80: VALOR DE LA PENDIENTE MEDIA SEGÚN EL CRITERIO DE JUSSTIN**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	CRITERIO DE JUSSTIN	14.18954	%
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU		25.39884	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 6.4.2.8. PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL (Pmcp).

La influencia de la configuración topográfica en el proceso de erosión de una cuenca y en la formación de descargas altas, se presenta de acuerdo a los mayores o

menores grados de pendiente (López Cadenas de Llano, 1998). Existen varios criterios para definir este parámetro.

$$Pmcp = \frac{HM - Hm}{10 * L}$$

Donde:

Pmcp = Pendiente media del cauce principal.

HM = Altitud máxima del cauce del río en msnm

Hm= Altitud mínima del cauce del río en msnm

L= Longitud del cauce en Km

**TABLA 81: VALORES DE LA PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL PARA LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL	Pmcp	5.82391279	%
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			8.33560723	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 82: VALORES DE LA PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL SEGÚN IBAL.**

PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL (%)	CLASES
1 a 5	Suave
6 a 11	Moderado
12 a 17	Fuerte

FUENTE: IBAL 2009.

## 6.5. PARAMETROS HIDROMORFOMETRICOS DE LAS MICROCUENCAS.

### 6.5.1. RED DE DRENAJE.

Trayectorias o arreglos que guardan entre sí, los cauces de las corrientes naturales dentro de ella. Manifiesta la eficiencia del sistema de drenaje en el escurrimiento (rapidez con que desaloja la cantidad de agua que recibe), proporciona indicios de las condiciones del suelo y de la superficie de la cuenca.

Las características de una red de drenaje, pueden describirse principalmente de acuerdo con:

### 6.5.1.1. TIPO DE CORRIENTES.

Corriente efímera: Es aquella que solo lleva agua, cuando llueve e inmediatamente después.

Corriente intermitente: Lleva agua la mayor parte del tiempo, pero principalmente en época de lluvias, su aporte cesa cuando el nivel freático desciende por debajo del fondo del cauce.

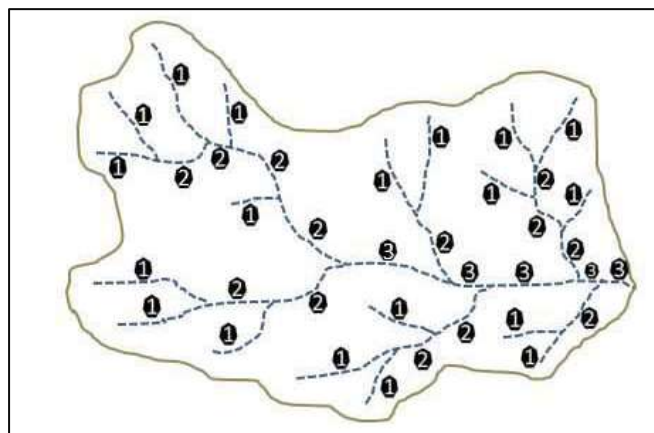
Corriente perenne: Contiene agua todo el tiempo, ya que aun en época de sequía es abastecida continuamente, pues el nivel freático siempre permanece por arriba del fondo del cauce.

### 6.5.1.2. ORDEN DE LAS CORRIENTES.

Indicador de la Existencia existen diversos criterios desarrollados para establecer el orden de los cauces para cuantificar la magnitud de la red de drenaje en la escorrentía superficial directa. El criterio empleado en esta investigación se basa en el modelo de Strahler 1952 que consiste en asignarle un número a cada uno de los cauces tributarios en forma creciente, desde el inicio de la línea divisora de aguas hasta llegar al cauce principal de manera que el número final señale el orden de la red de drenaje en la cuenca (ver Imagen 33). (ver Anexos – Mapa de Drenajes)

Las cuencas altamente disectadas tienen un orden de cauce alto y los suelos son relativamente impermeables; entonces, la respuesta a una tormenta es rápida (Aparicio, 1996).

**IMAGEN 33: RAMIFICACIÓN DE UN CAUCE PRINCIPAL SEGÚN EL MODELO DE STRAHLER 1952.**



FUENTE: STRAHLER 1952



**TABLA 83: VALORES DE ORDEN DE CORRIENTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA				
ORDEN DE CORRIENTES				
Clasificación de Strahler			Razon de Bifurcacion	Bifurcacion Media (Rb)
Rios Orden	Longitud (km)	N° de corrientes		
1	40.325	149	3.239	6.140
2	18.763	46	4.182	
3	16.298	11	11.000	
4	5.542	1		
<b>TOTAL</b>	<b>80.928</b>	<b>207</b>		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 84: VALORES DE ORDEN DE CORRIENTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU				
ORDEN DE CORRIENTES				
Clasificación de Strahler			Razon de Bifurcacion	Bifurcacion Media (Rb)
Rios Orden	Longitud (km)	N° de corrientes		
1	16.603	97	3.233	4.840
2	12.367	30	4.286	
3	5.746	7	7	
4	2.06	1		
<b>TOTAL</b>	<b>36.776</b>	<b>135</b>		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 6.5.1.3. RAZON DE BIFURCACION (Rb).

Es un parámetro que resulta de la relación entre el número de cauces de un orden dado y el número de cauces del orden inmediatamente superior.

Valores muy altos de esta relación, está determinado a terrenos escarpados, los suelos son muy erosionables. Además, que, estas cuencas presentan una amplia red hidrográfica con muchos cauces tributarios con rápida respuesta a la precipitación (Aparicio, 1996).

$$Rb = \frac{Nn}{Nn + 1}$$

Donde:

Rb = Razón de bifurcación.

Nn = Numero de cauces de un orden dado.

Nn+1= Numero de cauces orden inmediato superior.

De los datos obtenidos en las Tablas 83 y 84, podemos interpretar que la microcuenca Santo Domingo-Acopia está determinado por terrenos escarpados y de suelos muy erosionables ya que el valor es relativamente alto en cambio en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu está determinado por terrenos igualmente escarpados comparándolos con la fisiografía asimismo con el valor de la bifurcación lo cual nos da a entender que son suelos erosionables.

**6.5.1.4. LONGITUD TOTAL DE CORRIENTES DE AGUA (L).**

Indicador de la magnitud de la pendiente de la cuenca, así como del grado de drenaje, su medición se realiza dividiendo la corriente en una serie de segmentos lineales trazados lo más próximo posible a las trayectorias de los cauces de las corrientes.

**TABLA 85: VALORES DE LA LONGITUD TOTAL DE CORRIENTES DE AGUA DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	LONGITUD TOTAL DE CORRIENTES DE AGUA	L	80.928	Km
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			36.776	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**6.5.1.5. CANTIDAD TOTAL DE CORRIENTES DE AGUA (N°c).**

Se denomina así a la sumatoria de la cantidad de cursos de agua en la zona de estudio.

**TABLA 86: CANTIDAD TOTAL DE CORREINTES DE AGUA DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	CANTIDAD TOTAL DE CORRIENTES DE AGUA	N° c	207	N° rios
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			135	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**6.5.1.6. DENSIDAD DE LAS CORRIENTES O FRECUENCIA DE RIOS (Dc).**

Es la relación entre el número de corrientes y el área drenada, solo se consideras corrientes perennes e intermitentes. El cauce principal está considerado como una corriente y los tributarios a este cauce desde su nacimiento hasta su unión con el cauce principal.

$$Dc = \frac{Nc}{Ac}$$

Donde:

Dc = Densidad de corrientes.

Nc = Numero de corriente perennes e intermitentes

Ac= área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

**TABLA 87 :VALORES DE LA DENSIDAD DE CORRIENTES O FRECUENCIA DE RIOS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	DENSIDAD DE CORRIENTES O FRECUENCIA DE RIOS	Dc	8.505735	N° rios/Km <sup>2</sup>
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			13.607619	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.5.1.7. DENSIDAD DE DRENAJE.

Este parámetro indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua irregulares y regulares de la cuenca y la superficie total de la misma. También expresa la capacidad de desalojar un volumen de agua dado (López Cadenas de Llano, 1998). La densidad de drenaje nos indica la posible naturaleza de los suelos, que se encuentran en la cuenca, el grado de cobertura que existe (los valores altos representan zonas con poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables o impermeables y los valores bajos indican suelos duros, poco erosionables o muy permeables y cobertura vegetal densa).

Es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un aguacero, y, por tanto, condiciona la forma del hidrograma resultante en el desagüe de la cuenca. A mayor densidad de drenaje, más dominante es el flujo en el cauce frente al flujo de ladera, lo que se traduce en un menor tiempo de respuesta de la cuenca y, por tanto, un menor tiempo al pico del hidrograma.

$$Dd = \frac{Li}{Ac}$$

Donde

Dd = Densidad de drenajes.

Li = Largo total de los cursos de agua en Km

Ac= área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

**TABLA 88: VALORES DE DENSIDAD DE DRENAJE DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	DENSIDAD DE DRENAJE	Dd	3.325373	Km/Km <sup>2</sup>
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			3.706917	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 89 :VALORES DE DENSIDAD DE DRENAJE SEGÚN IBAL 2009**

DENSIDAD DE DRENAJE	CLASES
0.1 a 1.8	Baja
1.9 a 3.6	Moderada
3.7 a 5.6	Alta

FUENTE: IBAL 2009.

Según IBAL 2009 la microcuenca Santo Domingo –Acopia presenta una densidad de drenaje **Moderada** y Huayrachapi-Miskiunu presenta una densidad de drenaje **Alta**.

#### 6.5.1.8. COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD (Ct).

Este parámetro resulta de la relación entre el número de cauces de agua de orden uno y el área de la cuenca. A mayor número de cauces de orden uno y menor área, la torrencialidad de la cuenca será mayor (Romero Díaz, A., 1987).

$$Ct = \frac{N1}{Ac}$$

Donde:

Ct=Coeficiente de torrencialidad.

N1= Numero de cauces de orden uno.

Ac= Área de la cuenca en km<sup>2</sup>

**TABLA 90: VALORES DEL COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD	Ct	6.122486	rios/Km <sup>2</sup>
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			3.023915	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Este resultado nos indica que la torrencialidad en la microcuenca Santo Domingo-Acopia es baja, esto significa que el agua recorre largas distancias para dirigirse a los cauces y la velocidad de descarga es menor; y la torrencialidad en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu es alta lo cual nos indica que el agua recorre muy poco para dirigirse a los cauces y la velocidad de descarga es mayor.

#### 6.5.1.9. COEFICIENTE DE MASIVIDAD (Cm).

Este parámetro resulta de la relación entre la altitud media de la cuenca, que se calcula por medio de la curva hipsométrica, y el área de la misma (Martonne, 1940).

$$Cm = \frac{Hm}{Ac}$$

Donde:

Cm=Coeficiente de masividad.

Hm= Altura media de la cuenca en msnm.

Ac= Área de la cuenca en km<sup>2</sup>.

**TABLA 91: VALORES DEL COEFICIENTE DE MASIVIDAD DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	COEFICIENTE DE MASIVIDAD	Cm	162.713541	m/Km <sup>2</sup>
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			386.899758	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Esto nos indica que para la Microcuenca Santo Domingo – Acopia el valor del coeficiente de masividad es bajo lo cual contrasta con el relieve existente en esta microcuenca ya que aquí predominan terrenos planos que presentan áreas similares, en cambio en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu el coeficiente de masividad es alto ya que en esta zona predominan cumbres altas.

#### 6.5.1.10. EXTENSION MEDIA DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (Es).

Este parámetro muestra la distancia media que el agua de la precipitación tendrá que transportarse hasta un cauce de agua cercano.

$$Es = \frac{Ac}{4Li}$$

Donde:

Es=Extensión media del escurrimiento superficial

Ac= Área de la cuenca en km<sup>2</sup>

Li= Largo total de los cursos de agua en Km.

**TABLA 92: VALORES DE EXTENSION MEDIA DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS**

UNIDAD HIDROGRAFICA	FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	EXTENSION MEDIA DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	Es	0.300718	Km
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU			0.269766	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.6. ZONAS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS.

Para la delimitación de las diferentes zonas se tomaron en cuenta parámetros tales como: el área de cada unidad, las áreas parciales de las unidades hidrográficas, a continuación, se muestran la localización y parámetros tomados de cada una de estas.

#### 6.6.1. ZONAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.

En la microcuenca Santo Domingo –Acopia, se encuentran tres zonas, la zona alta ocupa un are de 9.83 Km<sup>2</sup> lo cual representa el 40.42% del área total de la microcuenca siendo esta la zona con mayor área, la cual se encuentra entre 4013 a 4400 msnm, siendo

la zona donde se encuentran los cerros Collquemarca y Huanacunca asimismo diversos manantes tales como: Yanacuro-5, Yanacuro 4, Yanacuro 2 y Quellounu.

**TABLA 93: RESUMEN DE LAS ZONAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

UNIDAD HIDROGRAFICA	ZONA	AREA Km2	AREA %	COTAS	CENTRO X	CENTRO Y
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	ALTA	9.838004904	40.4247176	4013-4400	227765.237	8441523.485
	MEDIA	7.535758055	30.96470211	3849-4013	228615.645	8440144.738
	BAJA	6.962844663	28.61058029	3700-3849	230089.378	8441450.449

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

## 6.6.2. ZONAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI –MISKIUNU.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu se describen tres zonas, de las cuales la zona Media ocupa un área de 4,42 Km2 lo cual representa el 44.601% siendo esta la zona con mayor área, la cual se encuentra entre los 3732-3848 msnm, destacando lugares tales como: Caca Iglesia y Acopia.

**TABLA 94: RESUMEN DE LAS ZONAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.**

UNIDAD HIDROGRAFICA	ZONA	AREA Km2	AREA %	COTAS	CENTRO X	CENTRO Y
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU	ALTA	3.227817975	32.53673786	3848-4450	231799.136	8447338.009
	MEDIA	4.424742953	44.60186501	3732-3848	231230.747	8445788.621
	BAJA	2.267972557	22.86139713	3650-3732	230456.390	8446242.781

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

## 6.7. PRECIPITACIÓN.

Se define como precipitación a toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo a esta definición, las granizadas, garúas, lluvias y nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de precipitación.

La precipitación generalmente se incrementa con la altitud, por esta razón las zonas de mayor altitud cuentan con una precipitación significativamente mayor que las de más baja altitud.

### 6.7.1. INFORMACIÓN METEREOLÓGICA.

Sabemos que las microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu no cuentan con información propia debido a que no poseen una estación meteorológica, por lo tanto, se recurrió al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para conseguir la data necesaria, para lo cual se utilizaron un total de 6 estaciones cercanas al área en estudio; las cuales se detallan a continuación: (ver Anexos – Mapa de Estaciones THIESSEN)



**TABLA 95: ESTACIONES METEREOLÓGICAS USADAS EN EL AREA DE ESTUDIO**

NOMBRE DE LA ESTACION	TIPO	PROV.	DPTO.	DIST.	LATITUD SUR (°)	LONGITUD OESTE (°)	ALTITUD (msnm)	PERIODO
SICUANI	METEREOLÓGICA CONVENCIONAL	CUSCO	CANCHIS	SICUANI	14°15' 13"	71°14' 14"	3574	1987-2011
CATCCA	METEREOLÓGICA CONVENCIONAL	CUSCO	QUISPICANCHI	CATCCA	13° 36' 36"	71° 33' 37"	3729	1987-2011
ACOMAYO	METEREOLÓGICA CONVENCIONAL	CUSCO	ACOMAYO	ACOMAYO	13° 55' 1"	71° 41' 1 "	3360	1987-2011
POMACANCHI	METEREOLÓGICA CONVENCIONAL	CUSCO	ACOMAYO	POMACANCHI	14° 1' 41"	71° 34' 22"	3700	1987-2011
KAYRA	METEREOLÓGICA CONVENCIONAL	CUSCO	CUSCO	SAN JERONIMO	13° 46' 3"	71° 50' 41"	3219	1987-2011
YAURI	METEREOLÓGICA CONVENCIONAL	CUSCO	ESPINAR	ESPINAR	14° 49' 1"	71° 25' 1"	3927	1987-2011

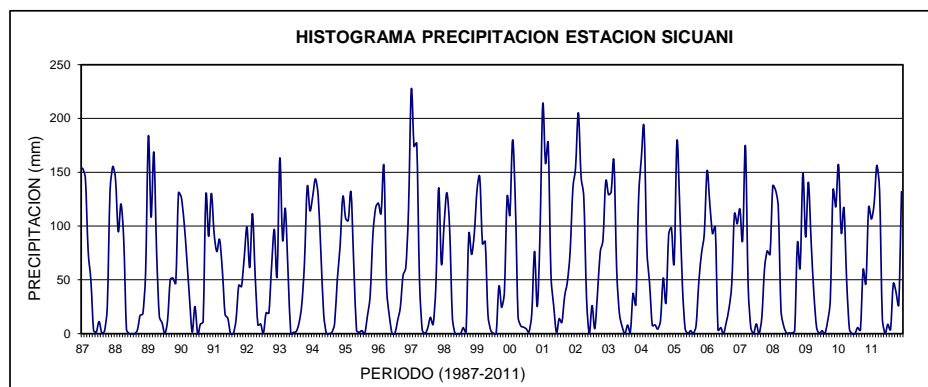
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADA EN LOS DATOS DE SENAMHI.

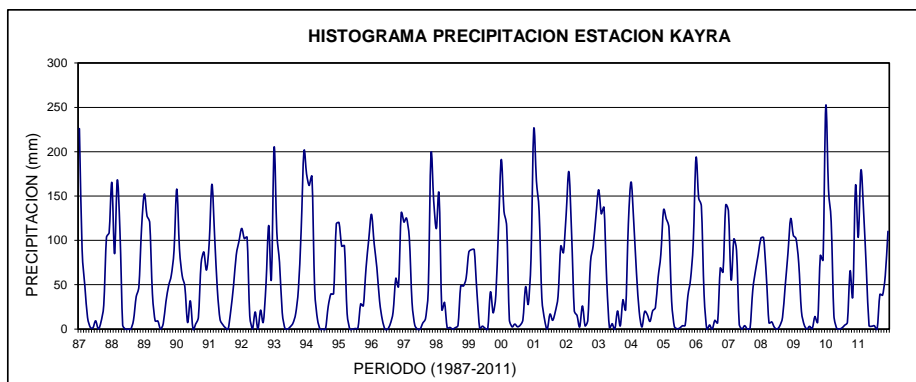
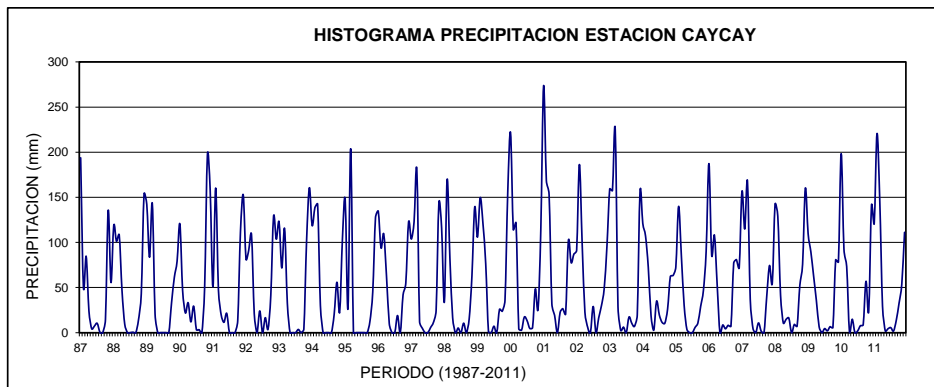
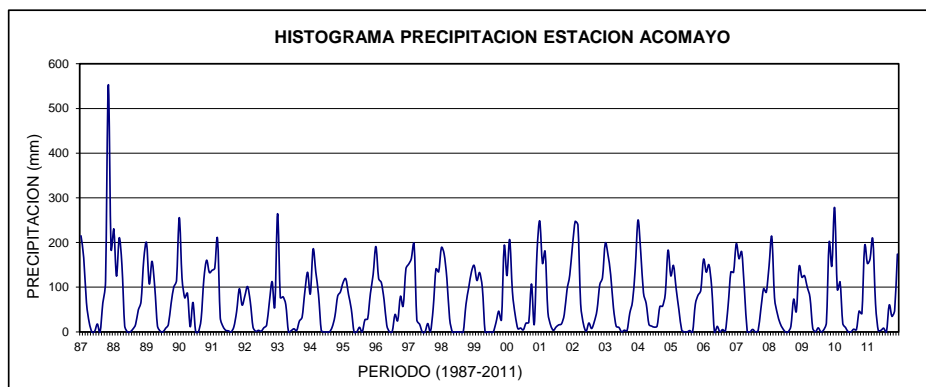
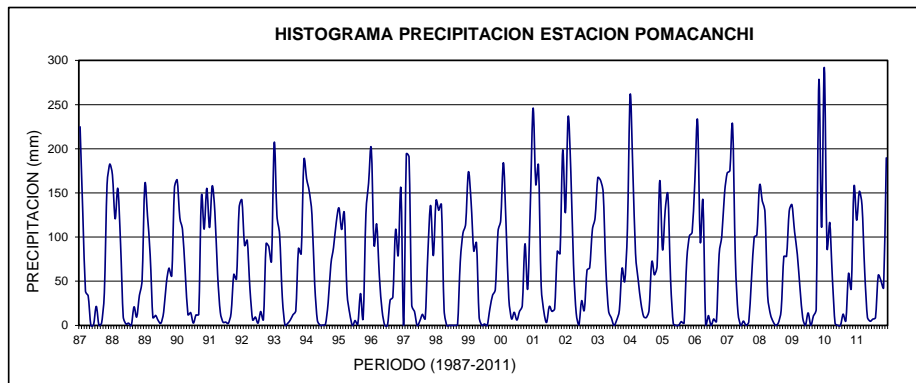
### 6.7.2. EL ANÁLISIS DE HIDROGRAMAS.

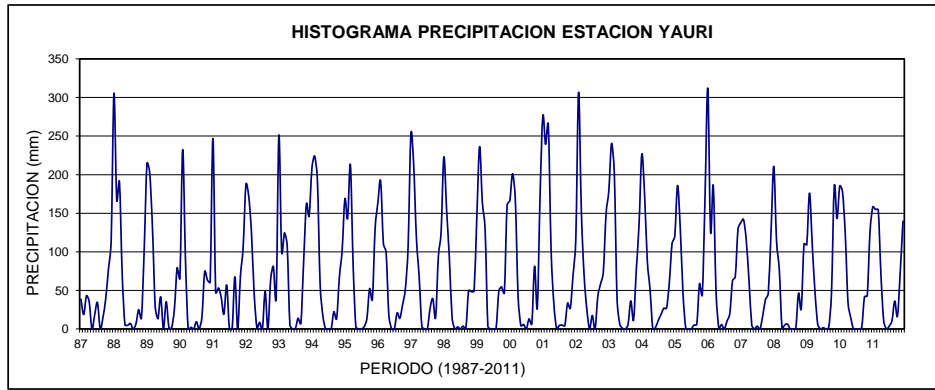
Este análisis se realiza para detectar e identificar la inconsistencia de la información meteorológica en forma visual, e indicar el período o los períodos en los cuales los datos son dudosos, lo cual se puede reflejar como “picos“ muy altos o valores muy bajos, “saltos” y/o “tendencias”, los cuales se deben comprobarse si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido o son producidos por errores sistemáticos, mediante un gráfico o hidrograma de las series de análisis, en coordenadas cartesianas transcribiendo la información histórica de la variable meteorológica a nivel anual y mensual; en las ordenadas se ubica los valores anuales o mensuales de la serie meteorológica en unidades respectivas y en las abscisas el tiempo en años.

Según el análisis realizado a los hidrogramas de las precipitaciones de las diferentes estaciones meteorológicas, se descarta la inconsistencia de la información sin embargo se aprecia que existen vacíos o datos faltantes.

**IMAGEN 34: HISTOGRAMAS DE PRECIPITACIONES DE LAS ESTACIONES UTILIZADAS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO**







FUENTE: PROPIA BASADO EN LOS DATOS DEL SENAMHI.

### 6.7.3. EVALUACIÓN Y COMPLETACION DE DATOS.

Se realizó la evaluación de los datos proporcionados por SENAMHI y se realizó el completado de estos a través del método de regresión lineal.

#### 6.7.3.1. COMPLETADO DE DATOS POR EL METODO DE REGRESION LINEAL.

Este método se utiliza cuando se tienen estaciones A y B, en donde una de esta (Estación A) cuenta con un registro más extenso y con datos consistentes que la otra (Estación B), para lo cual se aplica la regresión lineal para extrapolar los datos faltantes.

Cuando existen varias estaciones completas o índice, surge la interrogante de cual se puede utilizar, esto se determinará mediante varios métodos estadísticos en donde se escoge a la que tiene mejor coeficiente de correlación.

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X}) * (Y - \bar{Y})}{(n - 1) * Sx * Sy}$$

Donde:

n: número de datos pares conocidos, igual al número de datos de Y

r: coeficiente de correlación

$\bar{X}$ : media aritmética de los datos de X que forma parejas con los datos de Y

$\bar{Y}$ : media aritmética de todos los datos de Y

Sx: desviación estándar para todos los datos de X que forman parejas con los de Y

Sy: desviación estándar para todos los datos de Y

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{(n - 1)}}$$

$$Sy = \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{(n - 1)}}$$

Considerando las fórmulas anteriores, tenemos:

Ecuación de regresión:

$$Y' = a + b(Xi - \bar{Xi})$$

De lo anterior, indicamos que:

$$a = \bar{Y}$$

$$b = r * \frac{Sy}{Sx}$$

Donde:

$\bar{Y}$ : Media aritmética de los datos de la estación faltante.

r: coeficiente de correlación

Sx: desviación estándar para todos los datos de X que forman parejas con los de Y

Sy: desviación estándar para todos los datos de Y

De las diferentes estaciones consideradas en este proyecto, se toma como ejemplo las estaciones de Pomacanchi y Caycay en donde se aplicó el completado de datos según la regresión lineal.

A continuación, se muestra el procedimiento aplicado, de lo cual se tiene que tener en cuenta que la estación guía o la estación completa usada fue la estación Kayra.

**TABLA 96: ANALISIS DE PRECIPITACION MEDIA DE LA ESTACION KAYRA.**

PRECIPITACION MEDIA ANUAL ESTACION KAYRA													
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1987	226.05	89.49	49.20	13.26	2.13	1.32	9.31	0.00	8.30	26.83	103.06	108.93	637.87
1988	165.24	85.04	167.96	109.86	4.64	0.00	0.00	0.00	9.99	36.52	48.02	114.70	741.95
1989	152.19	127.47	119.93	39.81	9.45	9.15	0.00	6.13	30.86	48.96	61.02	88.96	693.92
1990	157.87	90.56	60.30	47.48	7.51	31.86	0.00	5.81	13.32	73.83	87.05	66.62	642.22
1991	97.43	163.32	105.02	45.02	10.98	5.09	1.50	0.00	21.36	49.21	83.45	98.83	681.21
1992	113.51	101.87	103.46	14.82	0.00	19.30	0.00	21.29	7.96	50.44	116.79	56.70	606.14
1993	204.92	109.55	75.15	18.64	0.89	0.00	2.68	6.84	17.84	45.80	110.93	199.76	793.00
1994	174.87	161.93	171.81	44.95	11.66	0.00	0.00	0.00	25.39	39.72	40.01	118.46	788.79
1995	120.12	93.34	93.83	17.53	0.00	0.00	0.59	1.18	28.36	26.29	69.12	101.02	551.37
1996	129.42	96.16	69.18	31.69	10.79	0.00	0.00	6.18	19.23	57.30	48.08	130.70	598.74
1997	120.57	124.88	102.48	30.31	4.69	0.00	0.00	6.94	12.03	43.42	197.04	145.12	787.49
1998	113.34	152.23	22.03	30.21	1.56	1.85	0.00	1.56	4.19	48.53	48.44	57.40	481.34
1999	86.73	89.55	89.36	41.57	1.26	3.30	0.97	0.00	41.86	18.26	38.56	116.07	527.50
2000	191.08	132.91	115.68	10.55	2.52	5.61	2.61	4.36	10.36	47.72	28.36	79.38	631.14
2001	224.79	167.00	132.56	35.12	11.09	0.00	16.79	9.84	19.87	36.95	93.39	86.25	833.64
2002	129.32	177.50	108.36	20.77	15.58	2.40	26.06	3.56	9.90	75.67	94.04	127.31	790.47
2003	157.07	129.85	136.94	54.14	1.92	6.13	0.00	20.41	3.55	33.16	22.14	118.64	683.95
2004	165.91	120.16	63.52	20.06	2.29	19.58	16.24	8.60	20.73	24.45	58.17	83.96	603.64
2005	134.04	124.33	114.43	31.51	3.05	0.38	1.14	3.81	4.28	37.22	56.45	97.58	608.21
2006	192.99	147.54	138.43	38.81	0.19	4.65	0.00	9.96	7.12	68.79	64.33	139.67	812.48
2007	133.16	55.51	101.47	88.52	5.49	0.00	3.78	0.00	0.95	43.80	65.60	83.60	581.87
2008	102.56	102.93	60.70	7.16	8.20	1.98	0.00	3.68	13.10	48.73	85.02	124.33	558.40
2009	105.70	101.75	74.32	20.01	4.98	0.00	3.10	0.66	14.19	7.80	83.34	77.89	493.72
2010	251.44	157.79	120.99	15.55	1.22	0.00	1.31	4.40	7.68	65.55	37.46	161.73	825.11
2011	103.40	179.30	131.90	67.60	3.90	3.20	3.70	0.00	38.90	38.20	60.20	110.20	740.50
<b>DATOS</b>	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
<b>MEDIA</b>	150.15	123.28	101.16	35.80	5.04	4.63	3.59	5.01	15.65	43.73	72.00	107.75	667.79

FUENTE: SENAMHI PROCESADO POR LOS TESISISTAS

Desviación estándar para el completado de datos, de la estación Kayra usada como estación guía.

$$Sxb = \frac{\sum(X - \bar{X}') * (Y - \bar{Y})}{(n - 1) * Sx * Sy}$$
$$Sxb = \sqrt{\frac{\sum(Ya - \bar{Y}a)^2}{(n - 1)}}$$
$$Sxb = 51.006$$

Desviación estándar para el completado de datos, relacionando la estación guía Kayra con la estación incompleta Pomacanchi.

$$Syb = \sqrt{\frac{\sum(Xb - \bar{X}b)^2}{(n - 1)}}$$
$$Syb = 120.153$$

Desviación estándar para el completado de datos, relacionando la estación guía Kayra con la Estación incompleta Caycay.

$$Sxc = \sqrt{\frac{\sum(Xc - \bar{X}c)^2}{(n - 1)}}$$
$$Sxc = 54.664$$

Para realizar correctamente el completado de datos, se analiza y calcula el coeficiente de correlación, correlacionando la estación guía con las estaciones a completar.

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X}') * (Y - \bar{Y})}{(n - 1) * Sx * Sy}$$
$$rab = \frac{\sum(X - \bar{X}') * (Y - \bar{Y})}{(n - 1) * Sxb * Syb}$$
$$rab = 0.133566734$$

Donde:

rab: coeficiente de correlación entre la estación guía Kayra y la estación Pomacanchi

rac: coeficiente de correlación entre la estación guía Kayra y la estación Caycay.

$$rac = \frac{\sum(X - \bar{X}') * (Y - \bar{Y})}{(n - 1) * Sxb * Sxc}$$
$$rac = 0.750079069$$

Al comparar los coeficientes de correlación observamos que el rac (coeficiente de correlación de la Estación Kayra Vs Estación Caycay) es el que tiene mejor correlación por ser mayor y es el que se utilizara para el completado de datos, sin embargo, el rab) es bueno, pero es muy bajo.

Por lo tanto, teniendo los valores de desviación estándar, reemplazamos los datos como se muestra a continuación:

$$a = \bar{Y}$$
$$a = 169.12$$
$$b = r * \frac{Sy}{Sx}$$
$$b = 0.750079069 * \left(\frac{29.843}{31.724}\right)$$
$$b = 0.6819609944258921$$

Reemplazando los valores obtenidos en la ecuación de regresión lineal tenemos

$$Y = a + b(Xb - \bar{Xb})$$
$$Y = 169.12 + 0.6819609944258921(108.93 - 27.36)$$
$$Y = 169.12 + 0.6819609944258921 * 81.72$$
$$Y = 224.855546670448$$

Este dato es el primer dato para el mes de enero de 1987 de la estación de Pomacanchi, como se muestra en la tabla N° 100, este procedimiento fue el mismo para completar los siguientes datos faltantes tanto en las estaciones Caycay, Sicuani, Acomayo y Yauri.

### **6.7.3.2. PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES CON DATOS FALTANTES:**

Uno de los problemas más comunes que se aprecian al realizar estudios hidrológicos e hidrogeológicos, es la falta de datos en los registros históricos ya sea por un periodo considerable de información o por datos perdidos por razones desconocidas.



**TABLA 97: DATOS FALTANTES DE PRECIPITACION ANUAL DE LA ESTACION POMACANCHI**

PRECIPITACION MEDIA ANUAL ESTACION POMACANCHI													
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1987	-	-	39.02	33.54	0.01	0.50	21.50	0.00	3.00	-	-	-	97.57
1988	-	-	-	-	-	-	-	0.00	20.90	9.50	34.00	51.20	115.60
1989	-	124.20	79.40	8.90	-	-	-	-	-	-	-	-	212.50
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	133.68
1992	142.17	90.66	96.21	-	-	-	-	15.79	6.79	92.52	89.18	73.20	606.52
1993	206.92	125.13	102.65	31.70	0.31	2.29	6.29	12.26	16.74	87.22	81.14	186.78	859.43
1994	166.11	151.58	125.15	47.68	5.79	0.30	0.31	1.30	25.74	68.71	88.19	116.51	797.37
1995	133.05	108.56	127.06	37.07	13.51	0.01	5.51	1.50	36.02	9.04	126.04	161.05	758.42
1996	200.53	91.56	114.67	55.57	17.05	0.01	0.01	28.82	32.32	108.00	79.55	155.04	883.13
1997	0.00	194.01	190.58	23.07	16.01	0.00	5.00	12.53	7.55	83.07	135.82	79.07	746.71
1998	141.07	130.31	136.84	17.54	0.00	0.02	0.00	0.02	1.02	72.02	104.51	115.04	718.39
1999	173.52	140.61	84.28	93.34	9.24	0.02	1.61	0.01	19.13	34.40	40.72	106.32	703.20
2000	119.21	184.20	112.00	30.60	7.50	14.81	6.01	16.11	22.50	92.31	41.30	138.11	784.66
2001	246.01	159.60	180.91	45.20	15.71	3.30	21.30	15.83	18.91	84.01	81.31	198.30	1070.39
2002	128.02	236.10	174.20	69.00	13.70	0.64	27.80	17.30	62.30	65.51	108.40	121.91	1024.88
2003	167.20	164.41	150.60	63.50	16.40	8.70	0.00	6.01	17.11	64.40	50.20	110.00	818.53
2004	260.90	175.40	81.50	51.20	25.40	10.20	8.90	16.91	71.50	57.21	67.20	164.00	990.32
2005	85.81	130.31	148.00	52.00	2.10	0.00	0.20	4.30	2.61	74.21	101.50	105.70	706.74
2006	163.72	232.31	95.62	140.61	1.10	11.10	0.00	7.34	4.31	80.20	101.31	149.30	986.92
2007	172.60	175.61	226.52	77.60	14.10	0.00	4.80	0.01	4.01	52.50	99.70	102.70	930.15
2008	158.60	140.80	128.30	33.70	12.91	4.40	0.00	3.10	17.00	77.90	78.30	129.50	784.51
2009	136.70	105.60	80.50	41.80	8.60	0.00	14.10	0.00	11.00	18.20	277.60	111.10	805.20
2010	292.10	88.40	116.60	53.80	2.40	0.00	0.00	12.80	5.30	58.90	42.10	156.70	829.10
2011	119.10	151.80	135.70	60.20	9.30	4.70	7.10	8.90	56.50	50.90	42.80	189.70	836.70
<b>DATOS</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>25</b>
<b>MEDIA</b>	<b>160.67</b>	<b>147.67</b>	<b>123.92</b>	<b>50.84</b>	<b>9.56</b>	<b>3.05</b>	<b>6.52</b>	<b>8.22</b>	<b>21.01</b>	<b>63.84</b>	<b>89.09</b>	<b>129.77</b>	<b>688.02</b>

FUENTE: SENAMHI PROCESADO POR LOS TESISISTAS

**TABLA 98: DATOS FALTANTES DE PRECIPITACION ANUAL DE LA ESTACION CAYCAY**

PRECIPITACION MEDIA ANUAL ESTACION CAYCAY													
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1987	193.80	50.61	84.56	24.10	4.34	7.29	10.35	0.47	0.00	14.44	135.40	55.59	580.94
1988	118.60	101.05	108.31	46.90	9.28	0.00	0.00	0.47	0.00	14.34	42.92	153.35	595.22
1989	142.16	83.57	143.04	20.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.50	61.36	79.24	563.57
1990	120.54	46.81	21.88	33.20	11.93	29.37	3.37	3.37	0.00	50.48	196.88	158.63	676.45
1991	50.72	160.28	47.58	19.66	11.40	21.43	0.00	0.00	0.00	13.17	112.06	152.75	589.04
1992	81.74	91.40	108.54	21.15	0.00	24.14	0.00	16.65	3.83	40.95	128.69	103.55	620.65
1993	122.83	71.68	115.40	32.92	0.00	0.00	0.00	3.54	0.00	3.89	102.48	160.53	613.28
1994	118.85	138.54	142.41	30.30	0.00	0.00	0.00	0.00	20.20	55.89	22.89	103.86	632.95
1995	147.41	26.44	203.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.91	44.97	127.42	562.97
1996	134.78	94.02	109.29	62.36	10.07	0.00	0.00	19.00	0.00	41.90	54.89	122.44	648.74
1997	103.73	122.74	180.59	12.29	4.92	0.00	0.00	5.74	11.14	24.58	143.34	115.96	725.05
1998	34.13	169.69	82.74	16.60	0.00	5.14	0.00	10.52	0.00	15.19	62.87	139.07	535.95
1999	105.78	149.67	120.99	76.52	1.17	0.00	7.17	0.00	25.75	23.70	35.99	155.96	702.70
2000	221.83	114.33	121.61	4.31	2.67	17.22	13.36	4.60	5.49	48.40	26.28	114.33	694.44
2001	273.30	168.91	153.00	32.26	19.29	0.00	22.45	26.59	20.70	101.89	77.59	87.18	983.15
2002	91.26	186.34	98.58	22.74	6.01	0.00	29.05	0.00	16.33	29.85	48.79	95.97	624.93
2003	159.31	157.51	225.44	28.66	2.50	6.21	0.00	17.33	10.42	7.01	19.54	156.01	789.95
2004	121.16	107.13	72.35	18.74	2.81	34.87	19.64	11.42	10.42	26.06	62.13	63.33	550.07
2005	72.77	139.92	85.39	30.87	3.81	0.00	0.00	5.91	10.62	28.97	46.71	90.21	515.17
2006	187.36	86.21	108.06	52.83	0.00	8.52	4.31	8.22	7.22	77.09	81.00	72.08	692.89
2007	156.61	114.80	167.53	37.10	4.51	0.00	10.83	1.40	0.00	40.81	74.39	54.84	662.82
2008	142.09	129.15	41.61	10.73	14.74	16.24	0.00	9.23	7.22	52.44	75.81	160.04	659.31
2009	109.82	89.56	62.78	35.60	6.52	0.00	4.51	2.01	6.72	5.72	80.73	78.33	482.30
2010	198.31	92.88	73.32	1.30	14.95	0.00	2.01	7.82	8.73	56.87	24.07	140.93	621.20
2011	121.30	220.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	341.80
<b>DATOS</b>	<b>25.00</b>	<b>25.00</b>	<b>24.00</b>	<b>24.00</b>	<b>24.00</b>	<b>24.00</b>	<b>24.00</b>	<b>24.00</b>	<b>24.00</b>	<b>24.00</b>	<b>24.00</b>	<b>24.00</b>	<b>25.00</b>
<b>MEDIA</b>	<b>133.21</b>	<b>116.55</b>	<b>111.62</b>	<b>27.99</b>	<b>5.45</b>	<b>7.10</b>	<b>5.29</b>	<b>6.43</b>	<b>6.87</b>	<b>34.17</b>	<b>73.41</b>	<b>114.23</b>	<b>626.62</b>

FUENTE: SENAMHI PROCESADO POR LOS TESISISTAS

6.7.3.3. COMPLETADO DE DATOS.

**TABLA 99: COMPLETADO DE DATOS POR EL METODO DE REGRESION LINEAL PARA LAS ESTACIONES INCOMPLETAS**

COMPLETADO DE DATOS POR METODO DE REGRESION													
ESTACIONES													
AÑO	POMACANCHI				KAYRA				CAYCAY		COMPLETADO	(Xb- $\bar{X}$ b)*(Ya- $\bar{Y}$ a)	(Xc- $\bar{X}$ c)*(Ya- $\bar{Y}$ a)
	Ya	Ya2	Ya- $\bar{Y}$ a	(Ya- $\bar{Y}$ a)2	Xb	Xb2	Xb- $\bar{X}$ b	(Xb- $\bar{X}$ b)2	Xc	Xc2			
1987	0.00	0.00	-169.12	28602.64	637.87	406876.10	-28.39	805.98	193.80	37559.24	58.25335266	4801.383227	-9851.99096
1988	0.00	0.00	-169.12	28602.64	741.95	550496.20	75.70	5729.89	118.60	14065.64	-16.95007481	-12801.95401	2866.650179
1989	0.00	0.00	-169.12	28602.64	693.92	481527.58	27.66	765.28	142.16	20210.47	6.614824336	-4678.558524	-1118.719981
1990	0.00	0.00	-169.12	28602.64	642.22	412443.11	-24.04	577.97	120.54	14530.50	-15.00620567	4065.877338	2537.896891
1991	0.00	0.00	-169.12	28602.64	681.21	464053.62	14.96	223.70	50.72	2572.60	-84.82792754	-2529.498914	14346.36698
1992	142.17	20212.31	-26.95	726.47	606.14	367401.22	-60.12	3614.65	81.74	6681.67	-53.80723516	1620.476552	1450.274905
1993	206.92	42815.89	37.80	1428.60	793.00	628851.58	126.74	16063.88	122.83	15087.95	-12.71570445	4790.498915	-480.6134735
1994	166.11	27592.53	-3.01	9.08	788.79	622195.23	122.54	15014.89	118.85	14124.43	-16.70247372	-369.2180989	50.32719055
1995	133.05	17702.30	-36.07	1301.27	551.37	304005.05	-114.89	13200.11	147.41	21728.57	11.85741565	4144.5077	-427.7344269
1996	200.53	40212.28	31.41	986.39	598.74	358491.17	-67.52	4558.54	134.78	18166.43	-0.765807163	-2120.493881	-24.05158465
1997	0.00	0.00	-169.12	28602.64	787.49	620138.79	121.23	14696.87	103.73	10760.93	-31.81380792	-20502.91084	5380.451661
1998	141.07	19900.74	-28.05	786.98	481.34	231686.67	-184.92	34195.35	34.13	1164.54	-101.42339	5187.58562	2845.246373
1999	173.52	30109.19	4.40	19.33	527.50	278254.43	-138.76	19254.33	105.78	11189.03	-29.77051562	-610.1057431	-130.8962566
2000	119.21	14211.02	-49.91	2491.32	631.14	398333.74	-35.12	1233.51	221.83	49208.55	86.28128712	1753.020188	-4306.571507
2001	246.01	60520.92	76.89	5911.59	833.64	694958.98	167.38	28017.31	273.30	74694.28	137.7538347	12869.60674	10591.45734
2002	128.02	16389.12	-41.10	1689.47	790.47	624840.99	124.21	15428.27	91.26	8329.27	-44.28389623	-5105.446916	1820.207979
2003	167.20	27955.84	-1.92	3.70	683.95	467789.41	17.69	313.04	159.31	25380.55	23.76401244	-34.02653665	-45.70194814
2004	260.90	68068.81	91.78	8422.99	603.64	364385.91	-62.61	3920.56	121.16	14678.98	-14.39186046	-5746.552088	-1320.839505
2005	85.81	7363.36	-83.31	6941.08	608.21	369922.91	-58.05	3369.27	72.77	5294.85	-62.78302355	4835.944285	5230.651954
2006	163.72	26804.24	-5.40	29.19	812.48	660123.05	146.22	21380.67	187.36	35102.29	51.8073271	-790.056785	-279.9231684
2007	172.60	29790.76	3.48	12.09	581.87	338575.58	-84.39	7120.96	156.61	24525.37	21.0570712	-293.3960592	73.21211177
2008	158.60	25153.96	-10.52	110.74	558.40	311807.51	-107.86	11634.00	142.09	20189.71	6.541773801	1135.038327	-68.84011862
2009	136.70	18686.89	-32.42	1051.26	493.72	243757.33	-172.54	29770.19	109.82	12060.22	-25.72966782	5594.30466	834.2370823
2010	292.10	85322.41	122.98	15123.30	825.11	680812.78	158.86	25235.08	198.31	39325.77	62.75855075	19535.55225	7717.848386
2011	119.10	14184.81		0.00	740.50	548340.25	74.24	5511.84	121.30	14713.69	-14.24871506	0	0
<b>SUMA</b>	<b>3213.34</b>	<b>592997.39</b>			<b>13991.42</b>	<b>9596200.16</b>			<b>2846.52</b>	<b>442617.54</b>		<b>14751.5774</b>	<b>37688.94611</b>
<b>MEDIA</b>	<b>169.12</b>				<b>666.26</b>				<b>135.55</b>				
<b>N</b>	<b>19</b>				<b>N</b>	<b>25</b>			<b>N</b>	<b>25</b>			

FUENTE: PROPIA

### 6.7.3.4. ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS.

**TABLA 100: PRECIPITACION MEDIA ANUAL CON DATOS COMPLETOS DE LA ESTACION POMACANCHI**

PRECIPITACION MEDIA ANUAL ESTACION POMACANCHI COMPLETADO													
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1987	224.86	128.42	39.02	33.54	0.01	0.50	21.50	0.00	3.00	36.81	159.10	182.59	829.35
1988	170.40	120.83	155.01	93.67	9.90	1.64	2.56	0.00	20.90	9.50	34.00	51.20	669.61
1989	159.24	124.20	79.40	8.90	11.33	5.34	2.56	15.07	47.85	64.93	56.38	155.74	730.94
1990	164.82	121.86	107.89	59.52	12.20	14.56	2.56	11.89	12.48	145.83	108.95	155.20	917.76
1991	110.81	157.90	127.84	58.24	14.98	3.71	3.75	2.35	13.84	57.80	52.52	133.68	737.42
1992	142.17	90.66	96.21	41.47	6.24	9.52	2.56	15.79	6.79	92.52	89.18	73.20	666.32
1993	206.92	125.13	102.65	31.70	0.31	2.29	6.29	12.26	16.74	87.22	81.14	186.78	859.43
1994	166.11	151.58	125.15	47.68	5.79	0.30	0.31	1.30	25.74	68.71	88.19	116.51	797.37
1995	133.05	108.56	127.06	37.07	13.51	0.01	5.51	1.50	36.02	9.04	126.04	161.05	758.42
1996	200.53	91.56	114.67	55.57	17.05	0.01	0.01	28.82	32.32	108.00	79.55	155.04	883.13
1997	0.00	194.01	190.58	23.07	16.01	0.00	5.00	12.53	7.55	83.07	135.82	79.07	746.71
1998	141.07	130.31	136.84	17.54	0.00	0.02	0.00	0.02	1.02	72.02	104.51	115.04	718.39
1999	173.52	140.61	84.28	93.34	9.24	0.02	1.61	0.01	19.13	34.40	40.72	106.32	703.20
2000	119.21	184.20	112.00	30.60	7.50	14.81	6.01	16.11	22.50	92.31	41.30	138.11	784.66
2001	246.01	159.60	180.91	45.20	15.71	3.30	21.30	15.83	18.91	84.01	81.31	198.30	1070.39
2002	128.02	236.10	174.20	69.00	13.70	0.64	27.80	17.30	62.30	65.51	108.40	121.91	1024.88
2003	167.20	164.41	150.60	63.50	16.40	8.70	0.00	6.01	17.11	64.40	50.20	110.00	818.53
2004	260.90	175.40	81.50	51.20	25.40	10.20	8.90	16.91	71.50	57.21	67.20	164.00	990.32
2005	85.81	130.31	148.00	52.00	2.10	0.00	0.20	4.30	2.61	74.21	101.50	105.70	706.74
2006	163.72	232.31	95.62	140.61	1.10	11.10	0.00	7.34	4.31	80.20	101.31	149.30	986.92
2007	172.60	175.61	226.52	77.60	14.10	0.00	4.80	0.01	4.01	52.50	99.70	102.70	930.15
2008	158.60	140.80	128.30	33.70	12.91	4.40	0.00	3.10	17.00	77.90	78.30	129.50	784.51
2009	136.70	105.60	80.50	41.80	8.60	0.00	14.10	0.00	11.00	18.20	277.60	111.10	805.20
2010	292.10	88.40	116.60	53.80	2.40	0.00	0.00	12.80	5.30	58.90	42.10	156.70	829.10
2011	119.10	151.80	135.70	60.20	9.30	4.70	7.10	8.90	56.50	50.90	42.80	189.70	836.70
<b>DATOS</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
<b>MEDIA</b>	<b>161.74</b>	<b>145.21</b>	<b>124.68</b>	<b>52.82</b>	<b>9.83</b>	<b>3.83</b>	<b>5.78</b>	<b>8.41</b>	<b>21.46</b>	<b>65.84</b>	<b>89.91</b>	<b>133.94</b>	<b>823.45</b>

FUENTE: PROPIA

**TABLA 101: PRECIPITACION MEDIA ANUAL CON DATOS COMPLETOS DE LA ESTACION POMACANCHI**

PRECIPITACION MEDIA ANUAL ESTACION CAYCAY COMPLETADO													
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1987	193.80	50.61	84.56	24.10	4.34	7.29	10.35	0.47	0.00	14.44	135.40	55.59	580.94
1988	118.60	101.05	108.31	46.90	9.28	0.00	0.00	0.47	0.00	14.34	42.92	153.35	595.22
1989	142.16	83.57	143.04	20.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.50	61.36	79.24	563.57
1990	120.54	46.81	21.88	33.20	11.93	29.37	3.37	3.37	0.00	50.48	196.88	158.63	676.45
1991	50.72	160.28	47.58	19.66	11.40	21.43	0.00	0.00	0.00	13.17	112.06	152.75	589.04
1992	81.74	91.40	108.54	21.15	0.00	24.14	0.00	16.65	3.83	40.95	128.69	103.55	620.65
1993	122.83	71.68	115.40	32.92	0.00	0.00	0.00	3.54	0.00	3.89	102.48	160.53	613.28
1994	118.85	138.54	142.41	30.30	0.00	0.00	0.00	0.00	20.20	55.89	22.89	103.86	632.95
1995	147.41	26.44	203.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.91	44.97	127.42	562.97
1996	134.78	94.02	109.29	62.36	10.07	0.00	0.00	19.00	0.00	41.90	54.89	122.44	648.74
1997	103.73	122.74	180.59	12.29	4.92	0.00	0.00	5.74	11.14	24.58	143.34	115.96	725.05
1998	34.13	169.69	82.74	16.60	0.00	5.14	0.00	10.52	0.00	15.19	62.87	139.07	535.95
1999	105.78	149.67	120.99	76.52	1.17	0.00	7.17	0.00	25.75	23.70	35.99	155.96	702.70
2000	221.83	114.33	121.61	4.31	2.67	17.22	13.36	4.60	5.49	48.40	26.28	114.33	694.44
2001	273.30	168.91	153.00	32.26	19.29	0.00	22.45	26.59	20.70	101.89	77.59	87.18	983.15
2002	91.26	186.34	98.58	22.74	6.01	0.00	29.05	0.00	16.33	29.85	48.79	95.97	624.93
2003	159.31	157.51	225.44	28.66	2.50	6.21	0.00	17.33	10.42	7.01	19.54	156.01	789.95
2004	121.16	107.13	72.35	18.74	2.81	34.87	19.64	11.42	10.42	26.06	62.13	63.33	550.07
2005	72.77	139.92	85.39	30.87	3.81	0.00	0.00	5.91	10.62	28.97	46.71	90.21	515.17
2006	187.36	86.21	108.06	52.83	0.00	8.52	4.31	8.22	7.22	77.09	81.00	72.08	692.89
2007	156.61	114.80	167.53	37.10	4.51	0.00	10.83	1.40	0.00	40.81	74.39	54.84	662.82
2008	142.09	129.15	41.61	10.73	14.74	16.24	0.00	9.23	7.22	52.44	75.81	160.04	659.31
2009	109.82	89.56	62.78	35.60	6.52	0.00	4.51	2.01	6.72	5.72	80.73	78.33	482.30
2010	198.31	92.88	73.32	1.30	14.95	0.00	2.01	7.82	8.73	56.87	24.07	140.93	621.20
2011	121.30	220.50	147.13	29.51	2.01	4.36	5.59	1.80	13.75	32.48	53.72	111.22	743.39
<b>DATOS</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
<b>MEDIA</b>	<b>133.21</b>	<b>116.55</b>	<b>113.04</b>	<b>28.05</b>	<b>5.32</b>	<b>6.99</b>	<b>5.31</b>	<b>6.24</b>	<b>7.14</b>	<b>34.10</b>	<b>72.62</b>	<b>114.11</b>	<b>642.69</b>

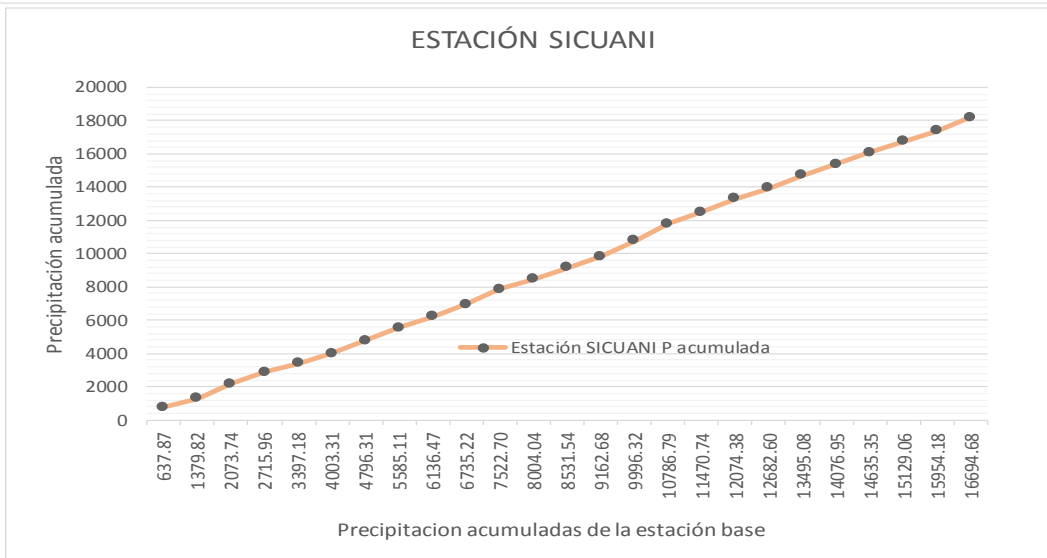
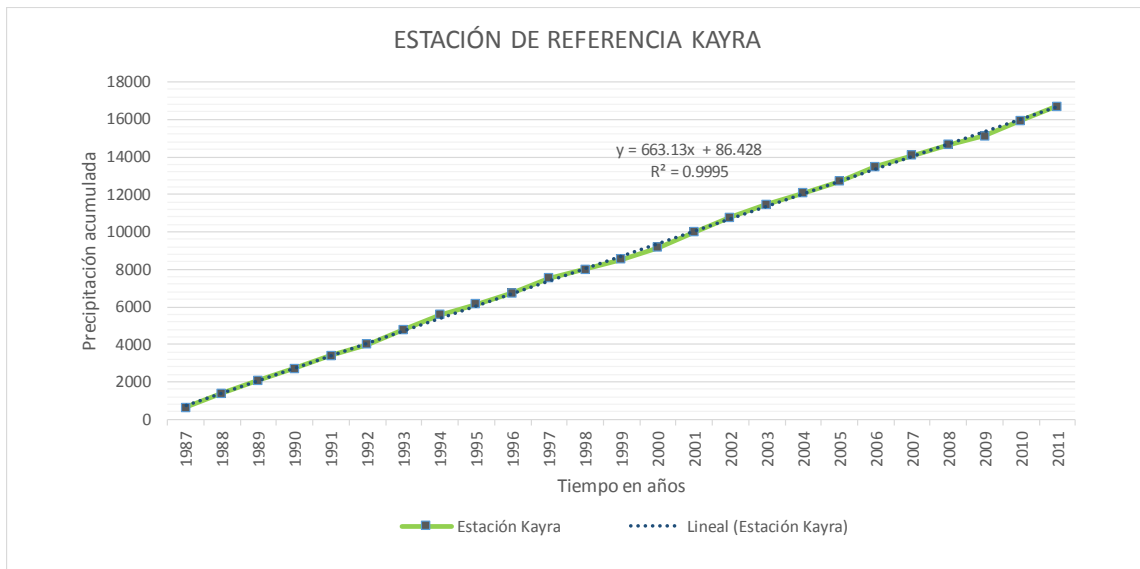
FUENTE: PROPIA

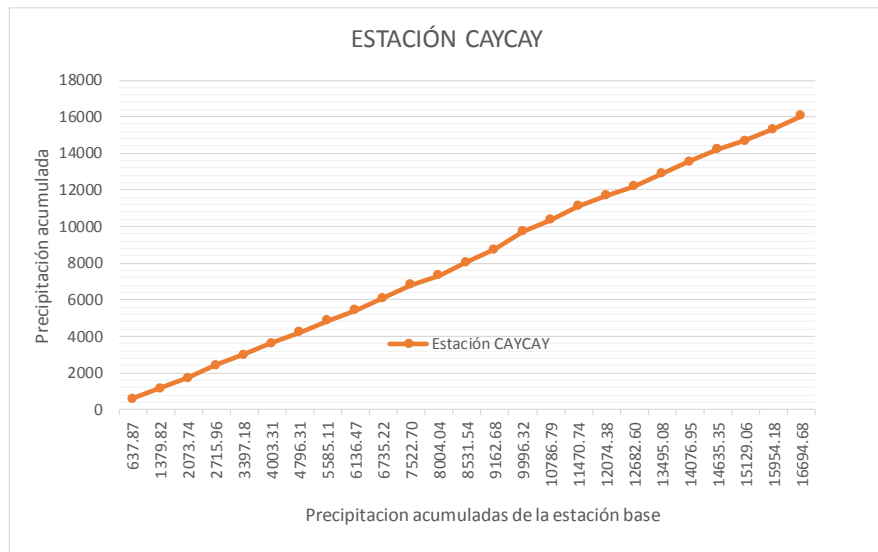
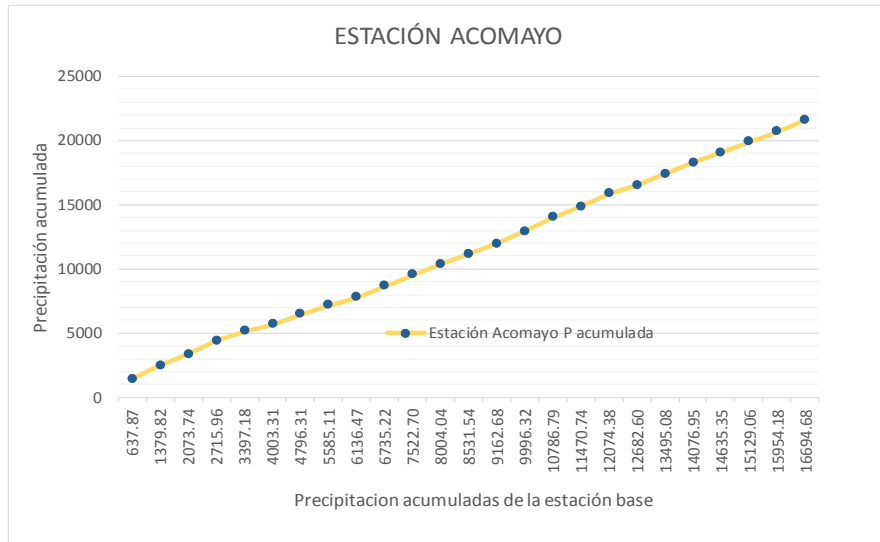
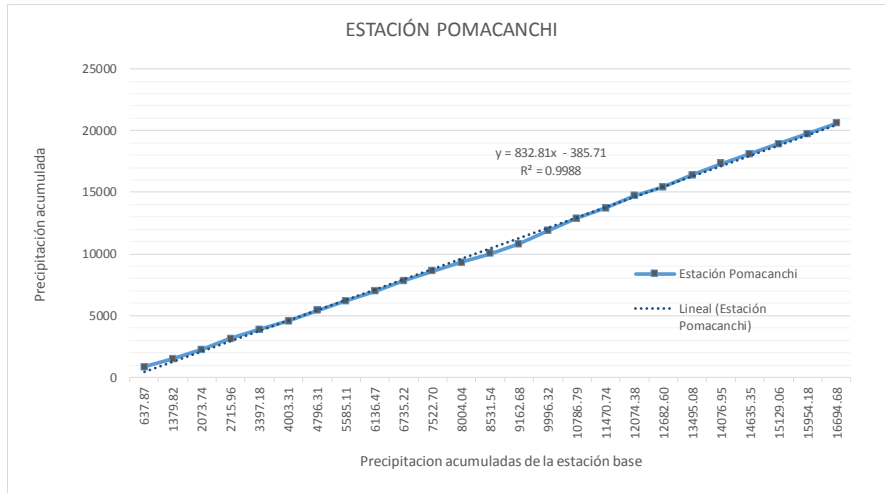
### 6.7.4. ANALISIS DE DOBLE MASA.

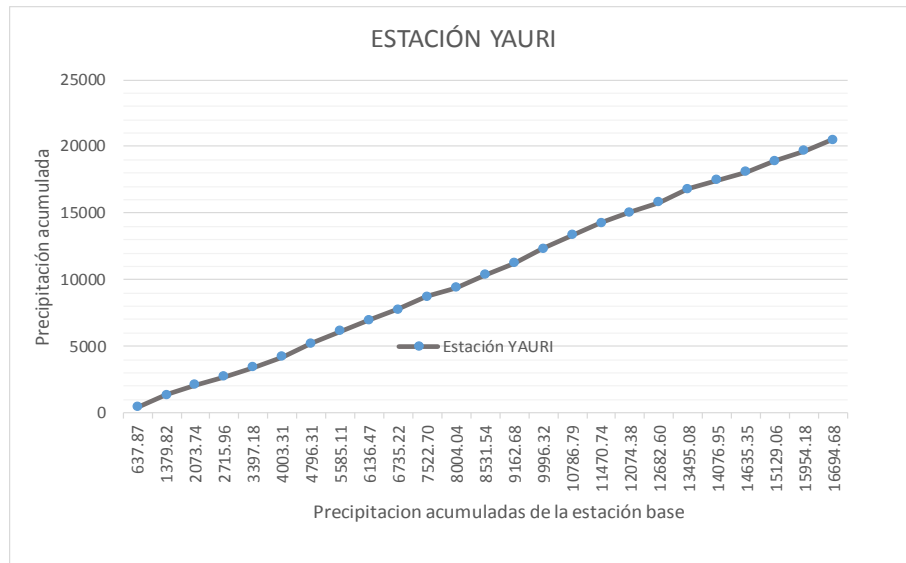
El análisis de doble masa o doble acumulación se ha efectuado a 06 estaciones meteorológicas: Sicuani, Pomacanchi, Acomayo, Caycay, Kayra y Yauri.

El análisis de doble masa es el resultado del análisis de la precipitación media mensual y la precipitación media acumulada. Las estaciones base o índice se considera al promedio de las 06 estaciones utilizadas. En los siguientes gráficos se muestran los histogramas donde se realizó el análisis de doble masa apreciándose que no existen cambios resaltantes en la línea generada de las acumulaciones, concretándose de esta manera la consistencia de la información pluviométrica analítica.

**IMAGEN 35: DIAGRAMAS DE DOBLE MASA DE LAS ESTACIONES UTILIZADAS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO**







FUENTE: PROPIA BASADO EN LOS DATOS DEL SENAMHI.

### 6.7.5. ESTIMACION DE LA PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA.

La distribución mensual de la precipitación permite identificar una estacionalidad dentro del año, tal como época seca, húmeda y de transición.

**TABLA 102: PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA DE LAS ESTACIONES USADAS EN EL ESTUDIO**

Estacion	SICUANI	latitud	14	15	13	s							
Altitud	3574	longitud	71	14	14	w							
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1987	153.72	144.38	77.59	49.80	2.90	1.30	11.20	0.50	2.50	24.90	132.10	155.30	756.19
1988	143.80	94.90	120.60	87.40	4.00	0.00	0.00	0.00	3.40	17.00	18.70	57.20	547.00
1989	183.40	108.20	168.50	76.50	16.10	10.20	0.00	12.00	50.30	51.70	46.90	130.80	854.60
1990	127.10	104.80	71.20	33.80	1.50	25.20	0.00	9.00	11.20	128.80	90.50	130.30	733.40
1991	93.30	76.30	87.50	59.30	18.10	14.40	0.00	0.00	12.70	44.90	43.70	70.40	520.60
1992	99.20	61.40	111.51	53.83	8.15	9.04	0.52	19.50	19.10	62.80	96.80	53.60	595.44
1993	163.00	87.10	116.20	57.40	0.00	1.20	2.00	9.80	26.70	66.00	136.40	114.10	779.90
1994	127.50	143.80	128.40	74.90	18.80	0.30	0.00	1.20	9.30	50.50	81.00	127.40	763.10
1995	107.40	105.20	131.30	64.40	3.10	1.20	2.80	0.00	16.60	36.00	92.30	117.00	677.30
1996	121.30	112.00	155.50	42.70	16.30	0.00	0.00	12.00	24.50	54.20	61.60	115.70	715.80
1997	226.70	173.80	176.90	49.90	3.50	0.00	5.20	15.20	8.90	45.50	135.50	64.60	905.70
1998	102.30	131.00	97.80	15.50	0.00	0.00	0.00	5.60	1.70	92.20	73.60	92.70	612.40
1999	133.30	145.40	83.40	85.70	17.60	3.20	0.30	0.00	44.10	24.40	38.50	127.20	703.10
2000	110.40	180.00	121.90	15.60	7.20	6.00	4.40	1.70	18.60	76.40	25.20	92.60	660.00
2001	213.00	158.10	176.90	55.30	25.90	1.20	13.90	10.50	34.70	48.30	76.20	134.40	948.40
2002	154.70	205.20	145.70	126.40	32.90	0.00	26.10	4.70	37.40	75.90	87.30	141.50	1037.80
2003	129.20	131.80	160.00	59.60	18.70	6.60	0.00	8.00	1.60	37.50	27.20	125.50	705.70
2004	162.60	191.00	80.40	47.00	7.60	8.20	4.20	12.00	51.60	28.90	92.40	98.40	784.30
2005	66.30	178.80	120.30	44.90	4.50	0.00	2.70	0.00	7.60	48.30	75.00	93.40	641.80
2006	151.20	120.80	92.80	99.00	3.30	5.70	0.00	10.30	23.30	45.40	111.30	102.00	765.10
2007	115.80	86.90	174.40	45.10	5.30	0.00	9.00	0.00	15.20	60.70	77.00	73.70	663.10
2008	137.30	133.50	117.90	21.60	7.00	0.70	0.60	0.60	2.60	84.10	61.60	149.00	716.50
2009	89.80	140.60	85.80	37.60	5.70	0.00	2.70	0.00	11.10	31.30	133.10	117.70	655.40
2010	157.00	93.80	116.30	47.70	4.00	0.00	0.00	5.70	3.20	59.50	46.70	117.30	651.20
2011	106.40	120.60	156.40	132.70	14.40	0.00	8.71	3.80	46.20	38.70	27.00	131.90	786.81
<b>PROMEDIO</b>	<b>135.03</b>	<b>129.18</b>	<b>123.01</b>	<b>59.35</b>	<b>9.86</b>	<b>3.78</b>	<b>3.77</b>	<b>5.68</b>	<b>19.36</b>	<b>53.36</b>	<b>75.50</b>	<b>109.35</b>	<b>727.23</b>



**"ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO – 2019"**

Estacion	POMACANCHI			latitud	14	1	41	s					
Altitud	3700			longitud	71	34	22	w					
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1987	224.86	128.42	39.02	33.54	0.01	0.50	21.50	0.00	3.00	36.81	159.10	182.59	829.35
1988	170.40	120.83	155.01	93.67	9.90	1.64	2.56	0.00	20.90	9.50	34.00	51.20	669.61
1989	159.24	124.20	79.40	8.90	11.33	5.34	2.56	15.07	47.85	64.93	56.38	155.74	730.94
1990	164.82	121.86	107.89	59.52	12.20	14.56	2.56	11.89	12.48	145.83	108.95	155.20	917.76
1991	110.81	157.90	127.84	58.24	14.98	3.71	3.75	2.35	13.84	57.80	52.52	133.68	737.42
1992	142.17	90.66	96.21	41.47	6.24	9.52	2.56	15.79	6.79	92.52	89.18	73.20	666.32
1993	206.92	125.13	102.65	31.70	0.31	2.29	6.29	12.26	16.74	87.22	81.14	186.78	859.43
1994	166.11	151.58	125.15	47.68	5.79	0.30	0.31	1.30	25.74	68.71	88.19	116.51	797.37
1995	133.05	108.56	127.06	37.07	13.51	0.01	5.51	1.50	36.02	9.04	126.04	161.05	758.42
1996	200.53	91.56	114.67	55.57	17.05	0.01	0.01	28.82	32.32	108.00	79.55	155.04	883.13
1997	0.00	194.01	190.58	23.07	16.01	0.00	5.00	12.53	7.55	83.07	135.82	79.07	746.71
1998	141.07	130.31	136.84	17.54	0.00	0.02	0.00	0.02	1.02	72.02	104.51	115.04	718.39
1999	173.52	140.61	84.28	93.34	9.24	0.02	1.61	0.01	19.13	34.40	40.72	106.32	703.20
2000	119.21	184.20	112.00	30.60	7.50	14.81	6.01	16.11	22.50	92.31	41.30	138.11	784.66
2001	246.01	159.60	180.91	45.20	15.71	3.30	21.30	15.83	18.91	84.01	81.31	198.30	1070.39
2002	128.02	236.10	174.20	69.00	13.70	0.64	27.80	17.30	62.30	65.51	108.40	121.91	1024.88
2003	167.20	164.41	150.60	63.50	16.40	8.70	0.00	6.01	17.11	64.40	50.20	110.00	818.53
2004	260.90	175.40	81.50	51.20	25.40	10.20	8.90	16.91	71.50	57.21	67.20	164.00	990.32
2005	85.81	130.31	148.00	52.00	2.10	0.00	0.20	4.30	2.61	74.21	101.50	105.70	706.74
2006	163.72	232.31	95.62	140.61	1.10	11.10	0.00	7.34	4.31	80.20	101.31	149.30	986.92
2007	172.60	175.61	226.52	77.60	14.10	0.00	4.80	0.01	4.01	52.50	99.70	102.70	930.15
2008	158.60	140.80	128.30	33.70	12.91	4.40	0.00	3.10	17.00	77.90	78.30	129.50	784.51
2009	136.70	105.60	80.50	41.80	8.60	0.00	14.10	0.00	11.00	18.20	277.60	111.10	805.20
2010	292.10	88.40	116.60	53.80	2.40	0.00	0.00	12.80	5.30	58.90	42.10	156.70	829.10
2011	119.10	151.80	135.70	60.20	9.30	4.70	7.10	8.90	56.50	50.90	42.80	189.70	836.70
<b>PROMEDIO</b>	<b>161.74</b>	<b>145.21</b>	<b>124.68</b>	<b>52.82</b>	<b>9.83</b>	<b>3.83</b>	<b>5.78</b>	<b>8.41</b>	<b>21.46</b>	<b>65.84</b>	<b>89.91</b>	<b>133.94</b>	<b>823.45</b>
Estacion	CAYCAY			latitud	13	36	1	s					
Altitud	3100			longitud	71	42	1	w					
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1987	193.80	50.61	84.56	24.10	4.34	7.29	10.35	0.47	0.00	14.44	135.40	55.59	580.94
1988	118.60	101.05	108.31	46.90	9.28	0.00	0.00	0.47	0.00	14.34	42.92	153.35	595.22
1989	142.16	83.57	143.04	20.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.50	61.36	79.24	563.57
1990	120.54	46.81	21.88	33.20	11.93	29.37	3.37	3.37	0.00	50.48	196.88	158.63	676.45
1991	50.72	160.28	47.58	19.66	11.40	21.43	0.00	0.00	0.00	13.17	112.06	152.75	589.04
1992	81.74	91.40	108.54	21.15	0.00	24.14	0.00	16.65	3.83	40.95	128.69	103.55	620.65
1993	122.83	71.68	115.40	32.92	0.00	0.00	0.00	3.54	0.00	3.89	102.48	160.53	613.28
1994	118.85	138.54	142.41	30.30	0.00	0.00	0.00	0.00	20.20	55.89	22.89	103.86	632.95
1995	147.41	26.44	203.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.91	44.97	127.42	562.97
1996	134.78	94.02	109.29	62.36	10.07	0.00	0.00	19.00	0.00	41.90	54.89	122.44	648.74
1997	103.73	122.74	180.59	12.29	4.92	0.00	0.00	5.74	11.14	24.58	143.34	115.96	725.05
1998	34.13	169.69	82.74	16.60	0.00	5.14	0.00	10.52	0.00	15.19	62.87	139.07	535.95
1999	105.78	149.67	120.99	76.52	1.17	0.00	7.17	0.00	25.75	23.70	35.99	155.96	702.70
2000	221.83	114.33	121.61	4.31	2.67	17.22	13.36	4.60	5.49	48.40	26.28	114.33	694.44
2001	273.30	168.91	153.00	32.26	19.29	0.00	22.45	26.59	20.70	101.89	77.59	87.18	983.15
2002	91.26	186.34	98.58	22.74	6.01	0.00	29.05	0.00	16.33	29.85	48.79	95.97	624.93
2003	159.31	157.51	225.44	28.66	2.50	6.21	0.00	17.33	10.42	7.01	19.54	156.01	789.95
2004	121.16	107.13	72.35	18.74	2.81	34.87	19.64	11.42	10.42	26.06	62.13	63.33	550.07
2005	72.77	139.92	85.39	30.87	3.81	0.00	0.00	5.91	10.62	28.97	46.71	90.21	515.17
2006	187.36	86.21	108.06	52.83	0.00	8.52	4.31	8.22	7.22	77.09	81.00	72.08	692.89
2007	156.61	114.80	167.53	37.10	4.51	0.00	10.83	1.40	0.00	40.81	74.39	54.84	662.82
2008	142.09	129.15	41.61	10.73	14.74	16.24	0.00	9.23	7.22	52.44	75.81	160.04	659.31
2009	109.82	89.56	62.78	35.60	6.52	0.00	4.51	2.01	6.72	5.72	80.73	78.33	482.30
2010	198.31	92.88	73.32	1.30	14.95	0.00	2.01	7.82	8.73	56.87	24.07	140.93	621.20
2011	121.30	220.50	147.13	29.51	2.01	4.36	5.59	1.80	13.75	32.48	53.72	111.22	743.39
<b>PROMEDIO</b>	<b>133.21</b>	<b>116.55</b>	<b>113.04</b>	<b>28.05</b>	<b>5.32</b>	<b>6.99</b>	<b>5.31</b>	<b>6.24</b>	<b>7.14</b>	<b>34.10</b>	<b>72.62</b>	<b>114.11</b>	<b>642.69</b>
Estacion	ACOMAYO			latitud	13	55	1	s					
Altitud	3360			longitud	71	41	1	w					
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1987	214.98	165.74	65.70	21.50	0.00	1.10	17.60	0.00	65.00	113.20	553.30	186.40	1404.53
1988	230.70	124.70	210.50	149.00	13.70	0.00	0.00	6.00	16.70	49.20	68.00	162.40	1031.10
1989	199.70	107.50	158.00	101.60	13.60	1.80	0.00	8.10	16.50	63.20	100.90	115.60	886.50
1990	255.70	120.60	76.20	86.20	11.60	66.00	0.00	0.00	28.60	117.60	160.20	133.10	1055.80
1991	137.80	142.90	208.80	32.20	12.26	3.55	2.26	0.00	11.49	45.47	96.43	60.00	753.16
1992	80.00	101.30	67.60	10.80	1.20	3.40	1.40	9.40	15.40	67.10	112.60	58.00	528.20
1993	264.50	76.90	78.70	61.20	0.00	2.80	6.90	3.00	24.40	33.30	90.60	133.40	775.70
1994	85.10	185.20	133.90	82.80	3.30	0.00	0.00	0.00	10.80	35.00	79.70	89.20	705.00
1995	110.60	118.40	83.20	51.30	0.00	0.00	10.20	0.00	27.30	29.50	86.10	128.00	644.60
1996	191.10	119.90	110.50	71.70	14.60	0.00	1.00	38.70	25.30	79.40	58.30	141.00	851.50
1997	151.40	164.10	195.70	26.90	17.40	0.00	0.00	18.60	1.20	53.40	140.70	134.30	903.70
1998	188.60	174.30	119.70	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.50	98.80	134.30	807.20
1999	148.70	115.10	132.70	98.20	0.00	0.00	0.00	0.00	20.90	46.50	27.50	192.10	781.70
2000	125.90	206.40	90.70	39.00	7.30	8.70	4.50	19.80	21.40	107.20	16.70	176.40	824.00
2001	248.40	153.80	179.30	44.20	15.10	3.40	10.90	15.70	18.10	39.00	93.80	126.90	948.60
2002	192.60	247.30	238.90	62.80	18.10	1.10	19.80	7.50	22.90	49.20	105.50	121.90	1087.60
2003	197.80	172.90	127.50	54.40	13.00	10.10	0.00	3.80	3.10	42.10	68.80	142.70	836.20
2004	250.10	179.10	87.80	63.60	16.90	12.90	10.60	13.00	56.50	57.50	85.20	182.60	1015.80
2005	125.70	148.40	95.40	48.80	4.30	0.00	0.00	2.90	0.00	61.90	82.20	93.10	662.70
2006	162.20	133.70	149.90	98.80	0.00	12.40	0.00	5.30	1.90	58.40	133.80	133.50	889.90
2007	197.30	163.60	178.70	92.50	1.00	0.00	5.50	0.00	2.90	51.20	96.60	88.90	878.20
2008	147.40	212.90	76.70	41.90	20.00	7.70	0.00	0.00	12.60	73.10	46.20	145.90	784.40
2009	122.50	125.50	100.00	76.80	8.20	0.00	8.90	0.00	4.50	20.60	199.60	147.70	814.30
2010	278.00	94.90	112.00	19.00	9.90	0.00	0.00	6.10	5.00	46.80	41.20	191.40	804.30
2011	153.50	163.40	207.30	62.20	3.20	3.50	8.30	0.00	59.90	34.60	48.20	174.00	918.10
<b>PROMEDIO</b>	<b>178.41</b>	<b>148.74</b>	<b>131.42</b>	<b>61.10</b>	<b>8.19</b>	<b>5.54</b>	<b>4.31</b>	<b>6.32</b>	<b>18.90</b>	<b>57.44</b>	<b>107.64</b>	<b>135.71</b>	<b>863.71</b>

Estacion	YAURI		latitud		14	49	1	s					
Altitud	3927		longitud		71	25	1	w					
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1987	38.53	18.59	43.05	35.18	0.00	18.43	34.17	0.28	14.94	39.03	77.69	115.00	434.87
1988	305.22	167.17	190.69	70.89	5.52	4.66	7.01	0.00	6.50	25.07	14.13	102.53	899.40
1989	214.12	202.57	132.27	29.32	13.10	41.54	0.00	35.32	1.44	1.78	26.21	79.52	777.19
1990	65.86	232.48	91.43	0.00	2.11	0.00	9.32	0.00	15.34	73.98	63.16	60.45	614.12
1991	246.83	47.14	53.19	41.22	19.10	56.81	0.00	0.00	67.57	0.00	67.72	106.36	705.93
1992	186.79	172.65	126.02	46.13	2.04	8.56	0.00	48.49	0.00	64.01	80.93	40.46	776.09
1993	251.04	99.93	124.54	108.60	5.13	0.00	0.75	13.98	7.18	87.35	161.92	146.45	1006.86
1994	208.15	224.35	193.47	57.30	16.91	0.00	0.00	22.48	13.26	67.23	101.85	905.01	
1995	168.46	143.46	212.76	83.01	2.74	0.00	0.00	2.84	13.21	52.43	38.20	130.26	847.37
1996	163.55	191.49	111.35	98.81	17.23	0.00	0.00	20.70	13.87	31.61	52.10	107.07	807.78
1997	252.25	214.59	119.12	68.26	3.27	0.00	0.00	26.81	39.30	14.94	93.84	125.46	957.83
1998	222.96	154.46	92.23	14.17	0.00	2.57	0.00	3.70	0.82	49.60	48.27	49.30	638.08
1999	145.95	236.35	163.99	129.36	3.71	0.00	0.00	0.82	49.27	54.53	46.69	160.07	990.73
2000	166.24	201.31	167.38	42.52	4.34	5.79	0.00	13.14	6.41	81.21	27.72	173.58	889.64
2001	276.07	239.31	264.64	103.30	33.22	0.93	4.46	4.98	4.36	33.43	26.79	70.08	1061.59
2002	116.08	306.67	154.22	70.44	25.74	0.52	17.40	0.00	42.20	58.35	73.50	148.80	1013.93
2003	178.94	240.54	202.16	38.59	5.96	0.84	0.00	5.75	36.40	11.61	76.77	135.12	932.69
2004	226.42	174.77	88.70	50.81	0.00	1.89	11.23	18.58	26.87	26.98	59.52	110.64	796.40
2005	120.42	185.96	129.80	45.41	1.16	0.00	0.00	5.06	5.90	58.89	44.14	170.89	767.63
2006	311.96	126.79	185.69	48.43	1.48	5.71	0.00	10.26	19.67	62.50	67.78	129.65	969.92
2007	137.67	141.81	114.74	62.20	4.88	0.00	3.61	0.00	17.30	38.53	46.17	124.93	691.83
2008	210.84	114.53	77.24	1.28	5.22	6.18	0.00	0.00	0.21	46.24	26.42	110.05	598.21
2009	109.08	176.02	109.29	47.59	5.88	0.00	1.50	0.00	2.14	46.84	184.57	143.19	826.09
2010	185.27	177.86	123.33	34.35	14.60	0.00	0.00	0.00	1.82	41.93	43.06	125.49	747.72
2011	158.00	154.76	154.40	69.20	10.00	0.00	3.70	10.60	36.10	16.60	73.60	139.80	826.76
<b>PROMEDIO</b>	<b>186.67</b>	<b>173.82</b>	<b>137.03</b>	<b>55.85</b>	<b>8.13</b>	<b>6.18</b>	<b>3.73</b>	<b>8.85</b>	<b>18.05</b>	<b>41.23</b>	<b>63.53</b>	<b>116.28</b>	<b>819.35</b>

Estacion	KAYRA		latitud		13	46	3	s					
Altitud	3219		longitud		71	50	41	w					
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1987	226.05	89.49	49.20	13.26	2.13	1.32	9.31	0.00	8.30	26.83	103.06	108.93	637.87
1988	165.24	85.04	167.96	109.86	4.64	0.00	0.00	0.00	9.99	36.52	48.02	114.70	741.95
1989	152.19	127.47	119.93	39.81	9.45	9.15	0.00	6.13	30.86	48.96	61.02	88.96	693.92
1990	157.87	90.56	60.30	47.48	7.51	31.86	0.00	5.81	13.32	73.83	87.05	66.62	642.22
1991	97.43	163.32	105.02	45.02	10.98	5.09	1.50	0.00	21.36	49.21	83.45	98.83	681.21
1992	113.51	101.87	103.46	14.82	0.00	19.30	0.00	21.29	7.96	50.44	116.79	56.70	606.14
1993	204.92	109.55	75.15	18.64	0.89	0.00	2.68	6.84	17.84	45.80	110.93	199.76	793.00
1994	174.87	161.93	171.81	44.95	11.66	0.00	0.00	0.00	25.39	39.72	40.01	118.46	788.79
1995	120.12	93.34	93.83	17.53	0.00	0.00	0.59	1.18	28.36	26.29	69.12	101.02	551.37
1996	129.42	96.16	69.18	31.69	10.79	0.00	0.00	6.18	19.23	57.30	48.08	130.70	598.74
1997	120.57	124.88	102.48	30.31	4.69	0.00	0.00	6.94	12.03	43.42	197.04	145.12	787.49
1998	113.34	152.23	22.03	30.21	1.56	1.85	0.00	1.56	4.19	48.53	48.44	57.40	481.34
1999	86.73	89.55	89.36	41.57	1.26	3.30	0.97	0.00	41.86	18.26	38.56	116.07	527.50
2000	191.08	132.91	115.68	10.55	2.52	5.61	2.61	4.36	10.36	47.72	28.36	79.38	631.14
2001	224.79	167.00	132.56	35.12	11.09	0.00	16.79	9.84	19.87	36.95	93.39	86.25	833.64
2002	129.32	177.50	108.36	20.77	15.58	2.40	26.06	3.56	9.90	75.67	94.04	127.31	790.47
2003	157.07	129.85	136.94	54.14	1.92	6.13	0.00	20.41	3.55	33.16	22.14	118.64	683.95
2004	165.91	120.16	63.52	20.06	2.29	19.58	16.24	8.60	20.73	24.45	58.17	83.96	603.64
2005	134.04	124.33	114.43	31.51	3.05	0.38	1.14	3.81	4.28	37.22	56.45	97.58	608.21
2006	192.99	147.54	138.43	38.81	0.19	4.65	0.00	9.96	7.12	68.79	64.33	139.67	812.48
2007	133.16	55.51	101.47	88.52	5.49	0.00	3.78	0.00	0.95	43.80	65.60	83.60	581.87
2008	102.56	102.93	60.70	7.16	8.20	1.98	0.00	3.68	13.10	48.73	85.02	124.33	558.40
2009	105.70	101.75	74.32	20.01	4.98	0.00	3.10	0.66	14.19	7.80	83.34	77.89	493.72
2010	251.44	157.79	120.99	15.55	1.22	0.00	1.31	4.40	7.68	65.55	37.46	161.73	825.11
2011	103.40	179.30	131.90	67.60	3.90	3.20	3.70	0.00	38.90	38.20	60.20	110.20	740.50
<b>PROMEDIO</b>	<b>150.15</b>	<b>123.28</b>	<b>101.16</b>	<b>35.80</b>	<b>5.04</b>	<b>4.63</b>	<b>3.59</b>	<b>5.01</b>	<b>15.65</b>	<b>43.73</b>	<b>72.00</b>	<b>107.75</b>	<b>667.79</b>

FUENTE: SENAMHI PROCESADO POR LOS TESISISTAS.

Del análisis realizado a la precipitación mensual acumulada se puede decir que las estaciones secas se presentan en los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto y las estaciones húmedas varían de los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y siendo los meses de Setiembre, Octubre, Marzo y Abril los que presentan una estación de transición.

### 6.7.6. ANALISIS DE LA PRECIPITACIÓN.

Mediante la técnica determinística (regresión lineal) entre dos variables (Precipitación y Altitud) nos permitirá predecir los valores de  $P=f(A)$  con un cierto grado de aproximación. El análisis de la precipitación en relación a la altitud nos conlleva a generar precipitaciones en zonas y/o puntos requeridos con una determinada altitud. En el cuadro y grafico siguiente se puede apreciar a las estaciones utilizadas en el análisis regional, donde se muestran las constantes y el coeficiente de correlación (r) obtenido. Además, se aplicó la técnica de regresión lineal, el cual se muestra a continuación:

**TABLA 103: MATRIZ DE REGIONALIZACION ANUAL DE LA PRECIPITACION DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO –ACOPIA**

MATRIZ DE REGIONALIZACION ANUAL MICRCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA							
Nombre de la estacion	Altitud media (m.s.n.m) (X)	Precipitacion media Anual (mm) (Y)	Ecuacion de Regresión (X2)	Y2	X*Y2	Y4	Precipitacion media mensual corregida (mm)
Sicuani	3574	727.226	12,773,476.00	528,857.37	1,890,136,232.01	279,690,115,327.62	779.0856
Pomacanchi	3700	823.446	13,690,000.00	678,063.92	2,508,836,521.63	459,770,686,068.33	801.5043
Acomayo	3360	863.712	11,289,600.00	745,997.74	2,506,552,417.20	556,512,632,880.62	739.4536
Caycay	3100	642.685	9,610,000.00	413,044.40	1,280,437,636.61	170,605,675,469.20	688.2386
Kayra	3219	667.787	10,361,961.00	445,939.66	1,435,479,763.39	198,862,179,766.50	712.1366
Yauri	3927	819.348	15,421,329.00	671,330.79	2,636,315,997.00	450,685,024,359.77	840.3855
Sumatoria	<b>20,880.00</b>	<b>4,544.20</b>	<b>73,146,366.00</b>	<b>3,483,233.88</b>	<b>12,257,758,567.85</b>	<b>2,116,126,313,872.05</b>	<b>4,560.800</b>
n	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>
Promedio	<b>3,480.00</b>	<b>757.37</b>	<b>12,191,061.00</b>	<b>580,538.98</b>	<b>2,042,959,761.31</b>	<b>352,687,718,978.68</b>	<b>760.130</b>
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion			
A = SUM X	20,880.00	$G = C - (A^2/n)$	483,966.00	COHEFICIENTE INDEPENDIENTE B0 =	-398133.56		
B = SUM Y	4,544.20	$H = E - (A*D/n)$	136,104,665.54	COHEFICIENTE DEPENDIENTE B1 =	281.2277423		
C = SUM X2	73,146,366.00	$I = F - (D^2/n)$	93,973,270,103.19	COHEFICIENTE DE CORRELACION r =	0.797762154		
D = SUM Y2	3,483,233.88	$J = B1 = H/G$	281.2277423	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL			
E = SUM X*Y2	12,257,758,567.85	$K = B0 = (D-J*A)/n$	-398,133.56				
F = SUM Y4	2,116,126,313,872.05			MICROCUENCA	ALTITUD	PRECIPITACION P.	
				ZONA MEDIA	3931	841.085	
				ZONA BAJA	3775	814.473	
				ZONA ALTA	4207	885.944	

FUENTE: PROPIA

**TABLA 104: MATRIZ DE REGIONALIZACION ANUAL DE LA PRECIPITACION DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

MATRIZ DE REGIONALIZACION ANUAL MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU							
Nombre de la estacion	Altitud media (m.s.n.m) (X)	Precipitacion media Anual (mm) (Y)	Ecuacion de Regresión (X2)	Y2	X*Y2	Y4	Precipitacion media mensual corregida (mm)
Sicuani	3574	727.226	12,773,476.00	528,857.37	1,890,136,232.01	279,690,115,327.62	779.08561
Pomacanchi	3700	823.446	13,690,000.00	678,063.92	2,508,836,521.63	459,770,686,068.33	801.5042628
Acomayo	3360	863.712	11,289,600.00	745,997.74	2,506,552,417.20	556,512,632,880.62	739.4536165
Caycay	3100	642.685	9,610,000.00	413,044.40	1,280,437,636.61	170,605,675,469.20	688.238649
Kayra	3219	667.787	10,361,961.00	445,939.66	1,435,479,763.39	198,862,179,766.50	712.1366015
Yauri	3927	819.348	15,421,329.00	671,330.79	2,636,315,997.00	450,685,024,359.77	840.3854954
Sumatoria	20,880.00	4,544.20	73,146,366.00	3,483,233.88	12,257,758,567.85	2,116,126,313,872.05	4,560.804
n	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Promedio	3,480.00	757.37	12,191,061.00	580,538.98	2,042,959,761.31	352,687,718,978.68	760.134
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion			
A = SUM X	20,880.00	G = C-((A^2)/n)	483,966.00	COHEFICIENTE INDEPENDIENTE B0 =	-398133.5633		
B = SUM Y	4,544.20	H = E-(A*D)/n)	136,104,665.54	COHEFICIENTE DEPENDIENTE B1 =	281.2277423		
C = SUM X2	73,146,366.00	I = F-(D^2)/n)	93,973,270,103.19	COHEFICIENTE DE CORRELACION r =	0.638209723		
D = SUM Y2	3,483,233.88	J = B1 =H/G	281.2277423	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL			
E = SUM X*Y2	12,257,758,567.85	K = B0 = (D-J*A)/n	-398,133.56	MICROCUENCA	ALTITUD	PRECIPITACION P.	
F = SUM Y4	2,116,126,313,872.05			ZONA MEDIA	3790	817.1792434	
				ZONA BAJA	3691	799.9458414	
				ZONA ALTA	4134	874.3351322	

FUENTE: PROPIA

Ecuación de la Regionalización Anual:

$$P^2 = B_0 + B_1 * H$$

Siendo:

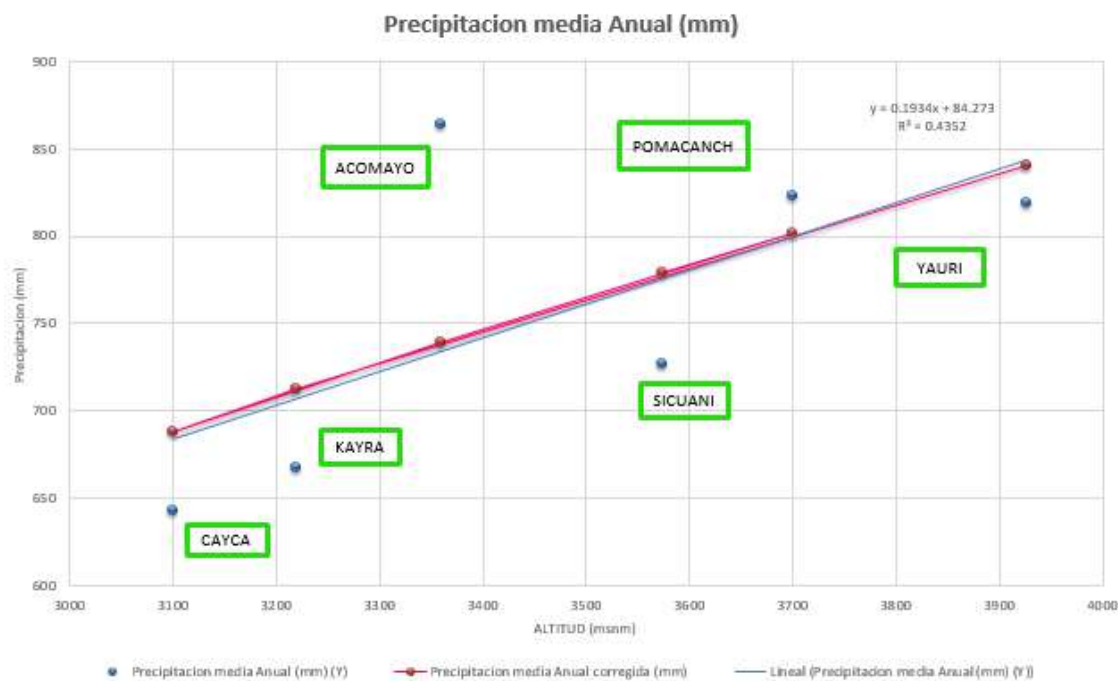
P = Precipitación total anual (mm)

H =Altitud (msnm)

r = Coeficiente de Correlación

De los datos obtenidos a partir del análisis regional obtuvimos que el coeficiente de correlación (r) es de 0.797 lo cual nos indica que existe una BUENA correlación y dependencia entre los valores de la altitud con la precipitación para la microcuena Santo Domingo-Acopia, para la microcuena Huayrachapi-Miskiunu la el índice de correlación es 0.638 lo cual nos indica que también existe una correlación BUENA.

**IMAGEN 36: TENENCIA REGIONAL DE LA PRECIPITACION.**



FUENTE: PROPIA.

Este método a su vez, permite corregir la precipitación anual por elementos de ajuste por distancia (di), altitud (ai), y posición geográfica (gi); de la zona de estudio vs las estaciones base, obteniéndose los coeficientes de ajuste siguientes:

### 6.7.6.1. COEFICIENTES DE AJUSTE PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA.

**TABLA 105: COORDENADAS GEOGRAFICAS ENTRE LAS ESTACIONES BASE Y LA ZONA DE ESTUDIO.**

CCORDENADAS GEOGRAFICAS ENTRE ESTACIONES BASE Y ZONA DE ESTUDIO												
VARIABLE	ESTACION	CUENCA	LATITUD				LONGITUD				ALTITUD MEDIA	PRECIPITACION TOTAL
			°	'	"	CONVERSION	°	'	"	CONVERSION		
E1	Sicuani	Vikanota	14	15	13	14.25361111	71	14	14	71.23722222	3574	727.23
E2	Pomacanchi	Vikanota	14	1	41	14.02805556	71	34	22	71.57277778	3700	823.45
E3	Acomayo	Vikanota	13	55	1	13.91694444	71	41	1	71.68361111	3360	863.71
E4	Caycay	Vikanota	13	36	1	13.60027778	71	42	1	71.70027778	3100	642.69
E5	Kayra	Vikanota	13	46	3	13.76750000	71	50	41	71.84472222	3219	667.79
E6	Yauri	Vikanota	14	49	1	14.81694444	71	25	1	71.41694444	3927	819.35
ESTACIONES EN ESTUDIO (Ei)												
E7	ALTITUD MEDIA		14	6	5.86	14.10162778	71	31	1.26	71.51701667	3931	841.09
E8	ZONA BAJA		14	5	5.65	14.08490278	71	29	58.57	71.49960278	3775	814.47
E9	ZONA ALTA		14	5	2.47	14.08401944	71	31	15.97	71.52110278	4207	885.94

FUENTE: PROPIA

**TABLA 106: FACTORES DE CORRECCION POR INFLUENCIA ALTITUDINAL, DISTANCIA Y UBICACIÓN.**

FACTORES DE CORRECCION POR INFLUENCIA ALTITUDINAL, POR DISTANCIA Y UBICACIÓN												
ESTACION	FACTOR DE INFLUENCIA ALTITUDINAL (ai)				AJUSTE POR DISTANCIA (di)				FACTOR DE INFLUENCIA GEOGRAFICA (gi)			
	BAJA	MEDIA	ALTA	ALTITUD MEDIA	BAJA	MEDIA	ALTA	ALTITUD MEDIA	BAJA	MEDIA	ALTA	ALTITUD MEDIA
Sicuni	1.1199730	1.1565668	1.2182513		0.3119392	0.3184083	0.3306804		0.1369502	0.1342823	0.1165745	
Pomacanchi	0.9891030	1.0214207	1.0758974		0.0926617	0.0923156	0.0761726		0.4610333	0.4631567	0.5060730	
Acomayo	0.9429922	0.9738033	1.0257403		0.2491366	0.2487200	0.2330730		0.1714727	0.1719066	0.1653941	
Caycay	1.2672972	1.3087046	1.3785032		0.5245301	0.5337944	0.5158582		0.0814446	0.0800994	0.0747277	
Kayra	1.2196600	1.2595109	1.3266859		0.4688837	0.4680089	0.4526744		0.0911103	0.0913585	0.0851581	
Yauri	0.9940508	1.0265301	1.0812793		0.7366936	0.7222828	0.7402891		0.0579890	0.0591965	0.0520727	
				<b>ALFA (α)</b>	<b>23.4081716</b>	<b>23.3882013</b>	<b>25.9410871</b>					

FUENTE: PROPIA

**TABLA 107: PRECIPITACION REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA														
Latitud	14	6	5.86					Distrito	Acopia					
Longitud	71	31	1.26					Provincia	Acomayo					MEDIA
Altitud	3931							Region	Cusco					
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma	
1987	200.20	120.69	53.60	31.14	0.94	2.39	18.19	0.12	14.54	45.77	211.40	158.68	857.66	
1988	180.55	115.90	159.48	98.72	8.97	1.04	1.60	1.10	14.30	21.11	38.61	88.14	729.54	
1989	170.67	120.86	116.81	38.89	11.39	7.45	1.19	12.63	34.66	55.14	61.80	128.75	760.24	
1990	165.34	117.03	85.31	53.92	9.61	26.74	2.01	7.51	14.33	120.22	117.61	134.63	854.26	
1991	115.11	138.49	123.41	48.60	14.52	9.81	2.26	1.09	16.04	46.17	67.38	109.24	692.13	
1992	120.89	94.50	96.76	34.07	4.31	10.41	1.50	17.70	9.39	74.50	99.43	66.94	630.40	
1993	206.61	104.54	100.16	43.68	0.53	1.70	4.66	9.25	17.59	64.65	99.40	164.54	817.30	
1994	146.50	160.52	136.78	56.30	7.84	0.18	0.14	0.76	20.30	53.51	74.89	111.57	769.31	
1995	127.81	103.90	128.28	41.15	6.84	0.17	4.74	0.97	26.98	20.63	97.75	139.45	698.66	
1996	174.32	105.71	114.65	57.54	15.41	0.00	0.18	24.92	25.19	81.41	67.01	139.67	806.01	
1997	90.73	175.35	176.54	29.80	11.89	0.00	3.01	13.72	9.22	60.58	140.33	98.36	809.54	
1998	137.78	144.55	111.19	20.29	0.14	0.74	0.00	1.97	1.13	64.90	87.59	108.12	678.40	
1999	148.87	138.60	100.61	89.20	7.07	0.74	1.45	0.05	27.18	34.00	37.93	131.92	717.61	
2000	136.75	178.18	114.05	26.80	6.40	11.40	5.46	12.64	18.36	84.49	31.72	133.41	759.65	
2001	244.01	164.54	178.40	47.87	17.88	2.33	17.20	14.76	20.26	65.62	80.35	150.72	1003.93	
2002	139.17	228.71	168.24	67.62	17.30	0.74	25.52	10.26	42.52	61.75	96.92	124.55	983.30	
2003	166.50	162.29	155.69	56.29	13.07	7.76	0.00	8.10	11.99	46.38	46.86	123.66	798.59	
2004	223.93	167.58	80.49	47.30	16.12	12.74	10.23	14.48	54.08	46.18	71.99	139.85	884.97	
2005	95.46	143.45	126.08	46.54	2.97	0.03	0.56	3.61	3.82	60.70	82.72	103.76	669.71	
2006	175.12	174.69	114.81	106.05	1.06	9.48	0.35	7.87	7.84	69.44	101.25	132.00	899.96	
2007	162.27	143.79	188.53	72.64	8.57	0.00	5.80	0.12	5.51	50.82	87.81	92.17	818.02	
2008	150.46	146.27	101.89	27.30	12.60	5.30	0.08	2.59	12.18	71.33	67.88	135.76	733.64	
2009	121.34	116.25	84.28	45.11	7.48	0.00	9.16	0.22	9.32	20.12	205.76	114.52	733.57	
2010	253.98	102.24	113.10	38.15	5.52	0.00	0.28	8.77	5.25	56.34	40.75	154.72	779.11	
2011	124.35	157.79	152.46	69.03	7.90	3.42	6.89	5.40	49.46	41.79	45.89	162.74	827.14	
<b>Promedio</b>	<b>159.15</b>	<b>141.06</b>	<b>123.26</b>	<b>51.76</b>	<b>8.65</b>	<b>4.58</b>	<b>4.90</b>	<b>7.23</b>	<b>18.86</b>	<b>56.70</b>	<b>86.44</b>	<b>125.92</b>	<b>788.51</b>	
Nº de datos	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00		

FUENTE: ELABORACION PROPIA.



### 6.7.6.2. COEFICIENTES DE AJUSTE PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.

**TABLA 108: COORDENADAS GEOGRAFICAS ENTRE ESTACIONES BASE Y LA ZONA DE ESTUDIO**

COORDENADAS GEOGRAFICAS ENTRE ESTACIONES BASE Y ZONA DE ESTUDIO												
VARIABLE	ESTACION	CUENCA	LATITUD				LONGITUD				ALTITUD MEDIA	PRECIPITACION TOTAL
			°	"	"	CONVERSION	°	"	"	CONVERSION		
E2	Pomacanchi	Vilcanota	14	1	41	14.02805556	71	34	22	71.57277778	3700	823.45
E3	Acomayo	Vilcanota	13	55	1	13.91694444	71	41	1	71.68361111	3360	863.71
E4	Caycay	Vilcanota	13	36	1	13.60027778	71	42	1	71.70027778	3100	642.69
E5	Kayra	Vilcanota	13	46	3	13.76750000	71	50	41	71.84472222	3219	667.79
E6	Yauri	Vilcanota	14	49	1	14.81694444	71	25	1	71.41694444	3927	819.35
ESTACIONES EN ESTUDIO (Ei)												
E7	LATITUD MEDIA		14	2	44.96	14.046	71	29	19.02	71.48861667	3790	817.18
E8	ZONA BAJA		14	2	29.93	14.04164722	71	29	44.65	71.49573611	3691	799.95
E9	ZONA ALTA		14	1	54.77	14.03188056	71	28	59.54	71.48320556	4134	874.34

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**TABLA 109: FACTORES DE COORECCION POR INFLUENCIA ALTITUDINAL, POR DISTANCIA Y UBICACIÓN.**

FACTORES DE CORRECCION POR INFLUENCIA ALTITUDINAL, POR DISTANCIA Y UBICACIÓN												
ESTACION	FACTOR DE INFLUENCIA ALTITUDINAL (ai)				AJUSTE POR DISTANCIA (di)				FACTOR DE INFLUENCIA GEOGRAFICA (gi)			
	BAJA	MEDIA	ALTA	ALTITUD MEDIA	BAJA	MEDIA	ALTA	ALTITUD MEDIA	BAJA	MEDIA	ALTA	ALTITUD MEDIA
Sicuani	1.099997	1.123694	1.202288		0.334302	0.326152	0.331168		0.115938	0.125139	0.125430	
Pomacanchi	0.971461	0.992389	1.061800		0.078231	0.086016	0.089654		0.495434	0.474496	0.463320	
Acomayo	0.926172	0.946125	1.012300		0.225495	0.233736	0.231025		0.171882	0.174617	0.179800	
Caycay	1.244693	1.271508	1.360441		0.486461	0.493265	0.483116		0.079674	0.082743	0.085980	
Kayra	1.197905	1.223712	1.309302		0.443788	0.451967	0.447874		0.087336	0.090304	0.092746	
Yauri	0.976320	0.997353	1.067111		0.779291	0.774446	0.787855		0.049736	0.052701	0.052723	
<b>ALFA (α)</b>					<b>25.800800</b>	<b>24.501242</b>	<b>24.074089</b>					

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 110: PRECIPITACION REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU													
	Latitud	14	2	44.96		Distrito	Acopia						
	Longitud	71	29	19.02		Provincia	Acomayo						
	Altitud	3790				Region	Cusco						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1987	192.18	123.52	68.97	39.39	0.79	1.56	16.48	0.08	14.78	48.48	202.15	161.60	869.96
1988	178.94	115.18	148.09	91.48	9.72	4.28	1.86	1.91	16.39	25.15	52.89	86.37	732.26
1989	163.12	123.36	102.70	39.00	12.08	10.96	1.22	12.45	33.16	56.17	68.75	133.30	756.26
1990	157.79	126.56	96.69	53.34	9.11	24.04	1.84	8.14	15.37	117.58	112.51	133.87	856.84
1991	121.74	127.04	129.76	46.91	12.52	8.92	2.17	3.33	14.44	45.86	69.82	106.73	689.25
1992	132.02	98.84	96.62	34.92	4.38	6.69	1.77	14.75	11.58	75.61	90.27	80.33	647.80
1993	205.98	105.78	115.93	42.69	1.47	1.73	4.48	8.30	18.22	64.72	87.26	155.16	811.72
1994	142.60	150.29	126.54	56.22	7.40	0.18	0.20	2.45	19.01	51.57	80.23	111.42	748.11
1995	125.03	111.75	123.65	42.86	8.32	0.15	4.75	1.89	27.29	23.92	104.61	141.67	715.90
1996	166.03	113.81	115.13	53.55	14.01	0.43	0.18	24.52	24.64	78.74	81.38	142.92	815.33
1997	87.09	179.90	165.02	34.54	11.48	0.17	3.62	12.65	9.49	61.57	118.27	93.75	777.54
1998	150.61	134.35	121.06	20.36	0.34	1.87	1.19	1.29	4.97	64.72	84.25	112.18	697.18
1999	172.54	143.45	105.35	82.60	8.61	0.92	2.89	2.64	23.49	43.11	40.38	122.73	748.70
2000	128.98	187.08	113.18	30.58	7.46	9.60	8.11	12.90	20.22	82.17	39.60	132.80	772.67
2001	226.17	164.04	181.67	45.78	16.70	3.09	16.34	13.58	18.46	61.89	76.02	161.17	984.91
2002	144.06	217.64	169.09	69.68	15.54	3.96	22.46	12.90	41.65	57.40	91.80	120.63	966.80
2003	160.48	159.80	137.20	53.49	13.23	8.53	1.47	6.09	13.53	47.82	52.40	114.98	769.01
2004	227.35	165.97	88.01	51.18	16.23	8.96	7.65	13.80	52.65	51.96	73.26	142.62	899.65
2005	107.69	142.74	135.14	47.78	2.76	0.42	1.33	3.83	3.14	64.76	86.19	104.26	700.05
2006	165.15	171.08	105.55	107.79	2.73	9.79	0.34	7.00	7.01	65.52	101.13	134.54	877.64
2007	156.44	146.95	177.23	65.49	9.07	0.18	4.93	0.50	6.96	48.35	90.60	97.77	804.47
2008	155.24	143.60	105.87	27.99	12.46	3.85	0.52	2.25	12.61	68.10	63.84	130.06	726.39
2009	135.98	131.39	95.26	44.30	6.81	0.36	9.24	0.55	9.34	27.23	200.78	124.59	785.83
2010	236.91	105.46	117.20	45.05	4.93	0.87	0.77	8.37	7.99	52.05	46.73	148.46	774.79
2011	118.52	134.94	137.43	62.91	7.76	3.26	6.43	5.71	46.37	39.86	42.48	154	759.66
Promedio	158.35	140.98	123.14	51.59	8.64	4.59	4.89	7.28	18.91	56.97	86.30	125.92	787.55
N° de datos	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.7.6.3. ISOYETAS.

El plano de isoyetas es un método que sirve para determinar la lluvia precipitada en el área de estudio, pues proporciona la configuración general de la distribución de precipitaciones en la zona de estudio. La construcción del método de isoyetas consistió en determinar los lugares geométricos de los puntos de igual precipitación.

Para la consecución de estas isoyetas se parte de puntos de precipitación conocida (estaciones meteorológicas), luego, los trazados de isoyetas se obtienen por interpolación de las diferentes estaciones por los puntos de igual precipitación.

Para la realización de este mapa se utilizaron alturas cada 50 metros las cuales varían desde 3700 a 4400 msnm y precipitaciones que varían entre 810.23 a 859.99 mm. En la microcuenca Santo Domingo-Acopia, el mismo procedimiento se utilizó para la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu en donde se observan valores que varían entre 801.50 a 923.76 mm por precipitación anual y altitudes que varían desde 3650 a 4450 msnm.

De lo analizado anteriormente decimos que la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu presenta las precipitaciones anuales más bajas y altas. (ver Anexos – Mapa de Isoyetas)

**TABLA 111: ISOYETAS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO**

DATOS MAPA ISOYETAS MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA		DATOS MAPA ISOYETAS MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU	
PP (mm) cada 50 m		PP (mm) cada 50 m	
ALTURA msnm	PP ANUAL (mm)	ALTURA msnm	PP ANUAL (mm)
3700-3750	810.2287	3650-3700	801.5043
3750-3800	818.8601	3700-3750	810.2287
3800-3850	827.4015	3750-3800	818.8601
3850-3900	835.8556	3800-3850	827.4015
3900-3950	844.2251	3850-3900	835.8556
3950-4000	852.5124	3900-3950	844.2251
4000-4050	860.7199	3950-4000	852.5124
4050-4100	868.8499	4000-4050	860.7199
4100-4150	876.9045	4050-4100	868.8499
4150-4200	884.8858	4100-4150	876.9045
4200-4250	892.7958	4150-4200	884.8858
4250-4300	900.6363	4200-4250	892.7958
4300-4350	908.4091	4250-4300	900.6363
4350-4400	916.1160	4300-4350	908.4091
		4350-4400	916.1160
		4400-4450	923.7586

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

## 6.7.7. ANALISIS DE LA TEMPERATURA.

Para el presente análisis en la zona de estudio se ha contado con información proveniente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), de lo cual se utilizó información de las estaciones circundantes a nuestra zona de estudio, las cuales fueron las estaciones: SICUANI, POMACANCHI, ACOMAYO.CAYCAY, KAYRA, Y YAURI.

### 6.7.7.1. TEMPERATURA MENSUAL ACUMULADA.

**TABLA 112: TEMPERATURA MENSUAL ACUMULADA DE LAS DISTINTAS ESTACIONES UTILIZADAS.**

Estacion SICUANI													Altura 3,574	PROMEDIO
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
1999	12.530	11.755	11.900	11.590	9.735	7.300	6.565	8.675	10.410	11.660	12.100	12.290	10.543	
2000	11.895	11.610	11.315	11.125	9.495	7.690	7.425	9.710	11.140	11.655	12.245	11.910	10.601	
2001	11.635	11.730	12.265	10.670	9.315	8.115	7.785	8.465	11.395	12.475	13.070	12.530	10.788	
2002	12.420	12.290	12.570	11.245	9.165	8.390	7.610	9.115	11.035	12.400	12.890	12.970	11.008	
2003	12.585	12.785	12.290	11.225	9.640	7.880	7.320	9.260	10.595	11.860	12.750	13.015	10.934	
2004	12.680	12.175	11.910	11.275	8.440	7.160	7.095	8.360	10.995	12.460	12.890	12.580	10.668	
2005	12.710	12.685	12.935	11.720	9.195	7.150	8.065	10.545	11.600	12.445	12.420	12.875	11.195	
2006	12.175	12.695	12.560	11.455	7.970	8.070	7.010	9.625	10.860	12.325	12.020	12.210	10.748	
2007	12.970	12.615	12.130	11.785	9.790	8.030	7.745	8.945	11.275	11.965	12.320	12.350	10.993	
2008	12.315	11.855	11.395	11.110	8.630	7.780	7.590	9.230	10.655	12.410	12.870	12.285	10.677	
2009	12.550	12.375	12.530	11.510	9.485	7.255	7.530	8.695	11.290	12.590	13.380	13.010	11.017	
2010	12.735	13.140	13.210	11.620	9.820	8.810	8.391	9.844	11.363	12.440	12.600	12.108	11.340	
2011	11.870	11.886	11.993	11.333	9.013	7.660	7.132	9.023	11.267	11.957	13.032	11.873	10.670	
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.39</b>	<b>12.28</b>	<b>12.23</b>	<b>11.36</b>	<b>9.21</b>	<b>7.79</b>	<b>7.48</b>	<b>9.19</b>	<b>11.07</b>	<b>12.20</b>	<b>12.66</b>	<b>12.46</b>	<b>10.86</b>	

Estacion POMACANCHI													altura 3700	PROMEDIO
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
1999	10.111	10.550	10.587	9.900	8.927	7.963	8.110	8.049	10.658	11.263	11.805	11.298	9.935	
2000	11.298	10.813	11.187	9.982	8.731	8.092	7.303	8.858	10.028	11.313	11.397	11.426	10.036	
2001	11.419	11.652	11.003	10.320	9.017	8.245	7.500	8.847	9.817	11.423	11.680	11.521	10.204	
2002	10.937	10.922	10.777	10.393	8.447	7.165	7.045	7.885	10.012	11.416	11.677	11.148	9.819	
2003	11.431	11.184	11.287	10.292	9.132	7.882	8.095	9.006	9.982	11.118	11.222	11.303	10.161	
2004	10.545	10.925	10.790	9.922	7.844	8.005	7.271	9.318	10.492	11.181	10.612	10.823	9.810	
2005	11.411	11.252	10.647	10.315	9.034	7.917	7.768	9.158	10.102	11.110	11.105	10.848	10.055	
2006	10.452	10.266	9.968	9.955	8.424	7.942	7.761	9.423	10.375	11.503	11.863	10.945	9.906	
2007	10.742	10.650	10.823	10.408	8.890	7.653	7.152	8.552	10.410	11.618	11.958	11.660	10.043	
2008	11.429	11.788	11.798	11.042	9.787	8.953	8.448	9.289	10.965	11.648	11.950	10.874	10.664	
2009	10.900	10.484	10.745	10.468	8.861	8.233	7.605	8.700	10.250	11.202	11.938	11.063	10.037	
2010	10.837	10.426	10.884	10.383	8.782	7.782	7.727	8.500	10.210	11.703	12.002	11.224	10.038	
2011	10.811	11.357	11.489	10.320	9.779	8.068	7.834	8.881	10.290	11.269	11.735	11.032	10.239	
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.95</b>	<b>10.94</b>	<b>10.92</b>	<b>10.28</b>	<b>8.90</b>	<b>7.99</b>	<b>7.66</b>	<b>8.80</b>	<b>10.28</b>	<b>11.37</b>	<b>11.61</b>	<b>11.17</b>	<b>10.07</b>	

Estacion ACOMAYO													altura 3360	PROMEDIO
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
1999	13.458	13.441	13.708	13.050	11.958	10.860	11.037	10.916	14.008	14.732	15.175	14.840	13.099	
2000	14.327	13.866	14.127	13.598	11.934	11.415	10.082	11.874	13.337	14.677	14.512	15.026	13.231	
2001	14.589	14.516	14.013	13.460	12.200	11.110	10.398	12.229	13.140	14.831	15.282	14.595	13.364	
2002	14.279	14.033	14.119	13.747	11.790	9.968	10.131	10.818	13.383	14.344	15.093	14.387	13.008	
2003	14.761	14.439	14.650	13.682	11.879	11.005	11.355	12.834	13.547	14.774	14.917	14.824	13.556	
2004	13.853	14.468	14.460	13.922	11.289	11.445	11.148	13.052	14.320	15.047	14.542	14.668	13.518	
2005	15.042	14.593	13.935	13.697	12.606	11.578	11.161	12.952	13.687	14.619	15.112	14.337	13.610	
2006	13.660	13.888	13.665	13.547	11.753	11.225	11.432	13.005	14.005	15.092	14.835	14.756	13.405	
2007	14.571	14.139	14.316	13.988	12.627	11.228	11.174	12.697	14.513	15.768	15.678	14.984	13.807	
2008	14.640	14.852	15.161	14.397	13.006	12.115	12.002	12.942	14.597	15.029	15.057	14.235	14.003	
2009	14.176	13.771	13.887	13.840	12.039	11.205	10.589	12.831	14.147	15.244	15.952	14.392	13.506	
2010	14.252	13.181	13.956	13.765	12.263	11.218	11.227	12.500	13.902	15.569	15.808	14.339	13.498	
2011	14.442	14.779	15.221	13.992	12.606	11.850	12.236	12.345	14.037	14.805	15.408	14.316	13.836	
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.31</b>	<b>14.15</b>	<b>14.25</b>	<b>13.74</b>	<b>12.15</b>	<b>11.25</b>	<b>11.07</b>	<b>12.38</b>	<b>13.89</b>	<b>14.96</b>	<b>15.18</b>	<b>14.59</b>	<b>13.50</b>	

"ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO – 2019"

Estacion YAURI													PROMEDIO
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1999	11.475	10.620	11.135	10.635	8.025	5.055	4.720	6.835	8.730	10.730	10.115	10.840	9.076
2000	10.770	10.495	10.480	10.375	7.915	5.510	5.220	7.530	8.670	9.725	10.375	10.630	8.975
2001	10.490	10.870	11.005	10.040	8.295	6.655	5.560	6.405	9.370	10.450	10.950	11.150	9.270
2002	11.295	11.290	11.725	10.245	8.025	6.205	5.305	6.505	8.795	10.585	9.968	11.410	9.279
2003	11.450	11.595	11.360	10.110	7.690	4.595	4.960	6.370	8.020	9.125	10.395	10.830	8.875
2004	11.305	10.945	10.590	9.815	5.740	4.360	4.630	6.195	8.725	9.970	10.710	10.980	8.664
2005	11.200	11.610	11.850	10.560	6.675	3.675	5.025	5.305	8.100	10.030	10.365	11.145	8.795
2006	10.930	11.580	11.425	10.325	5.675	4.970	3.855	7.225	7.870	9.915	10.660	10.720	8.763
2007	11.485	11.505	11.170	10.825	8.000	5.685	4.905	6.210	9.455	9.500	9.925	10.345	9.084
2008	10.985	10.795	10.090	8.675	5.110	5.030	4.600	5.680	7.435	9.670	10.850	10.470	8.283
2009	10.820	10.945	10.850	10.000	7.365	3.960	5.090	5.285	8.730	10.230	11.700	11.645	8.885
2010	11.660	11.680	11.810	10.310	7.555	5.783	5.492	6.885	8.268	9.600	9.383	10.222	9.054
2011	10.038	10.277	10.407	9.537	7.789	5.232	4.661	6.890	8.692	8.998	10.510	10.234	8.605
<b>PROMEDIO</b>	<b>11.07</b>	<b>11.09</b>	<b>11.07</b>	<b>10.11</b>	<b>7.22</b>	<b>5.13</b>	<b>4.92</b>	<b>6.41</b>	<b>8.53</b>	<b>9.89</b>	<b>10.45</b>	<b>10.82</b>	<b>8.89</b>

Estacion KAYRA													PROMEDIO
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1999	13.155	12.821	13.296	11.682	10.862	9.297	9.810	9.666	12.602	13.636	14.432	14.010	12.106
2000	13.897	13.384	13.537	12.455	10.648	10.814	9.313	10.534	12.813	13.976	13.795	14.119	12.440
2001	14.047	14.430	13.918	12.567	11.408	10.384	9.745	11.062	12.010	13.766	14.370	14.309	12.668
2002	14.228	14.010	13.532	12.780	11.166	9.916	9.479	9.994	12.730	13.910	14.075	14.096	12.493
2003	14.324	14.344	13.817	12.492	10.871	10.022	9.650	11.163	12.201	13.755	14.045	14.095	12.565
2004	13.240	13.966	13.432	12.460	9.824	10.255	9.335	11.771	12.849	13.481	13.421	13.142	12.265
2005	14.348	14.005	13.555	12.262	11.127	9.670	9.715	11.344	11.820	13.295	14.165	13.651	12.413
2006	13.354	13.372	12.592	12.303	10.615	9.935	9.677	11.483	12.462	13.587	13.956	13.900	12.270
2007	13.544	13.514	13.323	12.885	10.945	10.117	10.119	11.566	13.208	14.248	15.022	14.027	12.710
2008	14.007	14.084	14.393	13.253	12.064	10.964	10.845	11.255	13.282	14.266	14.327	14.208	13.079
2009	13.916	13.402	13.561	12.828	10.668	10.296	9.827	11.640	12.872	13.868	14.555	13.108	12.545
2010	13.627	13.391	13.292	12.687	10.729	10.678	10.011	11.260	13.243	14.631	15.030	14.182	12.730
2011	13.655	14.354	14.477	12.772	11.808	10.156	9.739	11.252	12.945	14.281	14.523	13.989	12.829
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.80</b>	<b>13.78</b>	<b>13.59</b>	<b>12.57</b>	<b>10.98</b>	<b>10.19</b>	<b>9.79</b>	<b>11.08</b>	<b>12.70</b>	<b>13.90</b>	<b>14.29</b>	<b>13.91</b>	<b>12.55</b>

Estacion CAYCAY													PROMEDIO
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1999	14.545	14.070	13.665	13.680	12.935	11.460	10.240	11.580	13.305	14.605	15.610	14.780	13.373
2000	14.100	13.880	13.735	14.245	13.265	11.470	11.395	13.090	13.850	14.540	15.315	14.435	13.610
2001	13.785	14.375	14.560	14.205	12.865	11.650	11.825	11.945	13.705	14.045	15.205	14.990	13.596
2002	15.115	14.640	14.710	14.475	13.060	12.850	11.575	13.420	14.520	14.205	14.660	15.185	14.035
2003	14.805	14.585	14.465	14.550	13.325	12.975	13.280	13.125	15.230	14.120	15.205	14.135	14.150
2004	14.605	15.100	15.615	14.950	14.520	12.000	12.000	12.600	13.850	14.750	15.700	15.200	14.241
2005	15.250	15.350	15.350	14.865	13.690	12.765	11.850	13.820	14.325	15.595	16.030	15.570	14.538
2006	14.490	14.580	15.000	14.470	12.830	12.715	11.740	14.170	15.140	14.205	14.980	15.305	14.135
2007	15.185	15.255	14.830	14.220	13.950	12.720	13.670	13.780	14.255	15.465	15.415	15.305	14.504
2008	14.520	14.710	15.455	15.145	13.825	13.260	12.615	13.445	14.555	15.140	14.975	14.685	14.361
2009	14.625	14.420	14.715	14.945	13.680	13.310	13.505	13.650	14.620	14.590	16.040	15.750	14.488
2010	14.895	14.885	14.835	15.175	15.200	13.950	12.255	13.280	14.755	14.705	15.475	14.305	14.476
2011	14.655	14.632	14.526	14.633	13.565	13.307	12.874	14.729	15.030	14.965	14.957	14.381	14.354
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.66</b>	<b>14.65</b>	<b>14.73</b>	<b>14.58</b>	<b>13.59</b>	<b>12.65</b>	<b>12.22</b>	<b>13.28</b>	<b>14.40</b>	<b>14.69</b>	<b>15.35</b>	<b>14.93</b>	<b>14.14</b>

FUENTE: SENAMHI PROCESADA POR LOS TESISISTAS.

En base a la información mostrada anteriormente, se realizó el respectivo análisis lo cual se plasma en la regionalización con el método de regresión lineal

Se utilizó este debido a que es un método estadístico que busca establecer una relación directa o inversa entre dos o más variables. Presenta la ventaja de que puedes hacer una predicción del comportamiento de alguna variable en un determinado punto o momento, además se puede indicar que este método es más efectivo y preciso.

**TABLA 113: MATRIZ DE REGIONALIZACION DE TEMPERATURA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

MATRIZ DE REGIONALIZACION ANUAL PARA LA MMICROCUENCA SANTO DOMINGO -ACOPIA							
Nombre de la estacion	Altitud media (m.s.n.m) (X)	Temperatura media Anual (°C) (Y)	Ecuacion de Regresión				Temperatura media Anual corregida (C°)
			x2	y2	x*y2	y4	
Sicuani	3574	10.86016976	12773476	117.9432873	421529.3087	13910.61901	11.2269919
Pomacanchi	3700	10.07296085	13690000	101.4645403	375418.7992	10295.05294	10.38121929
Acomayo	3360	13.49539638	11289600	182.1257235	611942.4309	33169.77916	12.53335208
Catcca	3100	14.1431901	9610000	200.0298262	620092.4612	40011.93136	13.95695305
Kayra	3219	12.54713578	10361961	157.4306163	506769.154	24784.39896	13.32427177
Yauri	3927	8.892879387	15421329	79.08330378	310560.134	6254.168937	8.651275354
Sumatoria	<b>20880</b>	<b>70.01173226</b>	<b>73146366</b>	<b>838.0772974</b>	<b>2846312.288</b>	<b>128425.9504</b>	<b>70.07406345</b>
n	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Promedio	<b>3480</b>	<b>11.66862204</b>	<b>12191061</b>	<b>139.6795496</b>	<b>474385.3813</b>	<b>21404.32506</b>	<b>11.67901057</b>
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion			
A = SUM X	20880	G = C-((A^2)/n)	483966	COHEFICIENTE INDEPENDIENTE B0 =		644.4351321	
B = SUM Y	70.01173226	H = E-(A*D/n)	-70196.70697	COHEFICIENTE DEPENDIENTE B1 =		-0.145044708	
C = SUM X2	73146366	I = F-((D^2)/n)	11363.69097	COHEFICIENTE DE CORRELACION r =		-0.946563177	
D = SUM Y2	838.0772974	J = B1 =H/G	-0.145044708	DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL			
E = SUM X*Y2	2846312.288	K = B0 = (D-J*A)/n	644.4351321	MICROCUENCA	ALTITUD	TEMPERATURA °C	
F = SUM Y4	128425.9504			ZONA MEDIA	3931.183533	8.6161	
				ZONA BAJA	3774.522001	9.8469	
				ZONA ALTA	4206.661532	5.8550	

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 114: TEMPERATURA REGIONALIZADA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA													
Año	Latitud 14 6 5.86			Longitud 71 31 1.26			Distrito Provincia Region	Acopia Acomayo Cusco			MEDIA		
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio		Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	11.73	11.70	11.83	11.18	10.00	8.60	8.53	8.98	11.48	12.37	12.87	12.54	131.80
2000	12.33	11.91	12.09	11.35	9.87	8.98	8.19	9.90	11.23	12.34	12.52	12.55	133.25
2001	12.37	12.58	12.24	11.41	10.09	9.09	8.47	9.68	11.09	12.52	12.97	12.70	135.20
2002	12.37	12.24	12.22	11.62	9.71	8.46	8.13	9.11	11.27	12.45	12.78	12.56	132.92
2003	12.69	12.54	12.49	11.53	10.08	8.83	8.92	10.07	11.18	12.21	12.59	12.59	135.74
2004	12.02	12.32	12.19	11.42	9.11	8.79	8.32	10.13	11.60	12.44	12.26	12.29	132.89
2005	12.77	12.62	12.23	11.64	10.09	8.74	8.73	10.34	11.30	12.39	12.60	12.37	135.83
2006	11.85	11.92	11.68	11.37	9.33	8.91	8.55	10.50	11.49	12.54	12.76	12.38	133.29
2007	12.36	12.19	12.17	11.76	10.19	8.83	8.58	9.87	11.74	12.80	13.08	12.75	136.34
2008	12.56	12.71	12.75	12.02	10.44	9.64	9.27	10.21	11.84	12.73	13.00	12.23	139.39
2009	12.25	11.91	12.11	11.73	9.95	8.95	8.63	9.87	11.56	12.54	13.38	12.49	135.39
2010	12.31	11.97	12.32	11.72	10.14	9.15	8.86	9.91	11.53	12.85	13.14	12.34	136.21
2011	12.10	12.49	12.65	11.61	10.53	9.11	8.89	10.06	11.59	12.41	12.98	12.20	136.62
Promedio	<b>12.28</b>	<b>12.24</b>	<b>12.23</b>	<b>11.57</b>	<b>9.96</b>	<b>8.93</b>	<b>8.62</b>	<b>9.90</b>	<b>11.45</b>	<b>12.51</b>	<b>12.84</b>	<b>12.46</b>	<b>11.25</b>
N° de datos	<b>13.00</b>	<b>13.00</b>	<b>13.00</b>	<b>13.00</b>	<b>13.00</b>	<b>13.00</b>	<b>13.00</b>	<b>13.00</b>	<b>13.00</b>	<b>13.00</b>	<b>13.00</b>	<b>13.00</b>	

FUENTE:ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 115: MATRIZ DE REGIONALIZACION DE TEMPERATURA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

MATRIZ DE REGIONALIZACION ANUAL PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU							
Nombre de la estacion	Altitud media (m.s.n.m) (X)	Temperatura media Anual (°C) (Y)	Ecuacion de Regresión				Temperatura media Anual corregida (C°)
			x2	y2	x*y2	y4	
Sicuani	3574	10.8601698	12773476	117.9432873	421529.309	13910.619	11.2269919
Pomacanchi	3700	10.0729609	13690000	101.4645403	375418.799	10295.0529	10.3812193
Acomayo	3360	13.4953964	11289600	182.1257235	611942.431	33169.7792	12.5333521
Caycay	3100	14.1431901	9610000	200.0298262	620092.461	40011.9314	13.9569531
Kayra	3219	12.5471358	10361961	157.4306163	506769.154	24784.399	13.3242718
Yauri	3927	8.89287939	15421329	79.08330378	310560.134	6254.16894	8.65127535
Sumatoria	<b>20880</b>	<b>70.0117323</b>	<b>73146366</b>	<b>838.0772974</b>	<b>2846312.29</b>	<b>128425.95</b>	<b>70.0740634</b>
n	6	6	6	6	6	6	6
Promedio	<b>3480</b>	<b>11.668622</b>	<b>12191061</b>	<b>139.6795496</b>	<b>474385.381</b>	<b>21404.3251</b>	<b>11.6790106</b>
Formulas para calculo de parametros de regresión			Valores de parametros de regresion				
A = SUM X	20880	G = C-((A^2)/n)	483966	COEFICIENTE INDEPENDIENTE B0 =		644.435132	
B = SUM Y	70.0117323	H = E-(A*D/n)	-70196.707	COEFICIENTE DEPENDIENTE B1 =		-0.14504471	
C = SUM X2	73146366	I = F-((D^2)/n)	11363.691	COEFICIENTE DE CORRELACION r =		-0.94656318	
D = SUM Y2	838.077297	J = B1 -H/G	-0.14504471	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL			
E = SUM X*Y2	2846312.29	K = B0 = (D-J*A)/n	644.435132				
F = SUM Y4	128425.95			MICROCUENCA	ALTITUD	TEMPERATURA °C	
				ZONA MEDIA	3790.221656	9.7305	
				ZONA BAJA	3691.125576	10.4430	
				ZONA ALTA	4134	6.6948	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

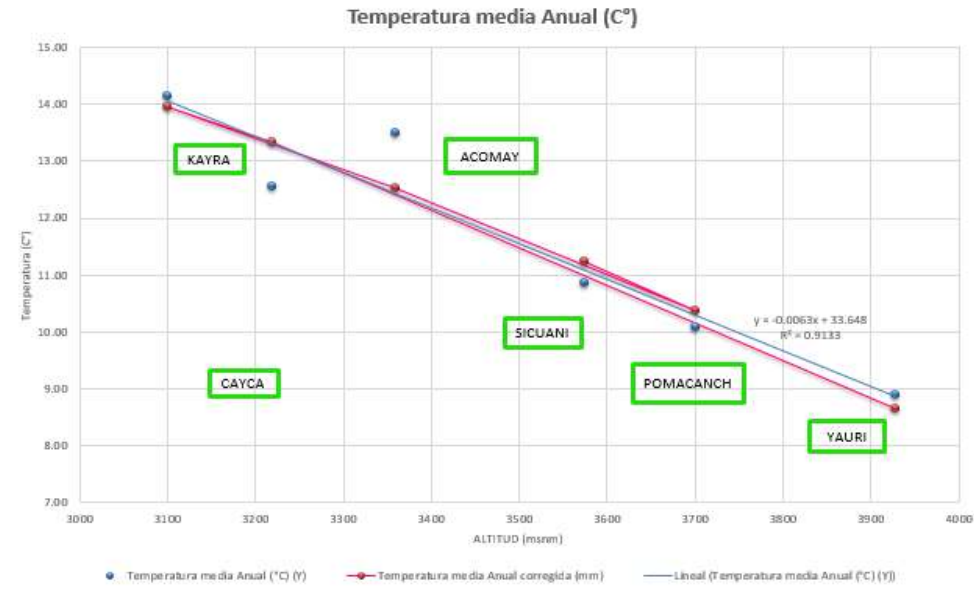
**TABLA 116: TEMPERATURA REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU													
	Latitud	14	2	44.96		Distrito	Acopia						
	Longitud	71	29	19.02		Provincia	Acomayo						MEDIA
	Altitud		3790			Region	Cusco						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1999	11.71	11.71	11.82	11.17	10.02	8.64	8.58	9.00	11.51	12.38	12.89	12.55	11.00
2000	12.34	11.91	12.10	11.35	9.89	9.01	8.21	9.92	11.24	12.37	12.53	12.57	11.12
2001	12.38	12.60	12.24	11.42	10.11	9.12	8.50	9.72	11.09	12.53	12.98	12.70	11.28
2002	12.37	12.24	12.21	11.63	9.73	8.48	8.16	9.13	11.28	12.46	12.80	12.56	11.09
2003	12.70	12.54	12.50	11.54	10.10	8.87	8.97	10.10	11.21	12.23	12.60	12.59	11.33
2004	12.01	12.32	12.20	11.43	9.14	8.84	8.36	10.18	11.62	12.46	12.26	12.29	11.09
2005	12.78	12.62	12.22	11.65	10.13	8.80	8.77	10.37	11.31	12.40	12.61	12.37	11.34
2006	11.85	11.91	11.67	11.37	9.37	8.95	8.60	10.54	11.52	12.56	12.79	12.38	11.13
2007	12.35	12.19	12.17	11.77	10.21	8.86	8.62	9.91	11.76	12.83	13.11	12.77	11.38
2008	12.57	12.73	12.78	12.05	10.50	9.69	9.32	10.25	11.88	12.76	13.01	12.23	11.65
2009	12.25	11.91	12.11	11.75	9.98	9.01	8.67	9.92	11.58	12.55	13.38	12.49	11.30
2010	12.30	11.95	12.30	11.73	10.16	9.18	8.88	9.93	11.55	12.87	13.16	12.35	11.36
2011	12.11	12.51	12.67	11.62	10.57	9.15	8.94	10.10	11.61	12.43	12.99	12.21	11.41
Promedio	12.29	12.24	12.23	11.58	9.99	8.97	8.66	9.93	11.47	12.52	12.86	12.47	11.27
N° de datos	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



IMAGEN 37: TENDENCIA REGIONAL DE LA TEMPERATURA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.7.7.2. ISOTERMAS.

La isoterma es la línea que une los vértices, en un plano cartográfico, que presentan las mismas temperaturas en la unidad de tiempo considerada. El plano de isotermas es un método que sirve para determinar la temperatura acumulada en el área de estudio, pues proporciona la configuración general de la distribución de la temperatura de la zona de interés

La elaboración del mapa de isotermas consiste en determinar los lugares donde existe puntos con igual temperatura.

Para la consecución de estas isotermas se parte de puntos de temperatura conocida (estaciones meteorológicas), Para la realización de este mapa se utilizaron alturas cada 50 metros las cuales varían desde 3700 a 4400 msnm y temperaturas que varían entre 9.96 a 8.07 °C. En la microcuenca Santo Domingo-Acopia, el mismo procedimiento se utilizó para la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu en donde se observan valores que varían entre 10.28 a 7.75 °C por precipitación anual y altitudes que varían desde 3650 a 4450 msnm.

De lo descrito anteriormente podemos observar que la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu tiene los rangos más altos y bajos de temperatura en comparación con la microcuenca Santo Domingo-Acopia. (ver Anexos – Mapa de Isotermas)

**TABLA 117: ISOTERMAS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO**

DATOS MAPA ISOTERMAS MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA		DATOS MAPA ISOTERMAS MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU	
T° (°C)CADA 50 m		T° (°C)CADA 50 m	
ALTURA msnm	T° ANUAL (°C)	ALTURA msnm	T° ANUAL (°C)
3700-3750	9.9634	3650-3700	10.2791
3750-3800	9.6476	3700-3750	9.9634
3800-3850	9.3318	3750-3800	9.6476
3850-3900	9.016	3800-3850	9.3318
3900-3950	8.7002	3850-3900	9.0160
3950-4000	8.3844	3900-3950	8.7002
4000-4050	8.0686	3950-4000	8.3844
4050-4100	7.7528	4000-4050	8.0686
4100-4150	7.437	4050-4100	7.7528
4150-4200	7.1212	4100-4150	7.4370
4200-4250	6.8054	4150-4200	7.1212
4250-4300	6.4897	4200-4250	6.8054
4300-4350	6.1739	4250-4300	6.4897
4350-4400	5.8581	4300-4350	6.1739
		4350-4400	5.8581
		4400-4450	5.5423

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.7.8. ANALISIS DE LA HUMEDAD RELATIVA.

Para el análisis de la humedad relativa de la zona de estudio se utilizaron las estaciones: ANTA, SICUANI, PISAC, KAYRA Y CAYCAY, debido a que son las más cercanas y las que poseen los datos correspondientes a humedad relativa.

**TABLA 118: DATOS DE HUMEDAD RELATIVA DE LAS ESTACIONES UTILIZADAS EN EL ESTUDIO.**

Estacion ANTA altura 3340													
año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
2001	85	84	84	78	79	78	78	78	78	80	79	80	
2002	80	77	80	75	79	78	72	69	69	72	72	74	
2003	75	76	78	71	66	67	68	69	68	67	68	74	
2004	77	75	76	76	72	76	90	83	75	76	79	85	
PROMEDIO	79.25	78	79.5	75	74	74.333333	77	74.75	72.5	73.75	74.5	78.25	75.9027778
Estacion SICUANI altura 3574													
año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
2001	100	76	76	71	66	58	57	55	54	56	59	63	
2002	79	83	76	75	80	76	64	57	59	60	64	71	
2003	76	100	77	78	65	60	55	54	51	50	52	66	
2004	74	74	74	73	61	60	62	57	64	58	60	71	
PROMEDIO	82.25	83.25	75.75	74.25	68	63.5	59.5	55.75	57	56	58.75	67.75	66.8125
Estacion PISAC altura 2950													
año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
2001	75	71	71	65	64	61	62	59	62	66	64	66	
2002	77	84	71	72	65	60	65	61	58	61	65	71	
2003	68	71	74	78	64	60	61	64	62	70	67	78	
2004	74	71	69	73	56	61	57	60	62	60	62	63	
PROMEDIO	73.5	74.25	71.25	72	62.25	60.5	61.25	61	61	64.25	64.5	69.5	66.2708333
Estacion KAYRA altura 3219													
año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
2001	79	79	76	83	86	86	87	87	87	87	89	89	
2002	88	90	86	83	80	86	83	75	74	77	76	80	
2003	80	80	81	79	78	76	76	75	74	72	72	78	
2004	78	75	76	74	73	75	74	74	75	73	73	73	
PROMEDIO	81.25	81	79.75	79.75	79.25	80.75	80	77.75	77.5	76	77.5	80	79.2083333
Estacion CAYCAY altura 3100													
año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
2001	97	77	77	83	83	82	84	81	81	82	83	83	
2002	85	88	81	79	85	86	76	79	83	81	74	77	
2003	82	83	82	80	80	82	86	80	82	79	82	84	
2004	98	75	74	79	87	77	69	80	69	80	62	66	
PROMEDIO	90.5	80.75	78.5	80.25	83.75	81.75	78.75	80	78.75	80.5	75.25	77.5	80.5208333

FUENTE. SENAMHI PROCESADA POR LOS TESISTAS.

**TABLA 119: MATRIZ DE REGIONALACION DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**

REGIONALIZACION HUMEDAD POR REGRESIÓN LINEAL PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA						
ITEM	NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD ( X ) msnm	X2	HUMEDAD RELATIVA MINIMA MEDIA ANUAL		
				Y	Y2	(x-Xp)*(y1-Y1p)
1	Anta	3340	11155600	75.90	5761.231674	-563.24
2	sicuari	3574	12773476	66.81	4463.910156	-4904.95
3	Pisac	2950	8702500	66.27	4391.823351	4321.69
4	Kayra	3219	10361961	79.21	6273.960069	37.69
5	Caycay	3100	9610000	80.52	6483.604601	113.26
N datos		5		5		
Sum. Cuadra			52603537		27374.52985	-995.55
Promedio		3236.60		73.74		
Suma		16183.00		368.72		
Desv. Estandar		237.51		6.79		
Coef. IND		a	73.74			
Coef. DEP		b	-0.0044121			
Coef. Correl		r	-0.15			
ZONA MEDIA		3931	70.68			
ZONA BAJA		3775	71.37			
ZONA ALTA		4207	69.46			

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**TABLA 120: HUMEDAD RELATIVA REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**

MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA														
	Latitud	14	6	5.86		Distrito	Acopia							
	Longitud	71	31	1.26		Provincia	Acomayo							MEDIA
	Altitud	3931				Region	Cusco							
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma	
2001	89.58	77.07	76.40	76.01	75.00	71.64	72.07	70.41	70.49	71.00	73.37	75.07	898.11	
2002	82.04	85.02	78.98	77.17	78.81	78.23	71.65	67.25	68.06	69.42	69.69	74.53	900.85	
2003	76.86	85.50	78.58	77.84	70.84	68.70	68.08	66.87	65.67	65.29	66.24	74.78	865.25	
2004	79.95	74.12	73.98	74.74	69.34	68.63	68.50	68.65	68.40	67.97	65.70	70.92	850.91	
Promedio	82.11	80.43	76.99	76.44	73.50	71.80	70.08	68.30	68.15	68.42	68.75	73.83	878.78	
N° de datos	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00		

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 121: MATRIZ DE REGIOALIZACION DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.**

REGIONALIZACION HUMEDAD POR REGRESIÓN LINEAL PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU						
ITEM	NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD ( X ) msnm	X2	HUMEDAD RELATIVA MINIMA MEDIA ANUAL		
				Y	Y2	(x-Xp)*(y1-Y1p)
1	Anta	3340	11155600	75.90	5761.23167	-563.24
2	sicuani	3574	12773476	66.81	4463.91016	-4904.95
3	Pisac	2950	8702500	66.27	4391.82335	4321.69
4	Kayra	3219	10361961	79.21	6273.96007	37.69
5	Caycay	3100	9610000	80.52	6483.6046	113.26
N datos		5		5		
Sum. Cuadra			52603537		27374.5299	-995.55
Promedio		3236.60		73.74		
Suma		16183.00		368.72		
Desv. Estandar		237.51		6.79		
Coef. IND		a	73.74			
Coef. DEP		b	-0.0044121			
Coef. Correl		r	-0.15			
ZONA MEDIA		3790		71.30		
ZONA BAJA		3691		71.74		
ZONA ALTA		4134		69.78		

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 122: HUMEDAD RELATIVA REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.**

MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU													
	Latitud	14	2	44.96		Distrito	Acopia						MEDIA
	Longitud	71	29	19.02		Provincia	Acomayo						
	Altitud	3790				Region	Cusco						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
2001	89.43	77.06	76.38	76.14	75.22	71.96	72.43	70.76	70.87	71.35	73.70	75.35	900.65
2002	82.11	85.10	79.04	77.22	78.81	78.31	71.82	67.54	68.35	69.68	69.82	74.62	902.43
2003	76.91	85.19	78.63	77.87	71.03	68.97	68.48	67.23	66.08	65.71	66.65	75.04	867.79
2004	80.22	74.12	73.97	74.80	69.63	68.84	68.56	68.92	68.46	68.24	65.74	70.83	852.34
Promedio	82.17	80.37	77.01	76.51	73.67	72.02	70.32	68.61	68.44	68.75	68.98	73.96	880.80
Nº de datos	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.7.9. ANALISIS DE LA HORAS Y DECIMAS DE SOL.

Para el análisis se utilizaron las estaciones: YAURI URUBAMBA Y KAYRA, de las cuales se obtuvieron los datos suficientes para realizar este análisis.

**TABLA 123: DATOS DE LAS HORAS DE SOL DE LAS DIFERENTES ESTACIONES UTILIZADAS.**

ESTACION : YAURI altitud 3927													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2001	131	136	170	214	236	249	261	269	243	237	221	228	
2002	213.3	123.4	182	184	210	238	239	271	229	229	213	209	
2003	193	174	176	213	259	287	300	280	243	277	275	198.2	
2004	164	208	216	154	295	246	246	243	243	277	251	216	
<b>promedio</b>	<b>175.325</b>	<b>160.35</b>	<b>186</b>	<b>191.25</b>	<b>250</b>	<b>255</b>	<b>261.5</b>	<b>265.75</b>	<b>239.5</b>	<b>255</b>	<b>240</b>	<b>212.8</b>	<b>224.372917</b>
ESTACION : URUBAMBA altitud 2850													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2001	127	127.9	164	197.6	202.9	229.7	227.8	247.2	228.5	194.9	184.3	184	
2002	180.2	100.2	155	160	217	199	191	241	209	184	128.8	138	
2003	139	148	146	204	226	226	263	237	240	243	231	148	
2004	160	168	179	202	247	201	213	219	204	203	197	177	
<b>promedio</b>	<b>151.55</b>	<b>136.025</b>	<b>161</b>	<b>190.9</b>	<b>223.225</b>	<b>213.925</b>	<b>223.7</b>	<b>236.05</b>	<b>220.375</b>	<b>206.225</b>	<b>185.275</b>	<b>161.75</b>	<b>192.5</b>
ESTACION : KAYRA altitud 3219													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1993	118.5	149.8	139.1	135.3	239.6	264	263.7	246.5	169.5	170.4	130.3	119.3	
1994	135.2	105.7	138.2	121.6	217.5	246.9	244.3	233.1	196.6	242.4	254.5	169.2	
1995	161.1	120.7	114.4	199.7	258.6	239.5	252.6	271	218.6	238.5	191.9	165.4	
1996	122	132.1	149.9	182.1	237.9	270.7	274	207.9	82.6	232.1	174.9	130.5	
1997	106.4	121.9	143	207.5	260.3	275.1	281.3	234	210.5	222.1	201.1	167.5	
1998	63.5	168.2	193.5	219.3	286.1	222.6	288	245.1	250.7	174.8	187	155.3	
1999	149.9	149.8	117.5	172.4	240	251.1	260.3	237.8	192.1	210.4	187.9	153.1	
2001	81.4	104.1	132.8	220.2	201.7	233.7	255	256.1	214.5	184.2	179.5	158	
2002	178.1	75.4	129	161	232	215	193	224	177	169	168	121	
2003	111	117	108	198	231	251	273.1	240.6	213.7	209	203.9	119	
2004	137.2	163.5	156.6	203.1	256.6	168.9	213.4	209.4	204.3	197.5	162.1	143.3	
<b>promedio</b>	<b>126.925</b>	<b>115</b>	<b>131.6</b>	<b>195.575</b>	<b>230.325</b>	<b>217.15</b>	<b>233.625</b>	<b>232.525</b>	<b>202.375</b>	<b>189.925</b>	<b>178.375</b>	<b>135.325</b>	<b>182.39375</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 124: MATRIZ DE REGIONALIZACION DE HORAS DE SOL PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

REGIONALIZACION DE HORAS DE SOL POR REGRESIÓN LINEAL						
ITEM	NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD (X) msnm	AÑO/Radiacion solar media			
			X2	Numero de Horas sol (Y)	Y2	(x-Xp)*(y1-Y1p)
1	YAURI	3927	15421329	224.3729167	50343.2057	43751.9553
2	URUBAMBA	2850	8122500	192.5	37056.25	-20522.89823
3	KAYRA	3219	10361961	182.39375	33267.48	-3765.577778
<b>N datos</b>		<b>3</b>		<b>3</b>		
<b>Sum. Cuadra</b>			<b>33905790</b>		<b>120666.936</b>	<b>19463.47929</b>
<b>Promedio</b>		<b>3332</b>		199.7555556		
<b>Suma</b>		<b>9996</b>		599.2666667		
<b>Desv. Estandar</b>		<b>547.3198334</b>		21.90992751		
<b>Coef. IND</b>		<b>a</b>		199.7555556		
<b>Coef. DEP</b>		<b>b</b>		0.033175		
<b>Coef. Correl</b>		<b>r</b>		0.820081		
<b>ZONA MEDIA</b>		<b>3931</b>		219.809919		
<b>ZONA BAJA</b>		<b>3775</b>		216.764514		
<b>ZONA ALTA</b>		<b>4207</b>		222.214403		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 125: HORAS DE SOL REGIONALIZADAS PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO -ACOPIA**

MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA													
	Latitud	14	6	5.86	Distrito				Acopia		MEDIA		
	Longitud	71	31	1.26	Provincia				Acomayo				
	Altitud	3931			Region				Cusco				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
2001	104.49	117.61	149.39	213.22	210.32	236.44	249.86	257.07	224.81	199.61	190.74	181.30	2334.87
2002	187.15	93.06	148.17	166.34	223.02	216.71	203.68	239.53	197.38	187.20	169.42	146.48	2178.16
2003	137.69	138.35	133.72	203.10	236.59	253.68	277.18	249.29	227.19	233.75	227.73	145.26	2463.52
2004	149.23	175.39	176.45	190.91	263.60	195.40	221.22	219.88	213.62	218.13	192.14	169.12	2385.10
<b>Promedio</b>	144.64	131.11	151.93	193.39	233.38	225.56	237.99	241.45	215.75	209.67	195.01	160.54	2340.41
N° de datos	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 126: MATRIZ DE REGIONALIZACION DE HORAS DE SOL PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

REGIONALIZACION DE HORAS DE SOL POR REGRESIÓN LINEAL						
ITEM	NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD (X) msnm	AÑO/Radiacion solar media			
			X2	Numero Horas sol (Y)	Y2	(x-Xp)*(y1-Y1p)
1	YAURI	3927	15421329	224.372917	50343.2057	43751.9553
2	URUBAMBA	2850	8122500	192.5	37056.25	-20522.8982
3	KAYRA	3219	10361961	182.39375	33267.48	-3765.57778
n datos		3		3		
Sum. Cuadra			33905790		120666.936	19463.4793
Promedio		3332		199.755556		
Suma		9996		599.266667		
Desv. Estandar		547.319833		21.9099275		
Coef. IND		a		199.755556		
Coef. DEP		b		0.033175		
Coef. Correl		r		0.820081		
ZONA MEDIA		3790		214.813108		
ZONA BAJA		3691		211.525638		
ZONA ALTA		4134		226.217809		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 127: HORAS DE SOL REGIONALIZADA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU													
	Latitud	14	2	44.96	Distrito				Acopia		MEDIA		
	Longitud	71	29	19.02	Provincia				Acomayo				
	Altitud	3790			Region				Cusco				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
2001	103.87	117.19	148.91	213.23	209.77	236.18	249.66	256.83	224.41	198.81	190.09	180.27	2329.24
2002	186.60	92.39	147.42	165.97	223.32	216.28	202.94	238.84	196.67	186.30	168.55	145.14	2170.40
2003	136.48	137.55	132.77	202.88	236.12	253.01	276.71	248.65	226.82	232.79	226.69	144.10	2454.56
2004	148.89	174.70	175.58	191.70	262.94	194.28	220.69	219.38	213.00	216.88	190.85	168.08	2376.97
<b>Promedio</b>	143.96	130.46	151.17	193.44	233.04	224.94	237.50	240.93	215.22	208.69	194.05	159.40	2332.79
N° de datos	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



### 6.7.10. ANALISIS DE LA EVAPOTRANSPIRACION.

La evapotranspiración sea un proceso mediante el cual retorna a la atmosfera el agua que precipito, ya sea, por evaporación, sublimación, transpiración de las plantas, cumpliendo el ciclo hidrológico.

Para el análisis de la evapotranspiración se utilizó el método de HARGREAVES III modificado el cual tiene una mayor y buena confiabilidad en la sierra del Perú, en el siguiente cuadro se muestra el procedimiento realizado, así como el valor de la evapotranspiración referencial.

**TABLA 128: NÚMERO DE HORAS DE SOL MAXIMA POR DIA PARA DIFERENTES MESES Y LATITUDES**

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL HARGREAVES III MODIFICADO													
TABLA 01													
Número de horas sol max diaria probable para diferentes meses y latitudes sur (DL)													
LATITUD (S)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
0	0°	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	
5	5°	12.3	12.3	12.1	12	11.9	11.8	11.8	11.9	12	12.2	12.3	
10	10°	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.8	12	12.3	12.6	
14.10162778	14°5'47.6"	12.8460977	12.5640651	12.1820326	11.8	11.4359349	11.2539023	11.3539023	11.6359349	12	12.4640651	12.7640651	12.9460977
15	15°	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2	11.3	11.6	12	12.5	12.8	13
20	20°	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9	11	11.5	12	12.6	13.1	13.3
25	25°	13.5	13	12.3	11.6	10.9	10.6	10.7	11.3	12	12.7	13.3	13.7
30	30°	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2	10.4	11.1	12	12.9	13.6	14
35	35°	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8	10.1	11	11.9	13.1	14	14.5
40	40°	14.7	13.7	12.5	11.2	10	9.3	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 129: RADIACION EXTRATERRESTRE MEDIA DIARIA**

TABLA 02													
RADIACION EXTRATERRESTRE MEDIA MEDIA DIARIA (RMD)													
EXPRESA EN EQUIVALENTE DE EVAPOTRANSPIRACION (mm/dia) PARA DIFERENTES LATITUDES Y MESES													
LATITUD (S)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
0	0°	15	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	15.6	15.3	15.4	15.1	14.8
2	2°	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
4	4°	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
6	6°	15.8	16	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14	15	15.7	15.8	15.7
8	8°	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16	16
10	10°	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12	12.4	13.5	14.8	15.8	16.2	16.2
12	12°	16.6	16.3	15.4	14	12.5	11.6	12	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
14.1016278	14°5'47.6"	16.7050814	16.4050814	15.2949186	13.6847558	12.0796744	11.1796744	11.5796744	12.8847558	14.4898372	15.8	16.5050814	16.5
14	14°	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.5
16	16°	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
18	18°	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
20	20°	17.3	16.5	15	13.01	11	10	10.4	12	12.9	15.8	17	17.4

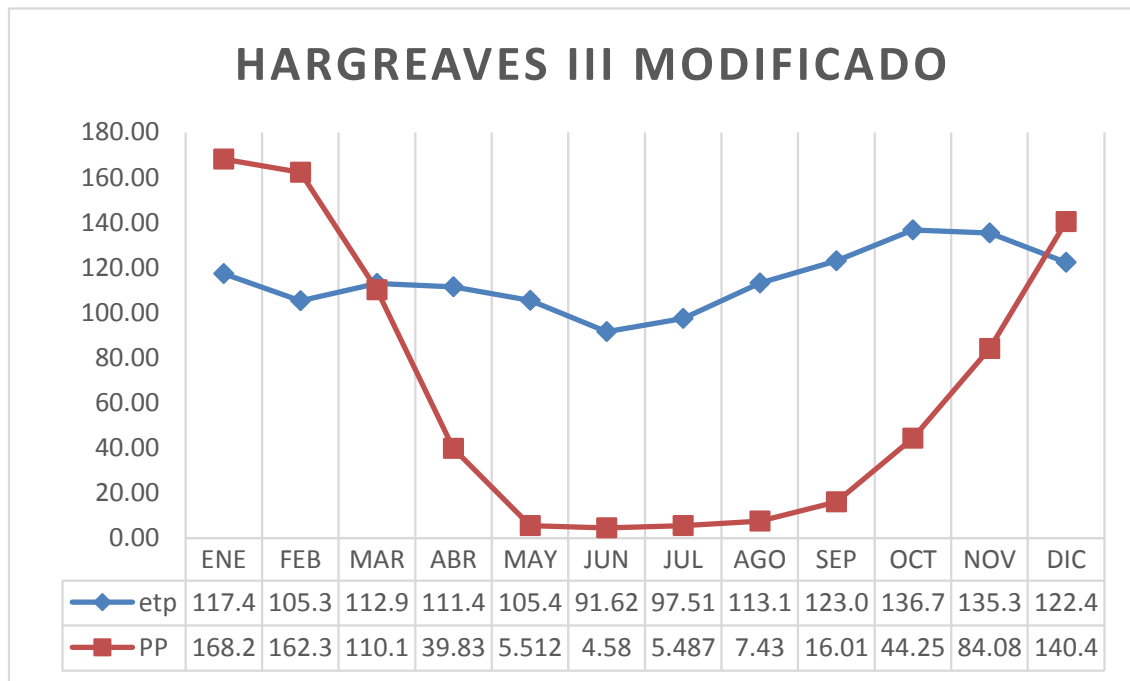
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 130: CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION.PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

CALCULO DE ETP POR EL METODO DE HARGREAVES III MODIFICADO PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA											Altitud: 3931.18353			
											3.931183533			
											Km			
											Latitud: 14° 5' 47.6"			
VARIABLE	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL	°F	54.112	54.030	54.009	52.820	49.937	48.073	47.520	49.813	52.613	54.513	55.114	54.429
2	TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL	°C	12.285	12.239	12.227	11.566	9.965	8.930	8.622	9.896	11.452	12.507	12.841	12.461
3	N° DE HORAS DE SOL REAL MENSUAL (SM)	n	144.643	131.105	151.932	193.392	233.381	225.557	237.987	241.445	215.750	209.674	195.008	160.538
4	NUMERO DE DIAS DEL MES (DM)		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
5	HORAS DE SOL MAX MEDIA DIARIA (DL)	N	12.846	12.564	12.182	11.800	11.436	11.254	11.354	11.636	12.000	12.464	12.764	12.946
6	RADIACION EXTRATERRESTRE DIARIA (RMD)	mm/día	16.705	16.405	15.295	13.685	12.080	11.180	11.580	12.885	14.490	15.800	16.505	16.500
7	FACTOR DE CORRECCION DE ALTURA (FA)		1.236	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236
8	% DE HORAS DE SOL MENSUAL (S)		36.322	37.268	40.232	54.631	65.831	66.809	67.615	66.935	59.931	54.265	50.926	40.002
9	RADIACION EXTRATERRESTRE POR MES (RMD)		16.705	16.405	15.295	13.685	12.080	11.180	11.580	12.885	14.490	15.800	16.505	16.500
10	RADIACION EXTRATERRESTRE DIARIA MEDIA (RMM)		517.858	459.342	474.142	410.543	374.470	335.390	358.970	399.427	434.695	489.800	495.152	511.500
11	RADIACION INDICE POR MES (RMS)		234.074	210.312	225.556	227.582	227.874	205.602	221.382	245.091	252.389	270.608	265.016	242.631
12	ETP mensual	mm/mes	117.404	105.324	112.915	111.421	105.475	91.615	97.511	113.164	123.084	136.733	135.385	122.408
EVAPOTRANSPIRACION REFERENCIAL =ETO=		1372.439	mm/año											

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**IMAGEN 38: HARGREAVES II MODIFICADO PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**



FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA.

De la imagen N° 38, se interpreta que existe un déficit de agua en los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre y una parte de Octubre en cambio en los meses de Enero, Febrero Marzo, Abril, Noviembre y Diciembre existe una buena reserva de agua debido a que existe precipitaciones y las horas de sol son pocas por ende la evapotranspiración es baja.

**TABLA 131: NÚMERO DE HORAS DE SOL DIARIA PARA DIFERENTES MESES Y ALTITUDES**

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL HARGREAVES III MODIFICADO													
TABLA 01													
Número de horas sol max diara probable para diferentes meses y latitudes sur (DL)													
	LATITUD (S)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
0	0°	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
5	5°	12.3	12.3	12.1	12	11.9	11.8	11.8	11.9	12	12.2	12.3	12.4
10	10°	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.8	12	12.3	12.6	12.7
14.0458222	14°5'47.6°	12.8427493	12.5618329	12.1809164	11.8	11.4381671	11.2572507	11.3572507	11.6381671	12	12.4618329	12.7618329	12.9427493
15	15°	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2	11.3	11.6	12	12.5	12.8	13
20	20°	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9	11	11.5	12	12.6	13.1	13.3
25	25°	13.5	13	12.3	11.6	10.9	10.6	10.7	11.3	12	12.7	13.3	13.7
30	30°	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2	10.4	11.1	12	12.9	13.6	14
35	35°	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8	10.1	11	11.9	13.1	14	14.5
40	40°	14.7	13.7	12.5	11.2	10	9.3	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 132: RADIACION EXTRATERRESTRE MEDIA DIARIA**

TABLA 02													
RADIACION EXTRATERRESTRE MEDIA MEDIA DIARIA (RMD)													
EXPRESA EN EQUIVALENTE DE EVAPOTRANSPIRACION (mm/dia) PARA DIFERENTES LATITUDES Y MESES													
	LATITUD (S)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
0	0°	15	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	15.6	15.3	15.4	15.1	14.8
2	2°	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
4	4°	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
6	6°	15.8	16	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14	15	15.7	15.8	15.7
8	8°	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16	16
10	10°	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12	12.4	13.5	14.8	15.8	16.2	16.2
12	12°	16.6	16.3	15.4	14	12.5	11.6	12	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
14.0458222	14°5'47.6°	16.7022911	16.4022911	15.2977089	13.6931267	12.0908356	11.1908356	11.5908356	12.8931267	14.4954178	15.8	16.5022911	16.5
14	14°	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.5
16	16°	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
18	18°	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
20	20°	17.3	16.5	15	13.01	11	10	10.4	12	12.9	15.8	17	17.4

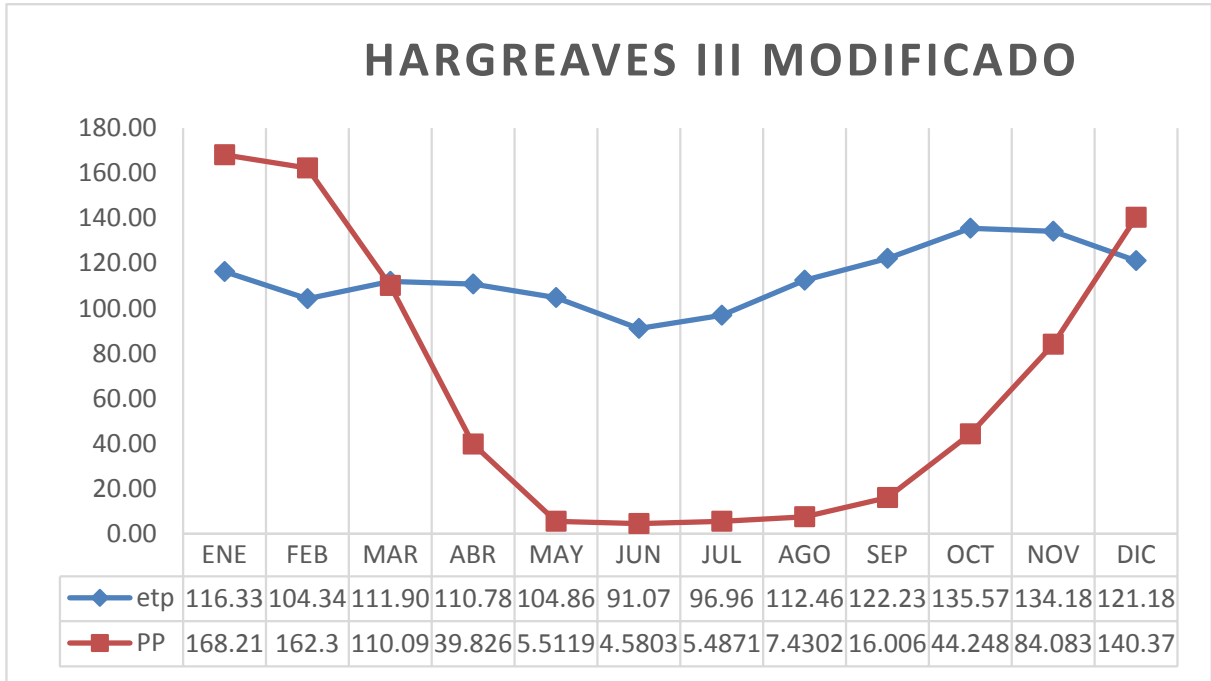
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 133: CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

CALCULO DE ETP POR EL METODO DE HARGREAVES III MODIFICADO HUATRACHAPI-MISKIUNU											Altitud:		3790.22166	
											3.790221656		Km	
											Latitud: 14° 2' 44.96°			
	VARIABLE	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL	°F	54.116	54.034	54.015	52.837	49.985	48.144	47.589	49.869	52.653	54.545	55.141	54.441
2	TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL	°C	12.286	12.241	12.230	11.576	9.992	8.969	8.661	9.927	11.474	12.525	12.856	12.467
3	N° DE HORAS DE SOL REAL MENSUAL (SM)	n	143.960	130.458	151.171	193.444	233.038	224.938	237.502	240.926	215.223	208.692	194.046	159.396
4	NUMERO DE DIAS DEL MES (DM)		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
5	HORAS DE SOL MAX MEDIA DIARIA (DL)	N	12.843	12.562	12.181	11.800	11.438	11.257	11.357	11.638	12.000	12.462	12.762	12.943
6	RADIACION EXTRATERRESTRE DIARIA (RMD)	mm/dia	16.702	16.402	15.298	13.693	12.091	11.191	11.591	12.893	14.495	15.800	16.502	16.500
7	FACTOR DE CORRECCION DE ALTURA (FA)		1.227	1.227	1.227	1.227	1.227	1.227	1.227	1.227	1.227	1.227	1.227	1.227
8	% DE HORAS DE SOL MENSUAL (S)		36.160	37.090	40.034	54.645	65.722	66.605	67.458	66.779	59.784	54.021	50.684	39.727
9	RADIACION EXTRATERRESTRE POR MES (RMD)		16.702	16.402	15.298	13.693	12.091	11.191	11.591	12.893	14.495	15.800	16.502	16.500
10	RADIACION EXTRATERRESTRE DIARIA MEDIA (RMM)		517.771	459.264	474.229	410.794	374.816	335.725	359.316	399.687	434.863	489.800	495.069	511.500
11	RADIACION INDICE POR MES (RMS)		233.513	209.775	225.042	227.751	227.894	205.494	221.337	244.963	252.178	269.998	264.339	241.797
12	ETP mensual	mm/mes	116.328	104.345	111.900	110.777	104.865	91.074	96.965	112.457	122.232	135.571	134.180	121.180
	EVAPOTRANSPIRACION REFERENCIAL =ETO=		1361.873											

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

IMAGEN 39.: GRAFICO DE HARGREAVES III MODIFICADO DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De la imagen N°39, podemos interpretar que los meses con déficit de agua se encuentran desde Mayo a Octubre, asimismo observamos que los meses con mejor evapotranspiración son los meses donde existe una mejor precipitación vale decir los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril Noviembre y Diciembre.

## 6.8. DISPONIBILIDAD HIDRICA SUPERFICIAL.

### 6.8.1. LAGUNA ACOPIA.

La Laguna se encuentra ubicada en el circuito de las cuatro lagunas, está localizada en el distrito de Acopia, la cual presenta un espejo de agua de 22.5 km, una longitud de 7.760 km y un ancho de 4.270 km.



*FOTOGRAFÍA 48: VISTA DE LA LAGUNA DE ACOPIA.*

### **6.8.2. LAGUNA DE POMACANCHI.**

Según el PER IMA 2019, esta laguna tiene un espejo de agua de 2126 Ha de forma ovoide con un perímetro de 24.89 km con una profundidad máxima de 110 m una profundidad media 35 m con un volumen de 744 millones de metros cúbicos y por incidencia directa del sol, evapora (humedad en el aire) 2,000 litros por segundo (lts. /Seg). La humedad presente en el aire, permite el crecimiento de maíz en este piso ecológico, pero en poca escala, además de los cultivos tradicionales de la zona como la papa, haba, cebada, trigo y otros.



*FOTOGRAFÍA 49: VISTA DE LA LAGUNA DE POMACANCHI.*

### **6.8.3. LAGUNA YANACOCCHA.**

Tiene un espejo de agua de 3.37 Km, un perímetro de 2.2528 Km un área de 1,83 Ha, con una profundidad de 8 km Aproximadamente, esta pequeña laguna se localiza al Oeste de la laguna de Acopia. Se observa que esta laguna se encuentra junto a un afloramiento de Skarn de magnetita.

### **6.8.4. RESERVORIOS.**

#### **6.8.4.1. RESERVORIO CCORIMOCO.**

Se ubica en la comunidad campesina de Huarasayco (Sector Ccorimocco) en las coordenadas UTM 228089E / 8439546N, a una altitud de 3,931 y de 270 m3 de capacidad en el que almacenan el agua para luego utilizarlos para riego en la parte baja de la comunidad de Huarasayco, el caudal en la captación es de 4 lps, provenientes de los manantes Jatun ojo con caudal 2.0 lt/seg y Suwuana huaycco con caudal de de 2.0 lt/seg el cual cuenta con un pequeño sistema de riego tecnificado por aspersion para aproximadamente 8 Ha de tierras de cultivo que son usados principalmente para el cultivo de pastos (alfalfa mas dactylis) para la crianza intensiva de cuyes.



*FOTOGRAFÍA 50: RESERVORIO CCORIMOCO*



#### **6.8.4.2. RESERVORIO SUPHY PATA.**

Se encuentra ubicado en la coordenada UTM 2289777E / 8441053N, a una altitud de 3,793 msnm y 400 m<sup>3</sup> de capacidad, el cual almacena aguas que son conducidas mediante un canal revestido de 1,350 metros de longitud y de 0.40 x 0.40 metros de sección, en donde existe el canal de riego denominado Millera, el mismo que es abastecido por las filtraciones de los bofedales que aportan 0.15 Lt/seg y manantes de la parte alta de la microcuenca Santo Domingo-Acopia tales como son Huarasayco 1 de caudal 1.72 Lt/seg, Huarasayco 2 de 0.3 Lt/seg, Huarasayco 3 de 0.03 Lt/seg y Huarasayco 4 de 0.3 Lt/seg pertenecientes a la comunidad de Huarasayco, el mismo que logra ofertar hasta 2.5 lps, para luego de allí ser distribuido a las parcelas para el cultivo de pastos para la crianza de animales especialmente animales menores como cuyes.



*FOTOGRAFÍA 51: RESERVORIO SUPHY PATA*

#### **6.8.4.3. RESERVORIO CHIWECCA.**

Se encuentra ubicado en las coordenadas UTM 229727E / 8440620N y a 3,792 msnm con una capacidad de 360 m<sup>3</sup>, estas aguas provienen de la margen derecha del río Santo Domingo, donde existe un canal de riego denominado Chiwecca, el mismo que demanda un urgente mantenimiento por las rajaduras que presenta., el canal de riego tiene una dimensión de 950 metros lineales y 0.40 x 0.40 metros de sección, para luego de allí ser distribuidas a las parcelas para el riego complementario por gravedad.

Este reservorio está siendo alimentado por diversos manantes, como Ayallacta-1, Ayallacta-2, Ayallacta-3, Ayallacta-4, Chiccchiqaqa Pucyu-2 y Cusimachay, con caudales que se encuentran entre 0.01 a 0.02 Lt/seg.



*FOTOGRAFÍA 52:RESERVORIO CHIWECA*

#### **6.8.4.4. RESERVORIO LAHUACOCHA.**

Este reservorio se encuentra ubicado en las coordenadas UTM 221304E / 8445504N se encuentra próximo a la comunidad de Acopia.

Se identificó que este reservorio tiene un área 99,07 Km<sup>2</sup> y según la versión de los pobladores estuvo activo aproximadamente hace 6 años, después de esto, el desinterés de la población, así como el déficit de presupuesto de la municipalidad e intereses político del sector hicieron que se dejara en estado de abandono, actualmente este reservorio contiene aguas estancadas y material pantanoso.

Sería factible repotenciar este reservorio, ya que esto aumentaría la oferta de agua existente en la zona de Huayrachapi-Miskiunu.

## **CAPITULO VII: PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.**

### **7.1. GENERALIDADES.**

Por definición, Geofísica es la aplicación de los principios y prácticas de la Física para la resolución de los problemas relacionados con la Tierra. Puede decirse que surgió de la Física y de la Geología.

Las rocas presentan resistividades eléctricas que varían en un amplio rango, dependiendo de diversos factores como la litología, el grado de conservación, la humedad y principalmente el grado de mineralización del agua contenida en los poros y fracturas. Las rocas de una misma génesis presentan valores de resistividad que varían dentro de ciertos rangos típicos, lo que permite caracterizarlas.

En el SEV con configuración Schlumberger ha sido ideado para estructuras constituidas por capas homogéneas paralelas con extensión lateral muy grande, lo cual no se cumple en la realidad, presentándose adelgazamientos o desapariciones de las capas, así como también se presenta variaciones laterales de resistividad.

Asimismo, presentan diversas propiedades como son la conductividad y resistividad, contraste resistivo que permite diferenciar los medios físicos saturados y secos, además elegir dentro del área en investigación, el medio físico con mejores características hidráulicas y agua apropiada para los fines del estudio.

Para el fin de este capítulo se realizaron diversos sondajes los cuales son especificados de mejor manera en el cuadro resumen mostrado a continuación:

**TABLA 134: PUNTOS DE LOS SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES USADOS  
PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES REALIZADOS EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA											
N° DATOS	CODIGO	X	Y	Z	SECTOR	N° DATOS	CODIGO	X	Y	Z	SECTOR
1	Ac-01	230121	8440245	3746	Acopia	50	Kpñ-a	228304	8438813	3835	Qhapaq Ñan
2	Ac-02	230158	8440208	3823	Acopia	51	Kpñ-b	228267	8438848	3867	Qhapaq Ñan
3	Ac-03	230142	8440160	3887	Acopia	52	Kpñ-c	228234	8438879	3892	Qhapaq Ñan
4	Ac-04	230077	8440219	3862	Acopia	53	Kpñ-d	228210	8438923	3860	Qhapaq Ñan
5	Ac-05	230032	8440229	3844	Acopia	54	Kpñ-e	228195	8438976	3821	Qhapaq Ñan
6	Ac-06	230073	8440197	3913	Acopia	55	Kpñ-f	228130	8439051	3855	Qhapaq Ñan
7	Ac-07	229991	8440244	3852	Acopia	56	Kpñ-g	227245	8439666	3807	Qhapaq Ñan
8	Ac-08	230234	8440154	3780	Acopia	57	Kpñ-h	228089	8439078	3821	Qhapaq Ñan
9	H-01	227507	8439865	3819	Huarsaycco	58	Kpñ-i	228044	8439105	3870	Qhapaq Ñan
10	H-02	227581	8439784	3978	Huarsaycco	59	Kpñ-j	228003	8439134	3808	Qhapaq Ñan
11	H-03	228290	8439418	3807	Huarsaycco	60	Kpñ-k	227959	8439165	3980	Qhapaq Ñan
12	H-04	227827	8439792	3992	Huarsaycco	61	Kpñ-l	227925	8439193	3976	Qhapaq Ñan
13	H-05	227809	8439585	3944	Huarsaycco	62	Kpñ-ll	227879	8439213	3978	Qhapaq Ñan
14	H-06	227878	8439534	3960	Huarsaycco	63	Kpñ-m	227832	8439235	3977	Qhapaq Ñan
15	H-07	228068	8439584	3927	Huarsaycco	64	Kpñ-n	227786	8439262	3975	Qhapaq Ñan
16	Hb-01	228262	8440094	3877	Huarsaycco	65	Kpñ-ñ	227749	8439292	3799	Qhapaq Ñan
17	Hb-02	228466	8440033	3890	Huarsaycco	66	My-01	228473	8441171	3900	Markuyo
18	Hb-03	228572	8440294	3877	Huarsaycco	67	My-02	228886	8441032	3849	Markuyo
19	Hb-04	228672	8440250	3846	Huarsaycco	68	My-03	228845	8440879	3842	Markuyo
20	Hb-05	228922	8440410	3827	Huarsaycco	69	P-01	228397	8438655	3883	Pampa
21	Jñ-01	226454	8440266	3809	Jatunñan	70	P-02	228397	8438674	3956	Pampa
22	Jñ-02	226477	8440063	3787	Jatunñan	71	P-033	228321	8438730	3989	Pampa
23	Kpñ-01	227503	8439000	3954	Qhapaq Ñan	72	P-04	228508	8438604	3854	Pampa
24	Kpñ-02	227623	8439419	3975	Qhapaq Ñan	73	P-05	228488	8438607	3887	Pampa
25	Kpñ-03	227563	8439475	3980	Qhapaq Ñan	74	P-06	228479	8438609	3859	Pampa
26	Kpñ-04	227496	8439514	3984	Qhapaq Ñan	75	P-07	228469	8438610	3845	Pampa
27	Kpñ-05	227396	8439573	3982	Qhapaq Ñan	76	P-08	228421	8438602	3885	Pampa
28	Kpñ-06	227349	8439675	3987	Qhapaq Ñan	77	P-09	228411	8438605	3978	Pampa
29	Kpñ-07	227273	8439766	3977	Qhapaq Ñan	78	P-10	228404	8438605	3960	Pampa
30	Kpñ-08	227235	8439906	3960	Qhapaq Ñan	79	P-11	228392	8438607	3885	Pampa
31	Kpñ-09	227177	8439944	3969	Qhapaq Ñan	80	P-12	228383	8438609	3909	Pampa
32	Kpñ-10	227136	8440006	3966	Qhapaq Ñan	81	P-13	228375	8438612	3897	Pampa
33	Kpñ-11	227144	8440074	3975	Qhapaq Ñan	82	P-14	228339	8438682	3822	Pampa
34	Kpñ-12	227421	8440072	3955	Qhapaq Ñan	83	P-15	228335	8438691	3903	Pampa
35	Kpñ-13	227535	8440045	3941	Qhapaq Ñan	84	P-16	228330	8438701	3875	Pampa
36	Kpñ-14	227601	8439982	3938	Qhapaq Ñan	85	P-17	228327	8438710	3847	Pampa
37	Kpñ-15	226735	8439918	3835	Qhapaq Ñan	86	P-18	228323	8438719	3967	Pampa
38	Kpñ-16	226723	8439879	3792	Qhapaq Ñan	87	SA-01	229648	8439263	3840	San antonio
39	Kpñ-17	227711	8439330	3890	Qhapaq Ñan	88	SA-02	229815	8439164	3832	San antonio
40	Kpñ-18	227679	8439364	3795	Qhapaq Ñan	89	SA-03	228415	8439112	3852	San antonio
41	Kpñ-19	226741	8439798	3868	Qhapaq Ñan	90	SA-04	228427	8438999	3837	San antonio
42	Kpñ-20	226853	8439773	3851	Qhapaq Ñan	91	SD-01	229440	8441203	3786	Santo Domingo
43	Kpñ-21	226893	8439760	3834	Qhapaq Ñan	92	SD-02	229352	8441005	3788	Santo Domingo
44	Kpñ-22	226946	8439778	3837	Qhapaq Ñan	93	SD-03	229624	8440854	3683	Santo Domingo
45	Kpñ-23	227069	8439749	3890	Qhapaq Ñan	94	SD-04	229538	8440903	3804	Santo Domingo
46	Kpñ-24	227151	8439536	3908	Qhapaq Ñan	95	SD-05	229734	8440629	3874	Santo Domingo
47	Kpñ-25	227298	8439446	3893	Qhapaq Ñan	96	SD-06	230046	8440609	3842	Santo Domingo
48	Kpñ-26	227286	8439427	3898	Qhapaq Ñan	97	SD-07	229993	8440432	3856	Santo Domingo
49	Kpñ-27	227283	8439403	3884	Qhapaq Ñan	TOTAL DE SEVS			97		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 135: PUNTOS DE LOS SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES  
USADOS PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.**

DATOS DE SONDEO ELECTRICO VERTICAL DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU											
N° DATOS	CODIGO	X	Y	Z	SECTOR	N° DATOS	CODIGO	X	Y	Z	SECTOR
1	Hy-07	232605	8445950	3908	Hyruyoc	25	Ct-01	232770	8445812	3902	Catawi
2	Mk-14	231717	8446339	3853	Miskiunu	26	Ct-08	232746	8445743	3892	Catawi
3	Mk-13	232483	8446530	3860	Miskiunu	27	Ct-07	232737	8445781	3901	Catawi
4	Mk-12	232135	8446637	3858	Miskiunu	28	Ct-06	232742	8445790	3910	Catawi
5	Mk-11	232434	8446122	3889	Miskiunu	29	Ct-05	232750	8445796	3908	Catawi
6	Mk-10	232674	8446323	3998	Miskiunu	30	Ct-04	232754	8445798	3896	Catawi
7	Mk-01	231876	8446517	3925	Miskiunu	31	Ct-03	232760	8445803	3914	Catawi
8	Mk-00	231894	8446463	3945	Miskiunu	32	Ct-02	232764	8445806	3905	Catawi
9	Mk-09	232556	8446417	4036	Miskiunu	33	Hp-09	231887	8448029	4018	Huayrachapi
10	Mk-08	232486	8446433	4019	Miskiunu	34	Hp-08	231895	8448173	4024	Huayrachapi
11	Mk-07	232394	8446386	4000	Miskiunu	35	Hp-07	231560	8448197	4002	Huayrachapi
12	Mk-06	232120	8446454	4037	Miskiunu	36	Hp-06	231549	8448249	3965	Huayrachapi
13	Mk-05	232007	8446331	4000	Miskiunu	37	Hp-05	231575	8448278	3942	Huayrachapi
14	Mk-04	231963	8446373	3984	Miskiunu	38	Hp-04	231562	8448309	3967	Huayrachapi
15	Mk-03	231931	8446415	3960	Miskiunu	39	Hp-03	231518	8448353	3953	Huayrachapi
16	Mk-02	231851	8446518	3949	Miskiunu	40	Hp-02	231758	8448654	3947	Huayrachapi
17	Mk-17	232645	8446326	3865	Miskiunu	41	Hp-11	231711	8447506	3937	Huayrachapi
18	Mk-16	231570	8446467	3845	Miskiunu	42	Hp-10	231732	8447890	3945	Huayrachapi
19	Mk-15	231711	8446467	3863	Miskiunu	43	Hp-01	231259	8448537	4135	Huayrachapi
20	Un-02	231536	8447171	3908	Unutoma	44	Hy-03	232654	8445953	3904	Hyruyoc
21	Un-01	231615	8447105	3909	Unutoma	45	Hy-02	232663	8445953	3902	Hyruyoc
22	Uy-03	231758	8445844	3873	Uypiña	46	Hy-06	232614	8445953	3907	Hyruyoc
23	Uy-02	232020	8445494	3869	Uypiña	47	Hy-05	232624	8445958	3909	Hyruyoc
24	Uy-01	232114	8445305	3843	Uypiña	48	Hy-04	232632	8445959	3905	Hyruyoc
<b>TOTAL DE SEVS</b>									<b>48</b>		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## 7.2. SECCIONES GEOELECTRICAS.

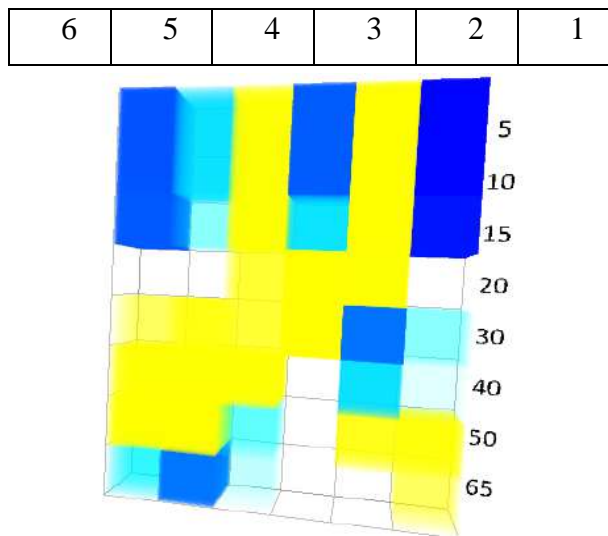
Las secciones geoelectricas son el resultado de la interpretación de los sondeos eléctricos verticales, dicha información se ha procesado de acuerdo a las técnicas establecidas para la exploración eléctrica en aguas subterráneas. La interpretación de los SEVs ha determinado las resistividades y espesores verdaderos de las capas, con los que se han elaborado secciones geoelectricas, cuyo análisis ha permitido conocer indirectamente características del subsuelo. Para la interpretación cuantitativa se utilizó inicialmente ábacos o curvas patrones, trazadas en coordenadas logarítmicas, las cuales son de una a cinco capas. Las resistividades eléctricas y los espesores determinados inicialmente han sido reajustados, en donde se utilizó el programa IPI2WIN.

## 7.2.1. SECCIONES GEOELÉCTRICAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO- ACOPIA.

### 7.2.1.1. SECCIÓN GEO ELÉCTRICA A-A´.

Esta medición se realizó en el sector denominado PAMPA A (donde se realizaron 6 medidas de SEV), en cada una de estas se realizó una medición longitudinal precisa a un distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 65 metros, este se realizó en la cota promedio de 3967 msnm

*IMAGEN 40: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION*



*FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN PAMPA A*

A partir del perfil longitudinal se tiene la siguiente interpretación:

- ✓ SEV PAMPA 1: De 5 a 15 metros, muestra una zona altamente saturada de agua, posiblemente en estratos de arenas finas, arena gruesa y gravas.
- ✓ SEV PAMPA 2: De 5 a 30 metros muestra un perfil no saturado posiblemente arcillas, a partir de los 30 metros muestra la presencia de un cuerpo de agua saturado, seguido de un cuerpo medianamente saturado a los 40 metros seguido de una capa impermeable; en este perfil podemos decir que estamos en la presencia de un acuífero confinado.
- ✓ SEV PAMPA 3: De 5 a 10 metros se observa cuerpos bastantes saturados, seguidos de un cuerpo moderadamente saturado y después esto se impermeabiliza por arcillas que se encuentran desde los 20 metros



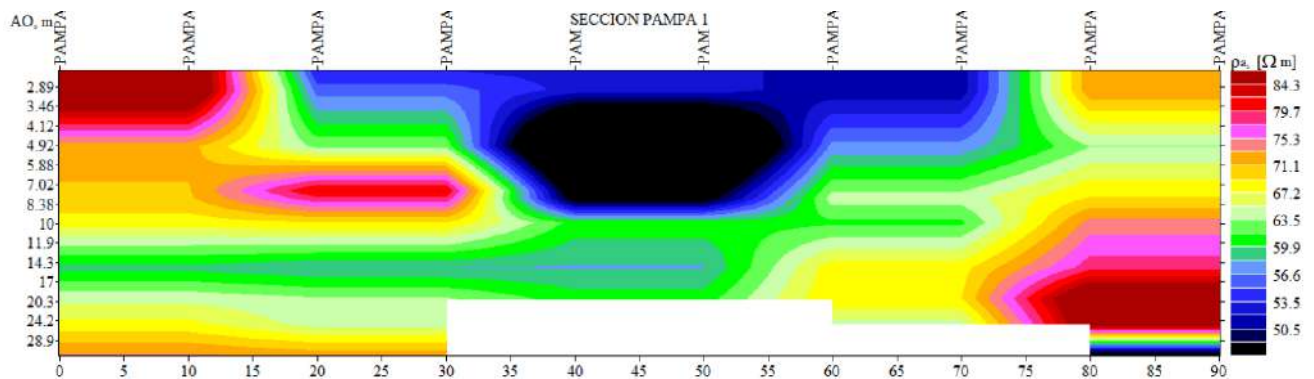
- ✓ SEV PAMPA 4: Se observa un perfil no saturado e impermeable representado por arcillas desde 5 a 40 metros, luego de estos se observa un perfil ligeramente saturado en aproximadamente 50 metros.
- ✓ SEV PAMPA 5: Se aprecia un perfil moderadamente saturado de 5 a 15 metros. seguidos de 30 metros de espesor de arcillas para luego reaparecer una zona saturada a partir de los 65 metros.
- ✓ SEV PAMPA 6: Se aprecia un perfil bien saturado de 15 metros de espesor, luego de estos se aprecian arcillas de 25 metros de espesor seguidos de una zona ligeramente saturada a partir de los 65 metros.



FOTOGRAFÍA 53: EQUIPO DE TRABAJO REALIZANDO LOS SEVs.

Para tener una mejor visión, estos datos se interpretaron con el programa Ipi2Win.

IMAGEN 41: SECCION GEOELECTRICA DE RESISITIVIDAD APARENTE DEL SECTOR PAMPA A



De la imagen N° 41, se realizó la debida interpretación la cual se describe a continuación:

**TABLA 136: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS**

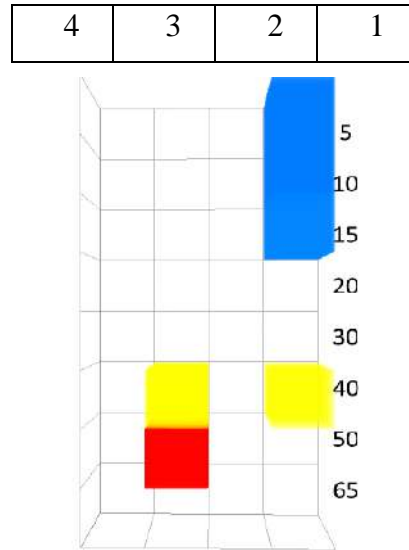
SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad ( $\Omega$ m)
PAMPA 1	0 - 15	Presencia de conglomerados, material permeable.	75-84
	15-20	Suelos arcillosos arenosos. Zona ligeramente saturada.	67-72
	20-40	Horizonte saturado, en estrato de arena y grava mediana. Horizonte de interés hídrico Se aprecia una pequeña capa de arcilla de 3 metros aprox. la cual esta impermeabilizando el horizonte saturado, asimismo debajo de este se aprecia otro horizonte saturado.	59 - 67
	>40	Suelos arcillosos arenosos, los cuales actúan como filtros del acuífero.	67-72
PAMPA 2	0-30	Horizonte superficial con arcillas de aprox. 5 metros de ancho, seguidos de un gran horizonte de agua que se encuentra sobre arenas las cuales actúan como filtros.	54-59
	30-40	Estratos impermeables de areniscas y arcillas, seguidos de horizontes de gravas y arenas.	61-77
	>40	Presencia de un horizonte moderadamente saturado de menor espesor que el anterior nombrado, seguido de una capa de areniscas.	54-64
PAMPA 3	0-5	Horizonte superficial conformado por estratos permeables de areniscas.	49-52
	5-25	Horizonte saturado con estratos de arcilla, presenta un buen potencial de agua.	42-46
	> 30	Estrato impermeable con presencia de lutitas.	54-67
PAMPA 4	0 - 40	Horizonte superficial conformado estratos de arcillas y limos.	0-52
	40-50	Horizonte saturado. El agua subterránea corre entre formaciones de arenisca, arena y grava.	53-57
	>50	Zona donde se encuentran areniscas las cuales actúan como filtros del acuífero están en estado humedo.	62-71
PAMPA 5	0-5	Horizonte superficial formado por areniscas y arcillas permeables (fracturadas).	66-71
	5-15	Presencia de horizonte saturado	60-160
	15-55	Secuencias de areniscas y materiales permeables los cuales se encuentran rodeando al acuífero, seguidos por una densa capa de arcillas.	66-96
	>55	Horizonte saturado de pequeño espesor, el cual se encuentra rodeado de lutitas.	0-62
PAMPA 6	0-15	Horizonte superficial formado por arcillas, seguidos de una secuencia permeable.	66-73
	15-30	Presencia de un horizonte saturado de 15 metros de espesor	60-64
	30-55	Secuencias de s materiales permeables los cuales se encuentran rodeando un pequeño horizonte de agua.	64-69
	>55	Horizonte impermeable. Con presencia de una ligera capa de agua.	69-77

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 7.2.1.2. SECCIÓN GEO ELÉCTRICA B-B´.

Esta medición se realizó en el sector denominado PAMPA C (donde se realizaron 4 medidas de SEV), en cada una de estas se realizó una medición longitudinal precisa a un distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 65 metros, este se realizó en una cota promedio de 3874 msnm.

**IMAGEN 42: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION.**

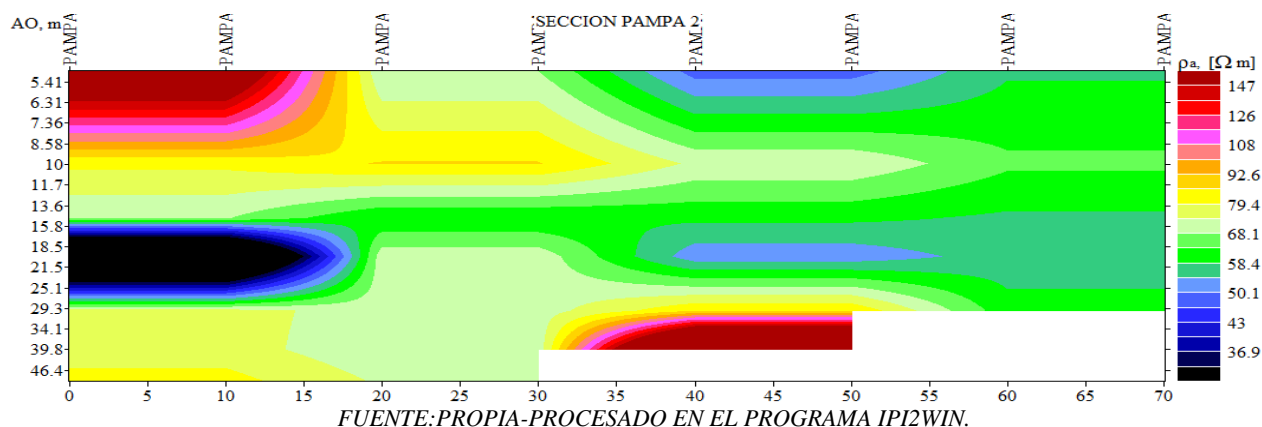


FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN PAMPA C

- ✓ SEV PAMPA 13: De 0 a 10 metros, muestra una zona altamente saturada de agua, posiblemente en estratos de arenas finas, arena gruesa y gravas., seguidos de un vacío debido a la existencia de una falla, asimismo se observa un espesor de 10 metros de arcilla
- ✓ SEV PAMPA 14: Se observa un vacío debido a la falla Collquamarca.
- ✓ SEV PAMPA 15: De 40 a 50 metros se observa horizontes de arcilla, seguidos de un horizonte de 15 metros de espesor que se encuentra vacío y puede tratarse de una caverna kárstica.
- ✓ SEV PAMPA 16: Se observa un vacío debido a la falla Collquamarca.

Para tener una mejor visión, estos datos se interpretaron también con el programa Ipi2Win.

**IMAGEN 43: SECCION GEOLOELECTRICA SECTOR PAMPA C**



**TABLA 137: DESCRIPCION LITOLOGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS**

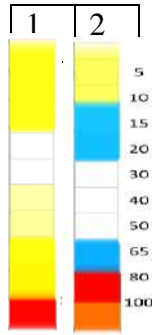
SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad (Ω m)
PAMPA 13	0 - 10	Horizonte superficial impermeable	100-193
	10-15	Horizonte donde se aprecian materiales arenosos y gravosos, que actúan como filtros de los cuerpos de agua.	64-80
	15-30	Horizonte saturado, en estratos de arena y grava mediana. Horizonte de interés hídrico. Se aprecia una capa de arcilla de 3 metros aprox. la cual está impermeabilizando el horizonte saturado, asimismo debajo de este se aprecia otro horizonte saturado.	26-42
	>30	Suelos arenosos, los cuales actúan como filtros del acuífero.	80
PAMPA 14	5-8	Horizonte superficial con material permeable proveniente de los depósitos aluviales.	67-74
	8-13	Estratos impermeables de arcillas.	79-82
	13-18	Presencia de un horizonte moderadamente saturado con presencia de arcillas de 2 metros de espesor aprox.	0-65
	>30	Horizonte superficial conformado por estratos de arenas y gravas.	67-72
PAMPA 15	5-8	Horizonte superficial bien saturado, de aproximadamente 2 metros de espesor	39-50
	8-15	Horizonte formado por material permeable, que sirve como filtro del acuífero, los cuales se encuentran húmedos.	59-90
	15-25	Horizonte saturado con aprox. 10 metros de espesor	39-50
	25-30	Horizonte formado por material permeable, que sirve como filtro del acuífero.	59-111
	>30	Material impermeable por su alta resistividad se trata de una roca ígnea.	470-560
PAMPA 16	5-7	Horizonte superficial formado por arenas y gravas.	57-59
	7-15	Horizonte impermeable con la presencia de materiales como arcilla o limos de gran espesor	59-63
	15-25	Zona saturada donde se encuentra un buen espesor de agua de aproximadamente 10 metros.	54-57
	> 25	Zona donde se encuentra material permeable húmedo	57-60

*FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA*

### 7.2.1.3. SECCIÓN GEO ELÉCTRICA C-C’.

Esta medición se realizó en el sector ruta Qhapaq Ñan (KPÑ 01-KPÑ 02), la cual se encuentra cercana a la falla Collquamarca en donde se realizó 2 mediciones cada una a un distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 100 metros.

IMAGEN 44: GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION



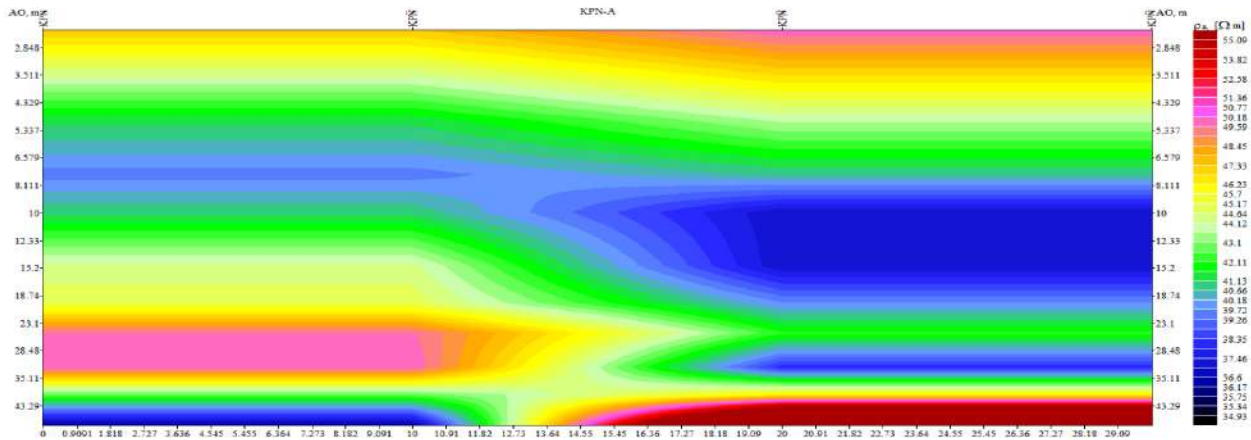
FUENTE: FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN KPÑ A

Del análisis de los perfiles longitudinales de los diferentes SEVs realizados en este sector, se tiene la siguiente conclusión:

- ✓ SEV KPÑ 1: Se tiene materiales impermeables así mismo se observa material permeable.
- ✓ SEV KPÑ 2: Se tienen niveles de agua entre los 10 y 60 metros, observando así en la base material impermeable.

Asimismo, se realizó la interpretación de los datos obtenidos, con el programa IPI2WIN, de lo cual se obtuvo:

IMAGEN 45: SECCION GEOELECTRICA SECTOR KPÑ A



FUENTE: PROPIA-PROCESADO EN EL PROGRAMA IPI2WIN

**TABLA 138: DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS**

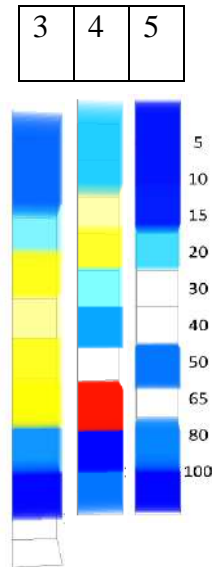
SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad ( $\Omega$ m)
KPÑ 1	5-20	Horizonte superficial que corresponde a materiales con buena permeabilidad con un espesor de aprox. 15 metros.	35-50
	20-65	Se aprecia un nivel de material impermeable ,como areniscas .	50-56
	65-80	Horizontes donde se tienen buena permeabilidad.	35-45
KPÑ 2	5-15	Se tiene niveles de gravas o arenas.	35-43
	15-30	Horizonte impermeable donde existen resistencias altas.	47-56
	30-90	Suelos arcillosos.	47
	>90	Se tienen niveles de materiales porosos como arenas ,gravas con pequeñas cantidades de agua.	38-43

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 7.2.1.4. SECCION GEOELECTRICA D-D´:

Esta medición se realizó en el sector ruta Qhapaq Ñan (KPÑ 03-KPÑ 05), en donde se realizó 3 mediciones cada una a un distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 100 metros en KPÑ 03 y 04 ,150 metros de profundidad en KPÑ 05.

**IMAGEN 46: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION**



FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN KPÑ

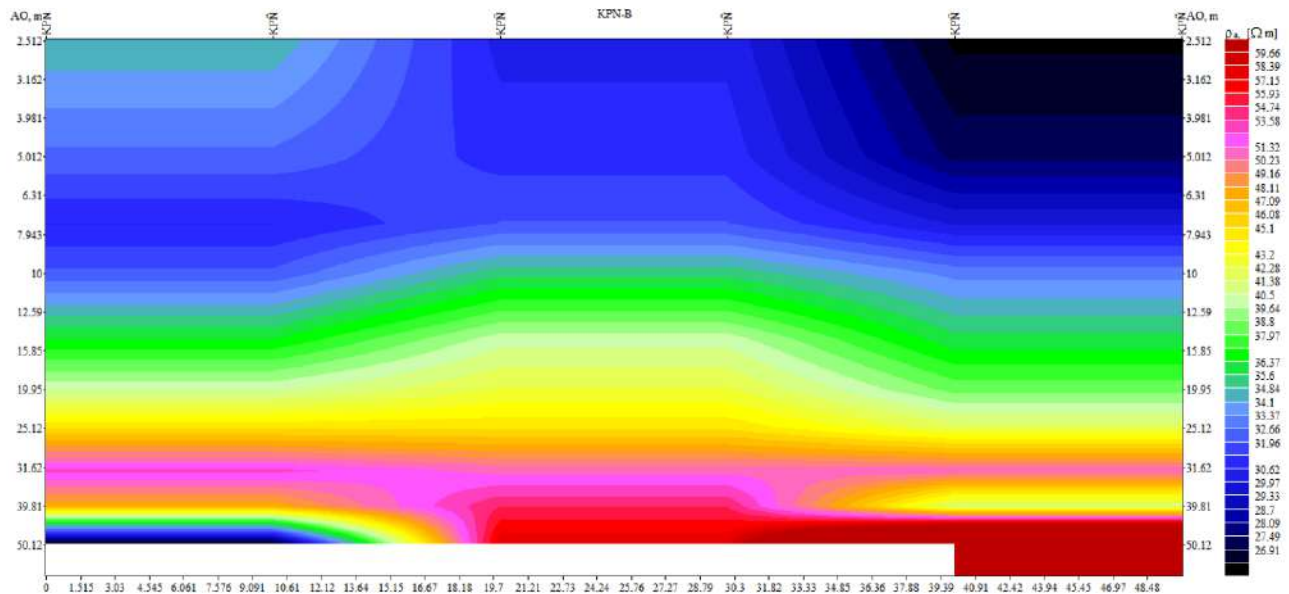


Del análisis de los perfiles longitudinales de los diferentes SEVs realizados en este sector, se tiene la siguiente conclusión:

- ✓ SEV KPÑ 03: se tiene un horizonte saturado superficial, así como material permeable seguido de material saturado de aproximadamente 20 metros.
- ✓ SEV KPÑ 04: Se tiene material superficial saturado seguido de una capa de material permeable se observa buenos espesores de agua que se aprecia entre los 30 metros a 100 metros.
- ✓ SEV KPÑ 05: Se observan espesores saturados con presencia de algunos espacios vacíos, los cuales se apreciarán mejor en la interpretación realiza con el programa IPI2WIN.

Como se mencionó anteriormente se realizó la interpretación de y el procesamiento de datos utilizando el programa IPI2WIN.

**IMAGEN 47: SECCION GEOELECTRICA SECTOR KPÑ B**



FUENTE: PROPIA PROCESADO CON EL PROGRAMA IPI2WIN.

**TABLA 139: DESCRIPCION LITOLOGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOLECTRICAS**

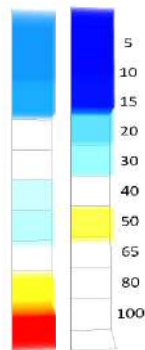
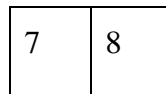
SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad (Ω m)
KPÑ 3	5-20	Horizonte superficial presenta una delgada capa de arcilla con aprox. 1 metro de espesor ,seguida de un horizonte de interes hidrico .	0-35
	20-40	Se tiene un horizonte permeable de gran potencia ,en donde destacan materiales gravosos y arenosos.	38
	50-65	Es un horizonte impermeable ,en donde las resistividades se concentran en un punto,de lo cual podemos inferir que es la presencia de un cuerpo pequeño de arcilla.	51-56
	> 65	Horizonte saturado ,se puede apreciar en la seccion de resistividad aparente que se trataria de un acuífero confinado ya que se encuentra dentro de un entrampe arcillosos.	0-42
KPÑ 4	5-10	Zona superficial donde se aprecia el horizonte saturado .	29-35
	10-20	Material permeable el cual actua como filtro del acuífero.	38
	20-40	Horizonte saturado de aprox 10 metros de espesor.	29-35
	40-50	Suelos arcillosos arenosos,los cuales actuan como filtros del acuífero.	67-74
	65-80	Horizonte impermeable,el cual tiene una forma lenticular.	51-56
	>80	Horizonte saturado,con una capa de arcilla . la cual estaria impermeabilizando a este.	0-42
KPÑ 5	5-60	Horizonte saturado con gran capacidad de retencion,con un espesor de aprox. 50 metros.	29-35
	60-90	Horizonte permeable el cual se encuentra humedo.	35-47
	>90	Material impermeable.	47-61

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 7.2.1.5. SECCION GEOLECTRICA E-E´:

Esta medición se realizó en el sector ruta Qhapaq Ñan (KPÑ 07-KPÑ 08), en donde se realizó 2 mediciones cada una a un distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 150 metros.

**IMAGEN 48: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION**



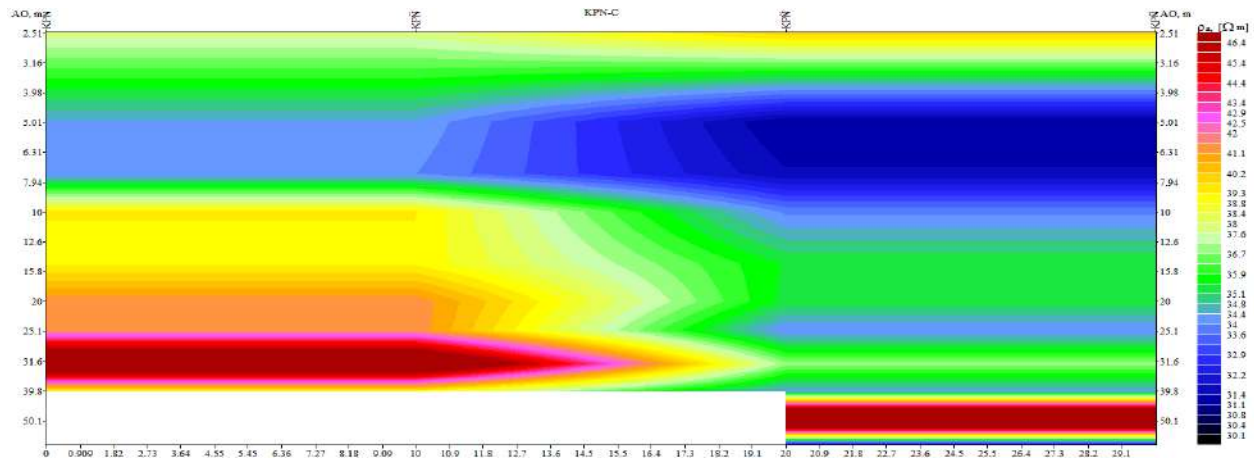
FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN KPÑ C.

Del análisis de los perfiles longitudinales de los diferentes SEVs realizados en este sector, se tiene la siguiente conclusión:

- ✓ SEV KPÑ 07: Se aprecia horizontes de aprox 15 metros de espesor de material saturado asimismo en la base se tiene material impermeable.
- ✓ SEV KPÑ 08: Se tiene material saturado en la superficie.

Para tener una mejor visión, estos datos se interpretaron también con el programa Ipi2Win.

**IMAGEN 49: SECCION GEOELECTRICA SECTOR KPÑ C**



FUENTE: PROPIA-PROCESADO EN EL PROGRAMA IPI2WIN

**TABLA 140: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS**

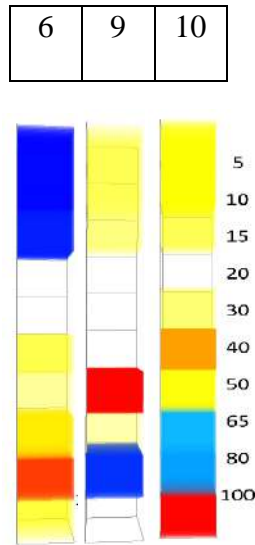
SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad (Ω m)
KPÑ 7	5-40	Horizonte saturado con un espesor aprox de 30 metros.	29-35
	40-50	Horizonte con material permeable.	35-42
	> 50	Material impermeable.	47-61
KPÑ 8	5-30	Horizonte saturado de aprox. 20 metros de espesor.	29-35
	30-50	Horizonte permeable.	35-47
	> 50	Material impermeable.	51-61

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 7.2.1.6. SECCIÓN GEOELÉCTRICA F-F’.

Esta medición se realizó en el sector ruta Qhapaq Ñan (KPÑ 06, KPÑ 09 KPÑ 10), en donde se realizó 3 mediciones cada una a un distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 150 metros.

**IMAGEN 50: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION**

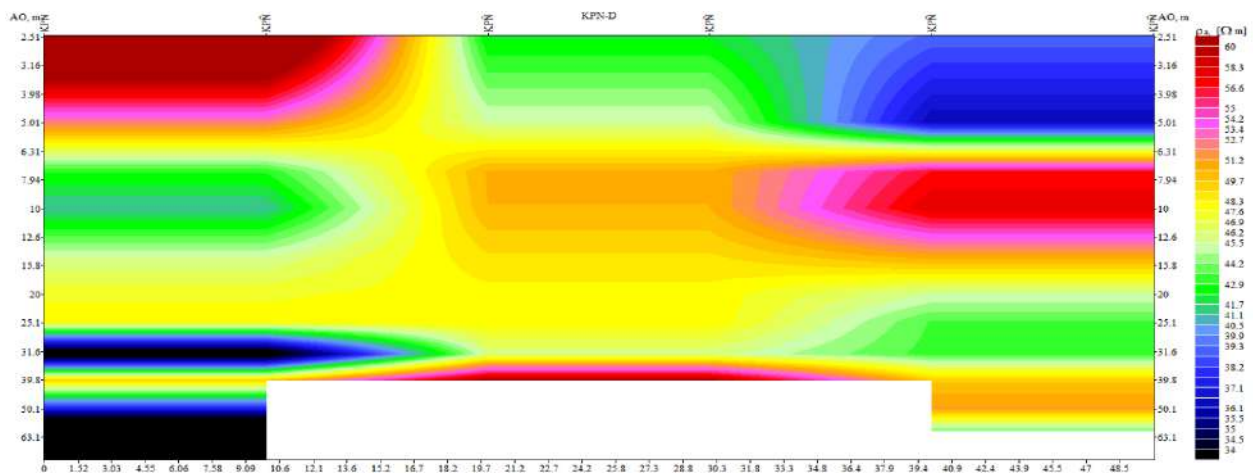


**FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN KPÑ D**

Del análisis de los perfiles longitudinales de los diferentes SEVs realizados en este sector, se tiene la siguiente conclusión:

- ✓ SEV KPÑ 06: Se tiene un horizonte superficial con material saturado, seguido de material permeable y una pequeña capa de material impermeable
- ✓ SEV KPÑ 09: Se aprecia material permeable en la parte superficial asimismo se tienen capas impermeables
- ✓ SEV KPÑ 10: Se tiene capas permeables de buen espesor y por los 65 a 80 metros de profundidad se tiene un horizonte saturado.

**IMAGEN 51: SECCION GEOELECTRICA SECTOR KPÑ D**



**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA PROCESADO CON ELPROGRAMA IPI2WIN**

**TABLA 141: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELÉCTRICAS**

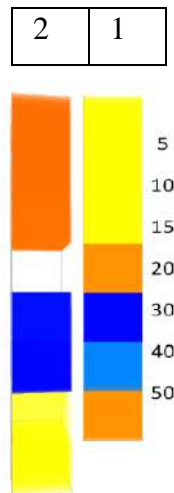
SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad (Ω m)
KPÑ 6	5-30	Horizonte saturado ,con un espesor de 25 metros aprox.	29-35
	30-40	Material de características permeables.	35-42
	40-60	Horizonte impermeable.	43-56
	>60	Horizonte con un pequeño cuerpo de agua ,el cual esta cubierto por material permeable.	0-47
KPÑ 9	5-15	Horizonte superficial ,de material impermeable.	51-61
	15-65	Material permeable con gran espesor.	35-47
	> 65	Presencia de material arcilloso.	0-20
KPÑ 10	5-15	Material impermeable en el horizonte superficial.	51-61
	20-30	Material permeable .	42
	30-65	Horizonte saturado de agua de aprox. 5 metros de espesor.	33
	> 65	Material impermeable.	0-20

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 7.2.1.7. SECCIÓN GEOELÉCTRICA G-G´.

Sección ubicada en sector denominado Huarasayco bajo (HB 01 –HB 02), donde se realizaron 2 medidas, en cada una de ellas se realizó una medición longitudinal precisa a distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 65 metros.

**IMAGEN 52 IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION**



FUENTE: FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN HB A

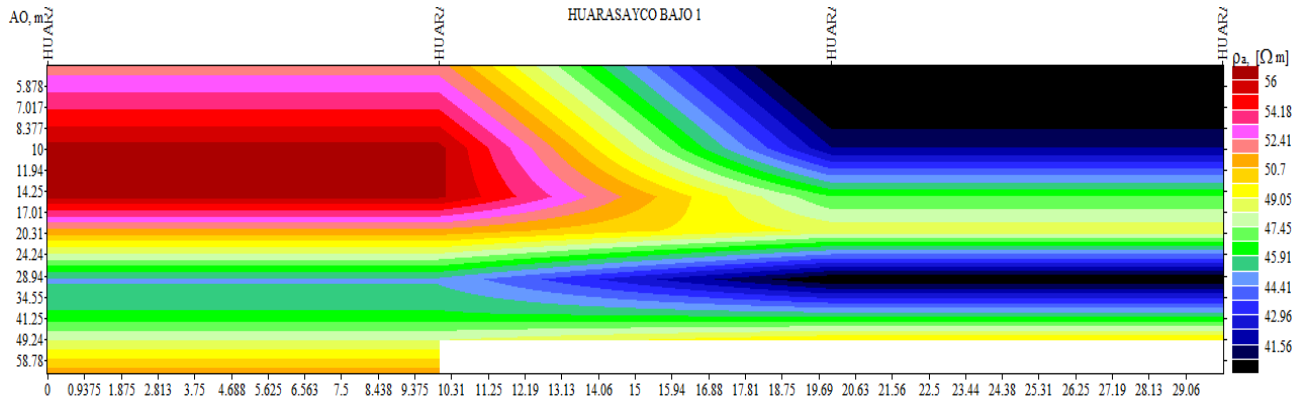
Del análisis de los perfiles longitudinales, se tiene:

- ✓ SEV HUARASAYCO BAJO 1: Se tiene un espesor de arcillas de aprox. 15 metros de espesor, seguidos de un material permeables(arenas) de 5 metros, luego se tiene el

horizonte saturado el cual abarca uno 20 metros de espesor, seguidos de otra capa permeable.

- ✓ SEV HUARASAYCO BAJO 2: se tiene un horizonte aprox. 15 metros de material permeable, seguido de un vacío de 5 metros; luego de este se tiene el horizonte saturado con aprox. 20 metros de espesor, seguido de una capa de arcillas.

**IMAGEN 53: SECCION GEOELECTRICA SECTO HUARASAYCO BAJO A.**



FUENTE: PROPIA-PROCESADO EN EL PROGRAMA IPI2WIN

**TABLA 142: DESCRIPCION LITOLOGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS**

SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad (Ω·m)
HUARASAYCO BAJO 1	0 - 15	Material impermeable ,por la resisitividad presentada, se tiene que son arcillas saturadas las cuales dificultan la filtracion de agua.	0-40
	15-20	Horizonte saturado de regular espesor.	41-44
	20-30	Horizonte permeable,con materiales gravosos y arenosos.	45-50
	30-45	Horizonte saturado,con una pequeña capa de arcilla (aprox. 2 metros de espesor)	0-45
	> 45	Horizonte permeable,conformado por material arenoso.	45-50
HUARASAYCO BAJO 2	0-15	Horizonte superficial conformado por material impermeable	50-56
	15-20	Material permeable conformado por material gravosos correspondiente a la formación Anta.	45-49
	20-50	Horizonte parcialmente saturado ,con material permeable como arenas.	42-47
	> 50	Material impermeable.	47-51

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

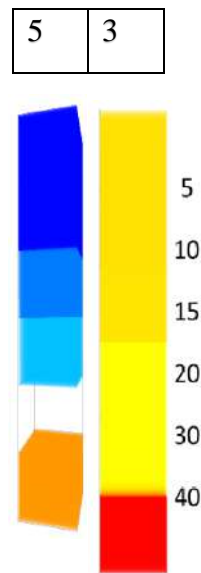


### 7.2.1.8. SECCIÓN GEO ELÉCTRICA H-H’.

Sección ubicada en sector denominado Huarasayco bajo (hb 03 – hb 05), donde se realizaron 3 medidas, e las cuales 2 son destacables y fueron las que se utilizaron para la interpretación, en cada una de ellas se realizó una medición longitudinal precisa a distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 40 metros.

Presenta cuatro (04) horizontes geoelectricos que se describe a continuación:

**IMAGEN 54: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO  
DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION**



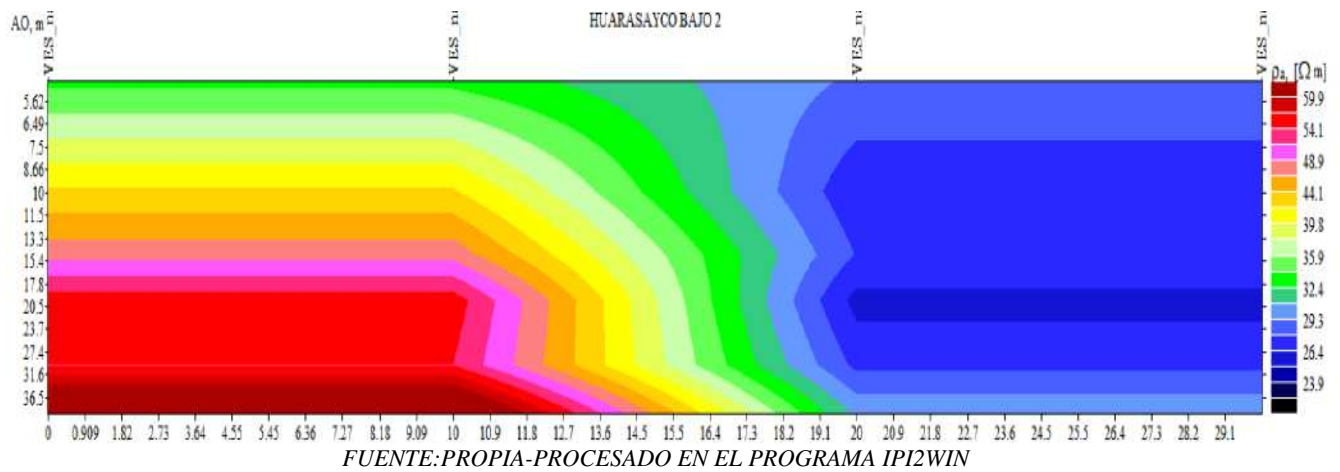
*FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN HB B*

Del análisis de los perfiles longitudinales:

- ✓ SEV HUARASAYCO 3: Se tiene un horizonte bastante amplio de lutitas de aprox. 40 metros de espesor, seguido de un horizonte de material permeable
- ✓ SEV HUARASAYCO 5: Se tiene un horizonte saturado de buen espesor (aprox. 20 metros de espesor), seguido de material permeable.

Asimismo, se utilizó el programa IPI2WIN, para realizar una interpretación más gráfica y precisa:

**IMAGEN 55:SECCION GEOELECTRICA SECTOR HUARASAYCO BAJO B**



**TABLA 143: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS**

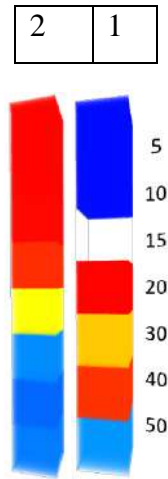
SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad (Ω m)
<b>HUARASAYCO BAJO 3</b>	1 - 15	Horizonte superficial conformado por material permeable, gravas o arenas, las cuales se encuentran en estado seco.	32-39
	15-30	Horizonte con material impermeable, es decir con rocas sedimentarias como lutitas.	39-48
	> 30	Horizonte impermeable formado por rocas mas compactas.	48-60
<b>HUARASAYCO BAJO 5</b>	0-20	Horizonte saturado.	28-29
	20-25	Horizonte saturado de buen espesor.	25-26
	25-40	Horizonte saturado con presencia de arcillas en pequeña cantidad.	22-23
	> 40	Horizonte saturado.	26-29

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 7.2.1.9. SECCIÓN GEO ELÉCTRICA I-I’.

Sección ubicada en sector denominado Markuyo (mk 01 – mk 02) donde se realizaron 3 medidas, en cada una de ellas se realizó una medición longitudinal precisa a distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 50 y 65 metros.

**IMAGEN 56: GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION**



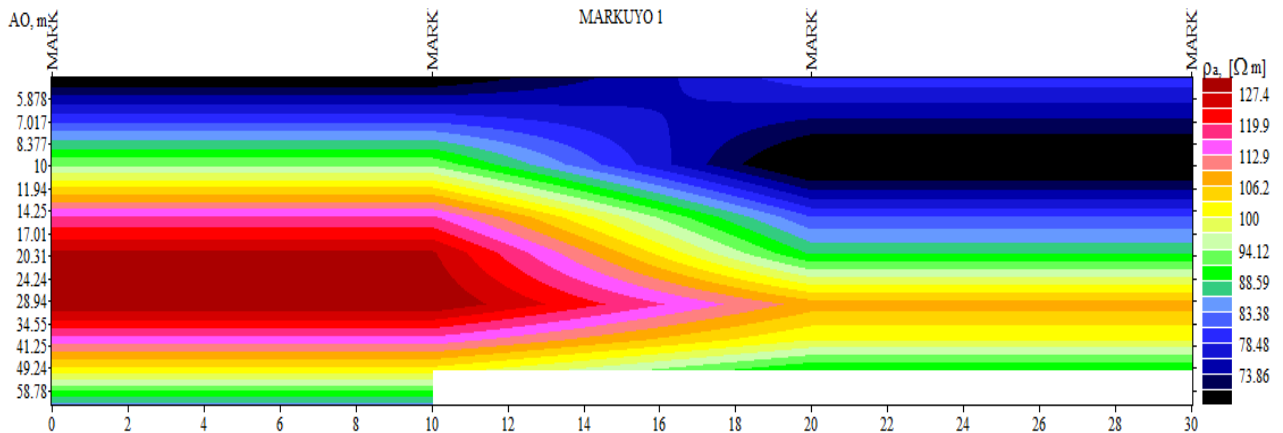
FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN MK A

Del análisis de los perfiles longitudinales se tiene:

- ✓ SEV MARKUYO 1: Se tiene un horizonte saturado en la parte superficial de aprox.10 metros de espesor, seguidos de una capa permeable de 10 metros de espesor, el siguiente horizonte son arcillas, seguidos de material permeable y concluyendo con un horizonte saturado,
- ✓ SEV MARKUYO 2: Material permeable de aprox. 15 metros de espesor, seguido de una capa impermeable, concluyendo con un horizonte saturado de aprox 20 metros de espesor.

Se realizo tambien el respectivo analisis en el programa IPI2WIN ,de lo cual se tiene:

**IMAGEN 57: SECCION GEOLECTRICA SECTOR MARKUYO A**



FUENTE:ELABORACIÓN PROPIA PROCESADO CON EL PROGRAMA IPI2WIN

**TABLA 144: DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELÉCTRICAS**

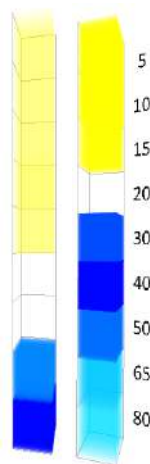
SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad ( $\Omega$ m)
MARKUYO 1	0-3	Horizonte superficial con presencia de lutitas ,con un espesor aprox. de 2 metros.	0-30
	3-20	Horizonte saturado ,seguido de material permeable.	73-83
	20-50	Material impermeable de buen espesor,de aprox. 30 metros.	112-127
	> 50	Horizonte permable.	88-94
MARKUYO 2	0-10	Horizonte saturado .	28-29
	15-20	Horizonte saturado.	73-83
	20-30	Horizonte saturado con presencia de una capa de lutitas de aprox 3 metros.	0-83
	30-40	Material permeable.	88-94
	> 40	Material impemeable posiblemente limolitas.	100-106

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 7.2.1.10. SECCIÓN GEO ELÉCTRICA J-J’.

Sección ubicada en sector denominado Santo Domingo, donde se realizaron 2 medidas, en cada una de ellas se realizó una medición longitudinal precisa a distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 80 metros.

**IMAGEN 58: GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION**

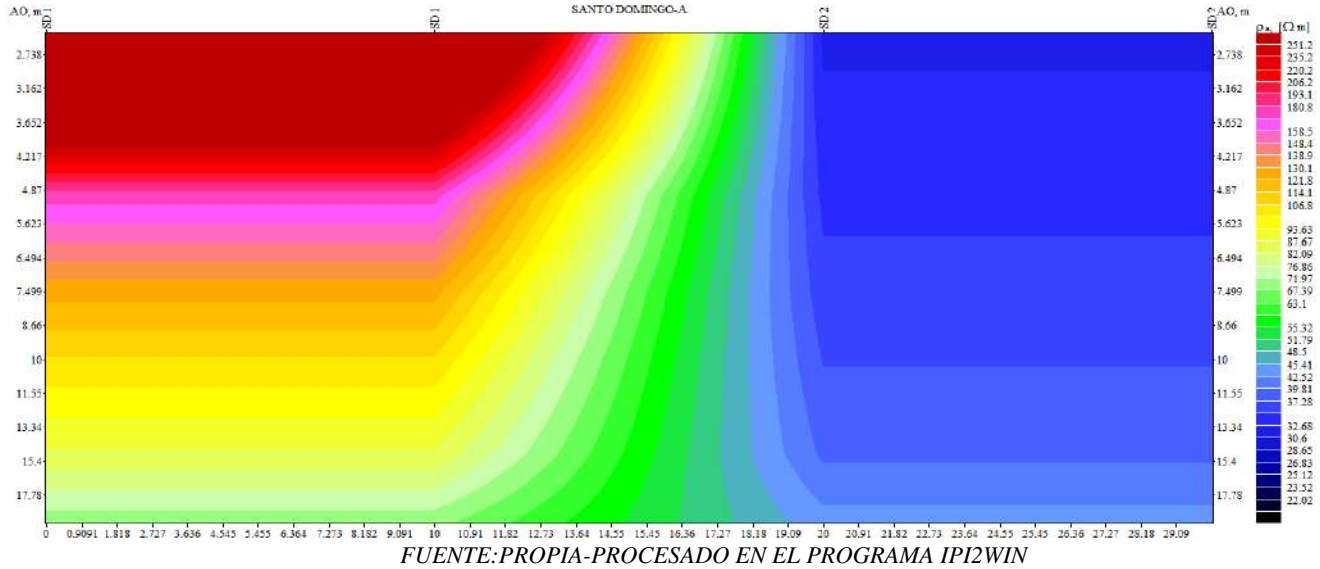


FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN SD A

Del análisis de los perfiles longitudinales, se tiene:

- ✓ SEV SANTO DOMINGO 1: Se tiene un horizonte saturado de buen espesor de aprox.20 metros.
- ✓ SEV SANTO DOMINGO 2: se tiene in horizonte impermeable de arcillas, seguido de un horizonte saturado el cual se encuentra a los 30 metros.

**IMAGEN 59: SECCION GEOELECTRICA SECTOR SANTO DOMINGO A**



**TABLA 145: DESCRIPCION LITOLOGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS**

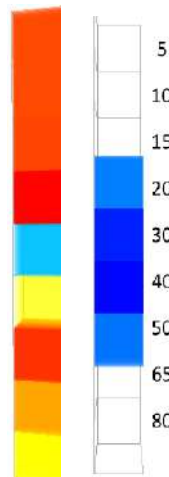
SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad (Ω m)
SANTO DOMINGO 1	5-10	Horizonte superficial con presencia de lutitas saturadas (fracturadas) .	0-30
	10-20	Horizonte saturado.	28-38
	20-30	Material permeable en estado humedo.	43-57
	> 30	Material impermeable.	57-65
SANTO DOMINGO 2	5-30	Horizonte superficial conformado por material permeable,de procedencia aluvial.	43-49
	30-50	Horizonte aislado de material impermeable de lutita ,se encuentra en forma lenticular.	75-100
	50-60	Material permeable rodeando al material lenticular.	43-49
	> 60	Horizonte saturado.	28-37

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 7.2.1.11. SECCIÓN GEO ELÉCTRICA K-K’:

Sección ubicada en sector denominado Santo Domingo, donde se realizaron 2 medidas, en cada una de ellas se realizó una medición longitudinal precisa a distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 80 metros.

**IMAGEN 60: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION:**



*FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN SD B*

Del análisis de los perfiles longitudinales de los diferentes SEVs realizados en este sector, se tiene la siguiente conclusión:

- ✓ SEV SANTO DOMINGO 3: material permeable de aprox. 30 metros de espesor seguido de un horizonte saturado a partir de los 65 metros
- ✓ SEV SANTO DOMINGO 4: Se tiene material permeable seguido de un horizonte saturado a partir de 30 metros seguido por una intercalación de capas impermeables y permeables.

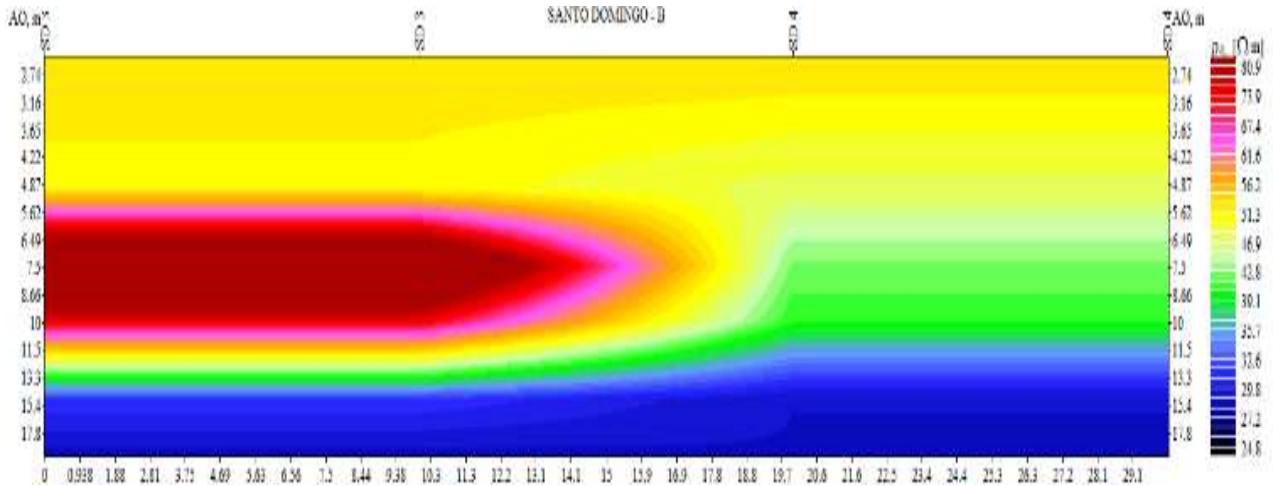
**TABLA 146: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELÉCTRICAS**

SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad ( $\Omega$ m)
SANTO DOMINGO 3	5-20	Horizonte saturado con menor resistividad.	28-32
	> 60	Horizonte saturado con buena resistividad.	35-38
SANTO DOMINGO 4	5-15	Horizonte superficial impermeable.	87-100
	15-30	Horizonte impermeable compuesto por material suelto.	75-87
	30-50	Horizonte compuesto por material impermeable y permeable.	72
	> 50	Horizonte permeable.	50-57

*FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.*



**IMAGEN 61: SECCION GEOELECTRICA SECTOR SANTO DOMINGO B**



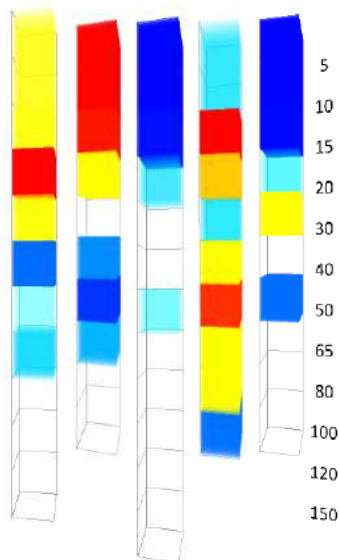
FUENTE: PROPIA-PROCESADO EN EL PROGRAMA IPI2WIN

## 7.2.2. SECCIONES GEOELECTRICAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI – MISKIUNU.

### 7.2.2.1. SECCIÓN GEO ELÉCTRICA A-A´.

Sección ubicada en sector denominado Miskiunu (mk1 –mk 5), donde se realizaron 5 medidas, en cada una de ellas se realizó una medición longitudinal precisa a distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 100 y 120 metros.

**IMAGEN 62: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE LA MEDICION**

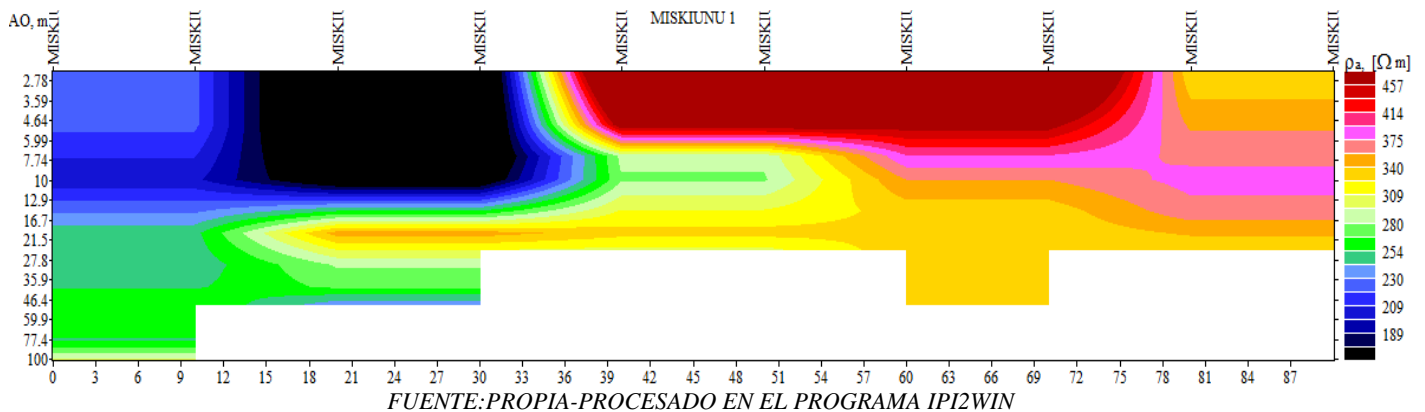


FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN MK

De análisis de los perfiles longitudinales podemos decir que:

- ✓ SEV MISKIUNU 1: Se tiene un horizonte saturado, de aproximadamente 15 metros de espesor, seguido de un nivel de lutitas para luego evidenciar otro horizonte saturado de 10 metros de espesor aprox.
- ✓ SEV MISKIUNU 2: Se tiene el horizonte superficial saturado, seguido de material permeable de 10 metros de espesor aproximadamente seguidos de un horizonte saturado de 10 metros, para luego presenciar un horizonte de lutitas desde los 30 a 100 metros, culminando con un horizonte de agua.
- ✓ SEV MISKIUNU 3: se tiene un horizonte superficial con agua de aproximadamente 15 metros de espesor, cabe mencionar que debajo de este también existe otro cuerpo de agua, pero con diferente resistencia a la anterior.
- ✓ SEV MISKIUNU 4: Se tiene material impermeable de carácter consolidado vale decir roca seguido de material suelto de aproximadamente 5 metros de espesor, luego de esto tenemos un horizonte saturado de buen espesor.
- ✓ SEV MISKIUNU 5: Se observa una capa de arcillas en el horizonte superficial, seguido de material consolidado y posterior capa de arcilla, para luego tener un horizonte saturado de aproximadamente 35 metros de espesor.

**IMAGEN 63: SECCION GEOELECTRICA SECTOR MISKIUNU**



**TABLA 147: DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE ACUERDO A LA SECCIÓN GEOELECTRICA**

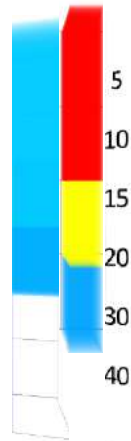
SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad ( $\Omega$ m)
MISKIUNU 1	5-10	Horizonte superficial saturado en el cual se tiene valores de resistividad altas.	230-240
	10-20	Horizonte saturado en donde se observan resistividades medias .	189-209
	20-30	Horizonte saturado con resistividades altas.	230-240
	> 30	Material permeable en estado humedo.	254-280
MISKIUNU 2	5-15	Horizonte superficial con presencia de lutitas.	0-180
	15-20	Horizonte saturado.	28-39
	20-31	Material permeable en estado humedo.	254-280
	> 31	Material impermeable.	309-475
MISKIUNU 3	5-12	Horizonte superficial donde se tienen las resistencias mas altas captadas en esta zona, se trataria de una roca impermeable bien consolidada.	414-457
	10-22	Material impermeable.	375
	20-32	Material permeable.	254-280
	> 32	Material impermeable.	309- 340
MISKIUNU 4	5-13	Horizonte superficial con material compacto, impermeable.	414-457
	10-23	Horizonte impermeable con restos del material anterior.	375-457
	20- > 33	Material impermeable .	309-340
MISKIUNU 5	5-11	Horizonte superficial con material impermeable.	340-375
	10-21	Horizonte impermeable de regular resistividad.	375-414
	20- > 31	Horizonte con material impermeable.	340-375

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 7.2.2.2. SECCIÓN GEO ELÉCTRICA B-B´.

Sección ubicada en sector denominado Hyruyoc (HY 1 – HY 2), donde se realizaron 2 medidas, en cada una de ellas se realizó una medición longitudinal precisa a distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 40 metros.

**IMAGEN 64: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION**



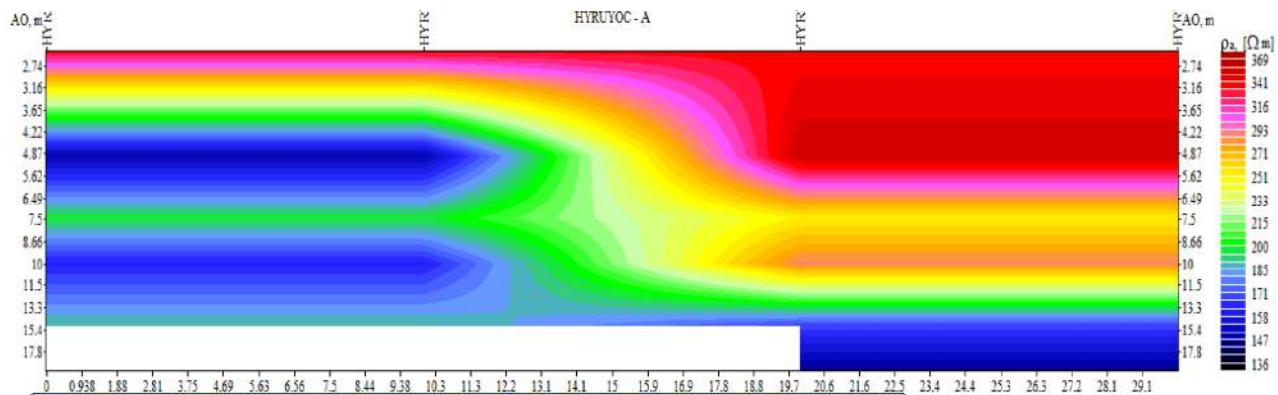
FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN *hy A*

Del análisis de los perfiles longitudinales podemos decir que:

- ✓ SEV HYRUYOC 1: Horizonte superficial con material impermeable de gran potencia, seguido de arcilla y finalmente un horizonte saturado de 10 metros de espesor aprox.
- ✓ SEV HYRUYOC 2: existe un horizonte saturado de gran potencia.

Se realizó la interpretación en el programa IPI2WIN:

**IMAGEN 65: SECCION GEOELECTRICA SECTOR HYRUYOC A**



FUENTE: PROPIA- PROCESADO EN EL PROGRAMA IPI2WIN

**TABLA 148: DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELÉCTRICAS**

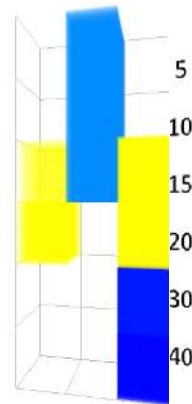
SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad ( $\Omega$ m)
HYRUYOC 1	5-10	Horizonte superficial ,material impermeable de alta resistencia, tratándose de un material compacto.	251-308
	10-20	Horizonte permeable.	205-227
	20-30	Horizonte ligeramente saturado.	151
	30- > 40	Material permeable en estado humedo.	185-205
HYRUYOC 2	5-25	Horizonte superficial con material impermeable el cual presenta resistividades altas.	278-308
	25-30	Horizonte impermeable con bajas resistividades.	251-278
	30-35	Horizonte con material permeable en estado humedo.	167-205
	> 35	Horizonte saturado.	136-151

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 7.2.2.3. SECCIÓN GEO ELÉCTRICA C-C’.

Sección ubicada en sector denominado Hyruyoc (HY 3 – HY 5), donde se realizaron 3 medidas, en cada una de ellas se realizó una medición longitudinal precisa a distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 40 metros.

**IMAGEN 66: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION**



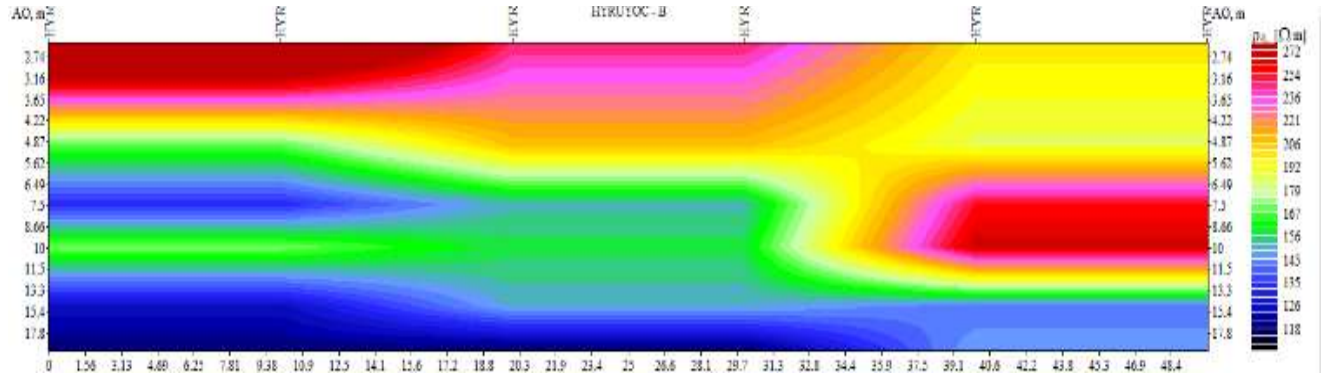
FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN hy B

Del análisis de los perfiles longitudinales de los diferentes SEVs realizados en este sector, se tiene la siguiente conclusión:

- ✓ SEV HYRUYOC 3: se tiene un horizonte impermeable, en la base observa la presencia de un horizonte saturado.

- ✓ SEV HYRUYOC 4: Presencia de un potente horizonte saturado de aprox. 15 metros de espesor.
- ✓ SEV HYRUYOC 5: Horizonte impermeable de arcillas de una potencia de 10 metros de espesor aprox.

IMAGEN 67: SECCION GEOELECTRICA SECTOR HYRUYOC B



FUENTE: PROPIA-PROCESADO EN EL PROGRAMA IPI2WIN

TABLA 149: DESCRIPCION LITOLOGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS

SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad (Ω m)
HYRUYOC 3	5-10	Horizonte superficial donde se aprecian las mayores resistencias.	278-308
	10-20	Horizonte con material permeable.	167-227
	20-35	Horizonte saturado envuelto en material permeable.	123-185
	35-37	Material permeable en estado humedo.	170
	> 37	Horizonte saturado.	123-151
HYRUYOC 4	5-13	Horizonte superficial conformado por material arcillosos impermeable.	227-278
	10-23	Material permeable.	167-205
	20-33	Horizonte saturado con resistividades altas.	136-151
	> 33	Horizonte saturado con bajas resistividades.	123-136
HYRUYOC 5	5-14	Horizonte superficial con material permeable.	185-200
	10-24	Horizonte impermeable.	205-278
	20 - >34	Horizonte saturado envuelto por material permeable.	151-160

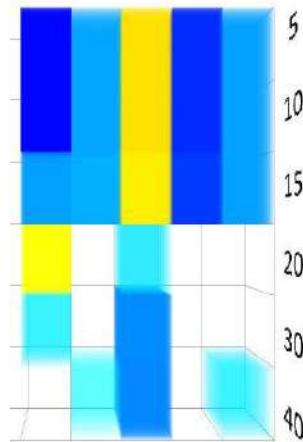
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

#### 7.2.2.4. SECCIÓN GEO ELÉCTRICA D-D’.

Sección ubicada en sector denominado Ccatawi (ct 01 – ct 07), donde se realizaron 2 medidas, en cada una de ellas se realizó una medición longitudinal precisa a distanciamiento de 5 metros y una profundidad de 30 metros.



**IMAGEN 68: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION**



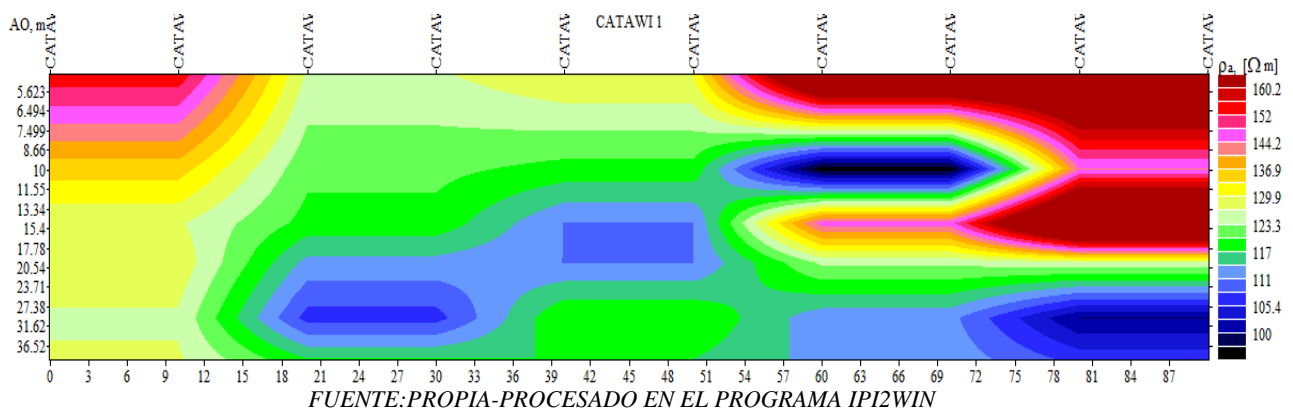
FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN ct 1

Del análisis de los perfiles longitudinales:

- ✓ SEV CATAWI 1: Se tiene que existe dos horizontes saturados de aprox. 35 metros de espesor
- ✓ SEV CATAWI 2: Se tiene un horizonte saturado de aprox.15 metros de espesor
- ✓ SEV CATAWI 3: se tiene una capa de arcilla la cual se encuentra en superficie, seguido de un horizonte saturado
- ✓ SEV CATAWI 4: Horizonte saturado de aprox. 15 metros de espesor.
- ✓ SEV CATAWI 5: Horizonte saturado de aprox. 15 metros de espesor, seguido de una capa de lutitas de 5 metros de espesor para luego verse un horizonte saturado.

Asimismo, se realizó el análisis con el programa IPI2WIN:

**IMAGEN 69: SECCION GEOELECTRICA SECTOR CATAWI**



FUENTE:PROPIA-PROCESADO EN EL PROGRAMA IPI2WIN

**TABLA 150: DESCRIPCION LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELECTRICAS.**

SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad ( $\Omega$ m)
CATAWI1	5-10	Horizonte superficial ,material impermeable .	144-160
	10-20	Horizonte impermeable resisitencia baja.	129-136
	20-30	Horizonte donde se muestra una mezcla entre capas permeables e impermeables.	129-136
	30- > 40	Material permeable.	123
CATAWI2	5-20	Horizonte superficial ,material permeable .	117-129
	20-30	Horizonte saturado.	111
	>30	Horizonte permeable en estado humedo bordeando al horizonte saturado.	111-117
CATAWI3	5-15	Horizonte superficial ,material permeable.	251-310
	15-20	Horizonte permeable en estado humedo bordeando al horizonte saturado.	115-129
	20-30	Horizonte saturado.	105-111
	> 30	Material permeable.	117-129
CATAWI4	5-10	Horizonte superficial ,material impermeable de alta resistencia,tratandose de un material compacto.	144-160
	10-20	Horizonte permeable con algunos rastros de material impermeable.	117-136
	20-30	Horizonte saturado con una pequeña capa de arcillas .	0-105
	30.35	Material impermeable bordeando al horizonte saturado conjuntamente con material permeable.	117-152
	> 35	Horizonte saturado.	111
CATAWI5	5-25	Horizonte superficial ,material impermeable de alta resistencia,tratandose de un material compacto.	152-160
	25-30	Horizonte permeable.	117-129
	> 30	Horizonte saturado.	100-111

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

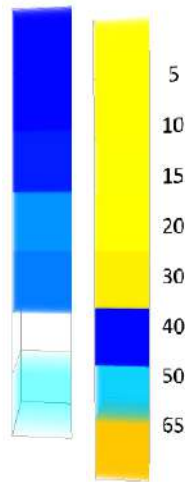


**FOTOGRAFÍA 54: ENSAYO GEOFISICO SEV EN LA MICROCUENCA HYARACHAPI-MISKIUNU.**

### 7.2.2.5. SECCIÓN GEO ELÉCTRICA E-E’.

Sección ubicada en sector denominado Uypiña (uy 01 – uy 02), donde se realizaron 2 medidas, en cada una de ellas se realizó una medición longitudinal precisa a distanciamiento de 10 metros y una profundidad de 50 y 65 metros.

**IMAGEN 70: IMAGEN GENERADA POR EL EQUIPO DESPUES DE REGISTRAR LA MEDICION**



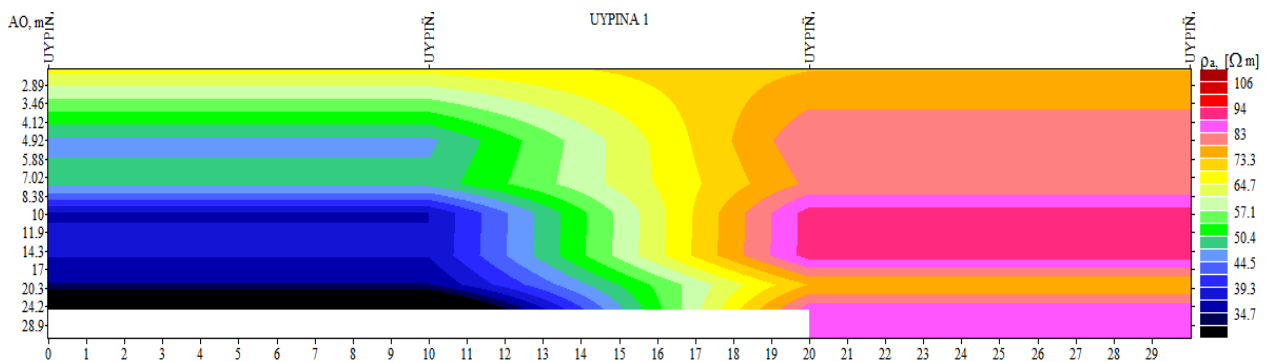
**FUENTE: EQUIPO PROSPECCIÓN GEO ELÉCTRICA- IMAGEN uy 1**

Se puede decir de la interpretación de los perfiles longitudinales:

- ✓ SEV UYPIÑA 1: Se observa un horizonte de muy buen potencial de recurso hídrico de aprox. 40 metros de espesor.
- ✓ SEV UYPIÑA 2: Se aprecia un horizonte de arcillas de aprox. 15 metros de espesor seguido de un horizonte saturado.

Se realizó también el procesamiento de datos con el programa IPI2WIN:

**IMAGEN 71: SECCION GEOELECTRICAS SECTOR UYPIÑA**



**FUENTE: PROPIA- PROCESADO EN EL PROGRAMA IPI2WIN**

**TABLA 151: DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA BASADA EN LAS SECCIONES GEOELÉCTRICAS.**

SEV	Prof. (m)	Descripción litológica	Resistividad ( $\Omega$ m)
UYPIÑA 1	5-10	Horizonte superficial ,material permeable.	57-64
	10-20	Material permeable que se encuentra humedo bordeando a la capa saturada.	50
	20-30	Horizonte ligeramente saturado.	44
	30- 35	Material permeable.	50
	>35	Horizonte saturado,con presencia de arcillas en la base.	0-44
UYPIÑA 2	5-10	Horizonte superficial ,material impermeable.	75
	10-30	Horizonte de material impermeable de alta resitencia.	83-94
	30-40	Horizonte de material impermeable con resistencia baja.	75
	> 40	Horizonte de material impermeable de alta resitencia.	83-94

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA.

### 7.3. ANÁLISIS E INTERPRETACION DE SECCIONES GEO ELÉCTRICAS.

Con la finalidad de interpretar en forma más precisa los resultados de los Sondajes eléctricos verticales (SEV), realizados en las zonas de mayor interés hidrológico de la microcuenca, se procedió a realizar dos interpretaciones que nos permiten analizar la presencia de aguas subterráneas y el material del perfil del suelo:

Este análisis nos permite tener una mayor certeza de la existencia o no de acuíferos de interés hídrico, la profundidad a la que se encuentra y además determinar por la resistividad del material del subsuelo que rodean las zonas saturadas.

#### 7.3.1. RANGO DE RESITIVIDADES.

Con el objeto de llegar a una adecuada interpretación de los valores resistivos, se establece un rango de resistividades propias para el área de estudio, los cuales se describen a continuación:

##### 7.3.1.1. Resistividad de 01 a 20 Ohmios \* metro.

Corresponden a sedimentos finos en general y para los valores menores de 15 Ohmios m, se espera sedimentos estrictamente finos. Son depósitos de materiales de relleno cuaternario con una sedimentación casi uniforme, los cuales indican los medios en la que se formaron (conos aluviales, flujos de lodo llanuras de inundación, etc).

Estratigráficamente conste de sedimentos arcillosos, limosos Estratigráficamente consta de sedimentos arcillosos, limosos, estas resistividades también se dan en horizontes del substratum,

En nuestras áreas de estudio son propias de la formación Murco, dicha formación se encuentra ocupando un pequeño sector en nuestra área de estudio.

#### **7.3.1.2. Resistividad de 20 a 60 Ohmios \* metro.**

Estos valores se consideran características de sedimentos con contenido de arenas y limos, aumentando el porcentaje de arenas a medida en que los valores de resistividad van creciendo. Se caracteriza por la presencia de gravas redondeadas a subredondeadas de matriz limo arenosa, los granos de arena aparentemente tienen composición cuarzo feldespática, porque los valores de resistividad van aumentando.

Este tipo de materiales son característicos de sedimentos de origen aluvial, fluvial coluvial y fluvio aluvial.

Hidrogeológicamente, los sedimentos de este horizonte corresponden al acuífero poroso no consolidado de origen aluvial asimismo al acuífero fisurado, asimismo las zonas con mejores características hidráulicas se encontrarían en aquellas donde los valores resistivos varían de 40 a 60 Ohmios.m.

Asimismo, se aprecian variaciones de resistividad en el contacto del material cuaternario con la Formación Anta en donde la resistividad varia de 45 a 60 Ohmios m.

En nuestra área de estudio se aprecia destacando en los depósitos Aluviales, así como en el contacto de estos con la Formación Anta, se observa en menor porcentaje en los depósitos coluviales.

#### **7.3.1.3. Resistividad 60 a 100 Ohmios \* metro.**

Esta resistividad corresponde a conglomerados los cuales se encuentran intercalados con areniscas feldespáticas lo que nos indica un aumento en la resistividad así mismo se aprecian algunos niveles de limonitas.

Hidrogeológicamente este horizonte corresponde a un acuífero sedimentario fisurado asimismo encontramos que las características hidráulicas se encuentran donde los valores resistivos varían entre 50 a 90 ohmios m

Mientras que semejantes características resistivas se encontraron a profundidades mayores a 100 m lo cual correspondería al basamento rocoso, que en este caso pertenecen al Grupo Mitu. En la zona de estudio estas resistividades corresponderían a la Formación Anta y Arcurquina.

#### **7.3.1.4. Resistividad 100 a 350 Ohmios \* metro.**

Esta resistividad corresponde a material como son areniscas del tipo grauvacas con contenido variable, observado variaciones que nos indicarían la presencia de cuarzo y fragmentos volcánicos

Hidrogeológicamente este horizonte pertenece a un acuífero fisurado volcano-sedimentario, con buenas características hidráulicas debido al fractura miento que presentan en donde las mejores condiciones se observan entre resistividades que varían entre 150 a 300 Ohmios m. En la zona de estudio estas resistividades se correlacionan con el Grupo Mitu

#### **7.3.1.5. Resistividad 350 a más Ohmios \* metro.**

Estas resistividades corresponden a materiales líticos es decir más compactos tales como intrusivos, lo cual se relaciona con el Plutón de Pomacanchi el cual constituye una parte del batolito de Apurímac.

Geológicamente nos encontramos en el substratum, en donde encontramos resistividades que sobrepasan los 900 Ohmios m.

### **7.4. RESISTIVIDADES DEL HORIZONTE SATURADO.**

La resistividades y espesores del acuífero, se dividió según las áreas prospectadas, las cuales presentan condiciones geoelectricas aceptables las cuales son favorables para la explotación de agua subterránea.

Para lo cual se hizo la diferenciación de estas zonas según la microcuenca en estudio

#### **7.4.1. ZONA I: Microcuenca Santo Domingo-Acopia.**

En esta zona se identificó sectores aprovechables hídricamente como la Pampa y Qhapaq Ñan, las resistividades eléctricas fluctúan entre 50 y 69 Ohm.m, con espesores saturados que varían entre 5 a 50 metros de espesor, observándose condiciones favorables a partir de los 14 y 40 metros Por otro lado, los sectores de Huarasayco bajo en donde las resistividades fluctúan entre 40 y 50 Ohm.m se encuentran horizontes con espesores hasta de 40 metros, encontrándose estos favorables a partir de los 15 metros; observándose así una zona donde existe un buen espesor, pero este sería por aporte del rio Millera.



En los sectores de Markuyo y Santo Domingo, se encontró sectores en donde el horizonte saturado llega hasta los 15 metros, con resistividades que varían entre 28 a 40 Ohm.m, siendo esos sectores donde se presenta la menor potencia de agua.

#### **7.4.2. ZONA II.: Microcuenca Huayrachapi –Miskiunu.**

En el sector de Miskiunu se resistividades muy altas correspondientes al Grupo Mitu, y horizontes saturados donde la resistencia varía entre 20 a 40 Ohm.m donde las condiciones favorables se encuentran a partir de los 10 a 30 metros de profundidad donde se encuentran espesores de 5 a 10 metros.

Por otro lado, en el sector Hyruyoc se observan resistividades altas, pero se observa un cambio en los horizontes saturados en los cuales las resistividades son regulares y varían entre 130 y 150 Ohm.m en donde los espesores varían entre 5 y 30 metros y las condiciones favorables se encuentran entre 20 y 30 metros de profundidad

En los sectores de Ccatawi y Uypiña, se observan resistencias relativamente más bajas que las encontradas en los sectores anteriores, el horizonte saturado tiene un espesor de 10 a 25 metros, y una resistencia que varía entre 105-115 Ohm.m

### **7.5. ESPESORES DEL HORIZONTE SATURADO.**

El análisis permite determinar que está conformado mayormente por una capa geoelectrica, cuyas características son las siguientes:

#### **7.5.1. ZONA I: Microcuenca Santo Domingo-Acopia.**

El horizonte inferior en Huarasayco bajo presenta espesores que varían entre 13 y 20 m. fluctuando sus resistividades de 20 a 50 Ohm.m; en Markuyo con espesores de 10 a 15 m. y resistividades de 20 a 80 Ohm.m; mientras que y Santo Domingo presenta valores entre 70 y 100 Ohm.m y espesores de 8 a 25 m.

Mientras que el sector con mejor capacidad hídrica La Pampa se tienen espesores que varían de 5 a 25m con resistividades que van de 20-60 Ohm.m

### **7.5.2. ZONA II.: Microcuenca Huayrachapi –Miskiunu.**

En el sector Miskiunu presenta resistividades de entre 238 Ohm.m y 341 Ohm.m, con espesores que varían entre 13 y 25 m; mientras que en los sectores Hyruyoc, Ccatawi y Uypiña, este horizonte es de gran potencia (8 a 22 m) con resistividades que varían entre 31 y 110 Ohm.m.

### **7.6. GEOMETRÍA DEL RESERVORIO.**

Basado en el levantamiento geológico – geomorfológico del área de estudio y de las observaciones realizadas en el campo, se ha determinado que el acuífero está constituido principalmente por sedimentos de la formación Anta, Arcurquina y Mitu así como depósitos aluviales y coluviales de edad cuaternaria reciente y en menor proporción por material ígneo fracturado.

### **7.7. FORMA Y LIMITES.**

El acuífero está constituido principalmente por depósitos sedimentario cuaternarios, siendo el agente responsable de su formación el sistema de fallas existentes en el lugar.

El acuífero tiene forma de abanico y se encuentra delimitado por afloramientos rocosos representado en los sectores de la Pampa, Qhapaq Ñan (Microcuenca Santo Domingo-Acopia) y Miskiunu (Microcuenca Huayrachapi-Miskiunu).

### **7.8. DIMENSIONES.**

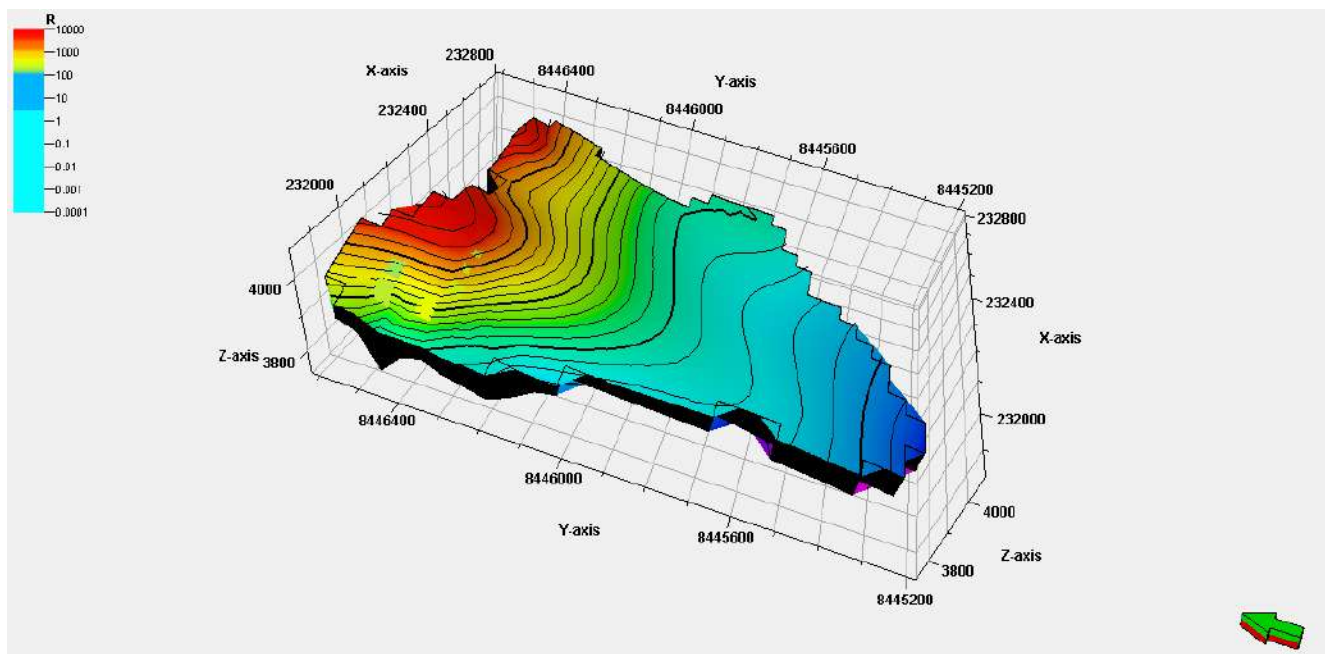
El acuífero presenta diversas dimensiones, así en el sector I, tiene un ancho promedio de 100 m el mismo que se va incrementando progresivamente hasta alcanzar una longitud de 9,000 m entre los sectores de la pampa y Qhapaq Ñan.

Entre el sector II; tiene un ancho promedio de 100 m el mismo que se va incrementando progresivamente hasta alcanzar una longitud de 4,000 m entre los sectores de Miskiunu, Hyruyoc y Ccatawi.

Asimismo, del procesamiento de la información obtenida de los SEVs se tiene que en la Microcuenca Santo Domingo-Acopia se tienen un volumen bruto saturado de 518.11 Hm<sup>3</sup> y en la Microcuenca Huayrachapi-Miskiunu un volumen saturado bruto de 1347.15 Hm<sup>3</sup>.

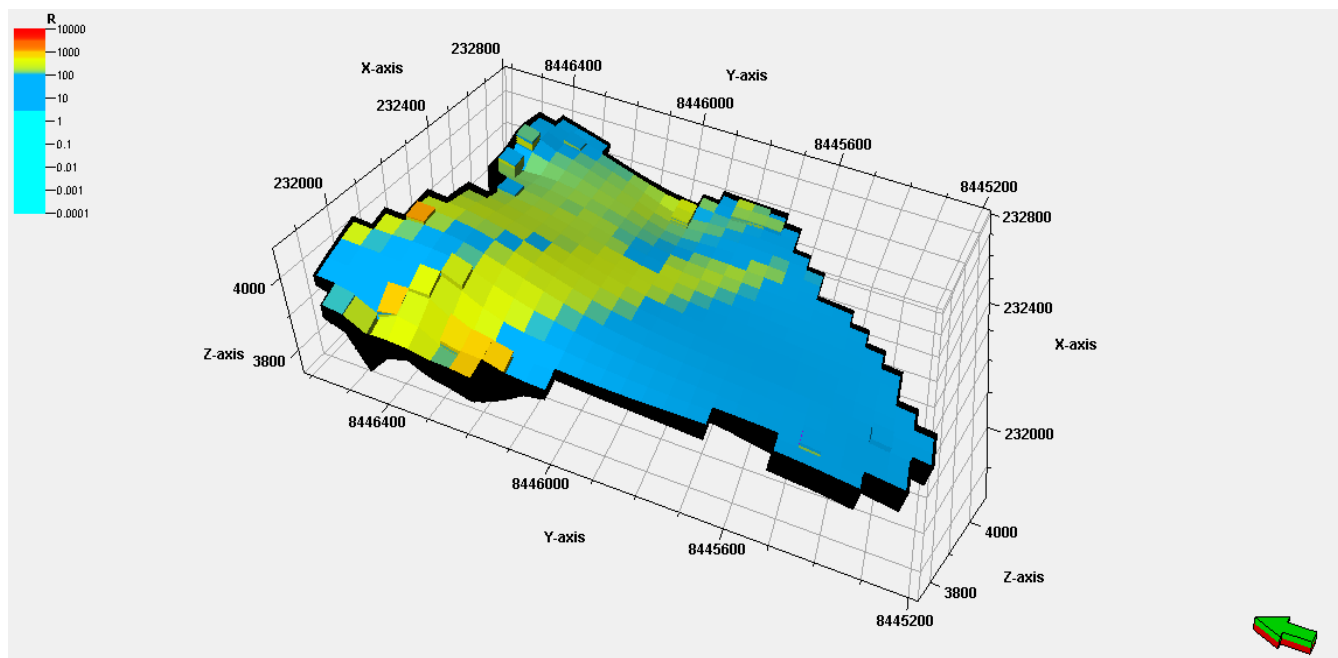
Para definir y tener una mejor visión de lo explicado anteriormente, se muestra dos modelos 3D, generados con el programa OASIS MONTAJ:

**IMAGEN 72: MODELO 3D MOSTRANDO LA GEOMETRIA DEL ACUIFERO (MIROCUECNA HUAYRACHAPI-MISKIUNU).**



FUENTE: ELABORACION PROPIA UTILIZANDO EL SOFTWARE OASIS MONTAJE.

**IMAGEN 73: MODELO 3D DE LA ZONA SATURADA DEL ACUIFERO.**



FUENTE: ELABORACION PROPIA UTILIZANDO EL SOFTWARE OASIS MONTAJE

## **7.9. EL MEDIO POROSO.**

### **7.9.1. LITOLOGÍA.**

Basándose en el resultado del estudio geológico –geomorfológico del lugar y el análisis de los perfiles litológicos, ha sido posible conocer la litología del acuífero, así como también sus características.

El acuífero está constituido principalmente por materiales conformado por bloques, cantos, guijarros, gravas, arenas, arcillas y limos entremezclados en diferentes proporciones formando horizontes de espesores variables, los mismos que se presentan en forma alternada en sentido vertical.

### **7.9.2. NAPA FREÁTICA**

En la Microcuenca Santo Domingo-Acopia, la napa freática contenida en el acuífero es libre, siendo sus fuentes de alimentación; las aguas que se infiltran de la parte alta (zona húmeda), las aguas que se infiltran a través de las fisuras producto del tectonismo andino.

### **7.9.3. PROFUNDIDAD DEL TECHO DE LA NAPA**

En la zona de estudio la napa freática contenida en el acuífero es libre; siendo sus fuentes de alimentación, las aguas que se infiltran de la parte alta (zona húmeda) que se infiltran a través de las fisuras producto del tectonismo

#### **7.9.3.1. ZONA I: Microcuenca Santo Domingo-Acopia.**

En esta microcuenca, la profundidad del nivel de agua subterránea fluctúa en el sector denominado La Pampa entre 10 y 15 metros, sin embargo, en el sector Qhapaq Ñan varían entre los 12.50 metros.

En el sector Huarasayco bajo y Markuyo fluctúan entre 0.50 y 7.82 metros de profundidad, sin embargo, en el sector Santo Domingo este nivel se ubica a 1.50 metros de profundidad.

#### **7.9.3.2. ZONA II.: Microcuenca Huayrachapi –Miskiunu.**

En los sectores de Miskiunu este nivel varía entre los 10 y 24 metros de profundidad, en el sector de Hyruyoc y Ccatawi el nivel de agua fluctúa entre 0.50 y 10 metros

Sin embargo, en el sector de Uypiña este nivel se encuentra a 1.25 m.

## 7.10. INTEPRETACION DE LAS SECCIONES GEOLECTRICAS:

Se realizaron secciones geoelectricas con el fin de localizar el recurso hídrico en profundidad, el volumen de este y el tipo de acuífero que existe.

A continuación, se muestran cuadros donde se muestra la información interpretada utilizando métodos indirectos (SONDEO ELECTRICO VERTICAL) VER ANEXOS

### 7.10.1. MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA:

**TABLA 152: INTERPETACION DE LA SECCION PAMPA 01**

ITEM	LITOLOGIA	RESISTIVIDAD	INTERPRETACION	TIPO DE ACUIFERO
P 01	Conglomerados	75-84	Formacion Anta	Acuifero sedimentario fisurado
P 01	Arenas-Arcillas	67-72	Formacion Anta-Cuaternario Aluvial	
P 01	Arenas	54-64	Formacion Anta-Cuaternario Aluvial	Acuifero poroso no consolidado de origen
P 01	Lutitas	0-62	Formacion Murco	
P 01	Lutitas	0-62	Formacion Murco	
P 01	Arenas saturadas	56-64	Formacion Anta-Cuaternario Aluvial	Acuifero poroso no consolidado de origen

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 153: INTERPRETACION DE LA SECCION PAMPA 02**

ITEM	LITOLOGIA	RESISTIVIDAD	INTERPRETACION	TIPO DE ACUIFERO
P 02	Material igneo fracturado	100-193	Intrusivo fracturado	acuifero fisurado volcanico
P 02	Material igneo	470-560	Intrusivo	
P 02	Arcilla	0-26	Formacion Murco	
P 02	Arcilla	0-26	Formacion Murco	
P 02	Material gravoso saturado	26-63	Formacion Anta-Cuaternario Aluvial	Acuifero poroso no consolidado de origen

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 154: INTERPRETACION DE LA SECCION SANTO DOMINGO 01**

ITEM	LITOLOGIA	RESISTIVIDAD	INTERPRETACION	TIPO DE ACUIFERO
SD 01	Material aluvial	0-49	Cuaternario Aluvial	Acuifero poroso no consolidado de origen
SD 01	Material igneo	43-65	Intrusivo fracturado	
SD 01	Material aluvial	28-57	Cuaternario Aluvial	Acuifero poroso no consolidado de origen
SD 01	Areniscas	75-100	Formacion Anta	Acuifero sedimentario fisurado

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 155: INTERPRETACION DE LA SECCION SANTO DOMINGO 02**

ITEM	LITOLOGIA	RESISTIVIDAD	INTERPRETACION	TIPO DE ACUIFERO
SD 02	Areniscas	72-100	Formacion Anta	Acuifero sedimentario fisurado
SD 02	Material aluvial	28-32	Cuaternario Aluvial	Acuifero poroso no consolidado de origen
SD 02	Material aluvial	35-57	Cuaternario Aluvial	

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 156: INTEPRETACION DE LA SECCION HUARASAYCO BAJO 01**

ITEM	LITOLOGIA	RESISTIVIDAD	INTERPRETACION	TIPO DE ACUIFERO
HB 01	Areniscas	50-56	Formacion Anta	
HB 01	Areniscas	45-49	Formacion Anta	
HB 01	Areniscas fracturadas	41-44	Formacion Anta	Acuifero sedimentario fisurado
HB 01	Calizas	42-50	Formacion Arcurquina	Acuifero sedimentario karstico

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA

## 7.10.2. MICROCUENCA HUAYRCACHAPI-MISKIUNU:

**TABLA 157:INTERPRETACION DE LA SECCION UYPIÑA 01**

ITEM	LITOLOGIA	RESISTIVIDAD	INTERPRETACION	TIPO DE ACUIFERO
UY 01	Areniscas	93-94	Grupo Mitu	
UY 01	Areniscas	75	Grupo Mitu	
UY 01	Calizas	57-64	Formacion Arcurquina	Acuifero sedimentario karstico
UY 01	Material coluvial	44	Cuaternario Coluvial	
UY 01	Material coluvial	50	Cuaternario Coluvial	
UY 01	Material coluvial	50	Cuaternario Coluvial	Acuifero poroso no consolidado de origen
UY 01	Lutitas	0-44	Formacion Murco	
UY 01	Material coluvial	44	Cuaternario Coluvial	
UY 01	Areniscas	83-94	Grupo Mitu	
UY 01	Areniscas fracturadas	75	Grupo Mitu	acuifero sedimentario fisurado

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA



**TABLA 158: INTERPRETACION DE LA SECCION CCATAWI 01**

ITEM	LITOLOGIA	RESISTIVIDAD	INTERPRETACION	TIPO DE ACUIFERO
CT01	Areniscas	129-160	Grupo Mitu	
CT01	Areniscas	100-111	Grupo Mitu	acuífero sedimentario fisurado
CT01	Areniscas	111	Grupo Mitu	acuífero sedimentario fisurado
CT01	Material igneo	144-160	Intrusivo	
CT01	Areniscas	117-152	Grupo Mitu	acuífero sedimentario fisurado

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 159:INTERPRETACION DE LA SECCION HYRUYOC 01**

ITEM	LITOLOGIA	RESISTIVIDAD	INTERPRETACION	TIPO DE ACUIFERO
HY 01	Areniscas	185-308	Grupo Mitu	
HY 01	Areniscas fracturadas	123-200	Grupo Mitu	acuífero sedimentario fisurado
HY 01	Areniscas	151-169	Grupo Mitu	
HY 01	Areniscas fracturadas	170	Grupo Mitu	acuífero sedimentario fisurado

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 160: INTERPRETACION DE LA SECCION MISKIUNU 01**

ITEM	LITOLOGIA	RESISTIVIDAD	INTERPRETACION	TIPO DE ACUIFERO
M 01	Areniscas	230-457	Grupo Mitu	
M 01	Areniscas	28-240	Grupo Mitu	acuífero sedimentario fisurado
M 01	Material igneo	309-475	Intrusivo	

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA

## CAPITULO VIII: HIDROQUÍMICA

### 8.1. GENERALIDADES.

Todo estudio hidrogeológico debe incluir el capítulo de hidrogeoquímica o calidad de agua, cuya ejecución y posterior análisis permitirá conocer las características químicas actuales del agua almacenada en el acuífero, y la evolución que experimenta con relación a su concentración salina.

El agua subterránea pura no existe en la naturaleza ya que este elemento es el solvente más abundante, capaz de incorporar gran cantidad de sustancias al estar en contacto con los terrenos por los cuales circula. Con frecuencia se piensa únicamente en la cantidad de agua disponible, sin embargo, su calidad también es un factor de gran trascendencia ya que puede decidir si es apta o no para cierto uso, o si su tratamiento correctivo necesario va a ser económicamente viable.

La calidad del agua subterránea depende mucho de las condiciones del acuífero, de su litología, de la velocidad de circulación, de la calidad del agua de infiltración, de los factores hidrodinámicos, y de las actividades humanas a través de la producción de desechos y residuos que pueden producir contaminaciones cuyos alcances son a veces insospechados.

En las Tablas resumidas se presenta, la principal información físico-química, biológica y de iones mayoritario que se ha recopilado referente a la hidroquímica de los recursos hídricos subterráneos captados en los manantes de las microcuencas Santo Domingo-Acofia y Huayrachapi-Miskiunu.

En la zona en estudio se procedió a tomar tres muestras representativas en diferentes sectores, se procedió a preservar en contenedores para una buena conservación y luego ser analizadas en un laboratorio de análisis de agua. Esta forma de muestreo ha seguido las recomendaciones y protocolos según la Norma “Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de Recursos Hídricos Superficiales” según la DIGESA y Decreto Ley N° 17752 “Ley General de Aguas”, el muestreo según esta norma se dio con las siguientes características:

- ✓ **Muestra microbiológica:** se realizó a una profundidad de 15 a 25 cm. preservando la muestra en frascos de vidrio y esterilizados de ½ litro a 1 litro de capacidad, la toma de muestra es directa dejando un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo.
- ✓ **Muestras para los parámetros Físicos e iones:** Se utilizo frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1/2 litro de capacidad, se enjuaga tres veces, no requiriendo preservación y conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

- ✓ **Muestras para parámetro Dureza Total y Cálctica:** Se utilizo frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1/2 litro de capacidad se enjuaga tres veces para luego preservarlos y conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

La información incluida en este capítulo adjunta los resultados que fueron analizadas en el laboratorio del Ministerio de Salud Cusco.



*FOTOGRAFÍA 55: TOMA DE MUESTRAS DE AGUA DE FUENTE DE MANANTE*



**FOTOGRAFÍA 56: TOMA DE MUESTRA DE AGUA EN EL MANANTE MISKIUNU.**



**FOTOGRAFÍA 57: PRESERVACION DE MUESTRAS TOMADAS EN CAMPO PARA SU RESPECTIVO ANALISIS EN LABORATORIO.**

### **8.1.1. TEMPERATURA.**

Según Catalán (1969), la temperatura de las aguas subterráneas depende de las características del terreno que drenan, pudiendo ser influenciada, entre otras causas, por la naturaleza de las rocas, siendo además función de la profundidad. La variación está en relación con la capacidad de la capa acuífera y con los aportes extraños que puedan existir, ya sea por infiltración directa o por aportes subterráneos.

### **8.1.2. COLOR.**

Se debe a la absorción de luz, en el rango de mayor longitud de onda. Está determinada por la presencia de materiales en suspensión o disueltos en ella. El color debe determinarse antes que la turbidez., no existe una relación directa entre color y grado de contaminación, pues al tratarse de un parámetro fuertemente influido por interferencias con otras sustancias coloreadas, es difícil su evaluación absoluta.

Dado que muchas de las sustancias coloreadas se degradan con el tiempo, la determinación del color se debe realizar en las veinticuatro horas posteriores a la toma de muestra, conservándose las mismas refrigeradas (2-5 °C) y en la oscuridad. La determinación del color se efectúa visualmente empleando luz diurna difusa sobre fondo blanco, o mediante el uso de un espectrofotómetro visible.

### **8.1.3. OLOR.**

Generalmente los olores son producidos por sustancias volátiles (COV's) o gaseosas (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, etc.), y suelen ser debidos a materia orgánica en descomposición o productos químicos producidos o empleados en la industria y tratamiento de aguas residuales. El olor se determina por sucesivas diluciones de la muestra original con agua inodora (T<sup>a</sup> ≈ 40 °C) hasta que es indetectable (umbral de percepción), siendo un ensayo muy subjetivo y de escasa reproducibilidad. Las muestras deben conservarse en vidrio un máximo de 6 h a 2-5 °C.

### **8.1.4. SABOR.**

Suele estar íntimamente asociado al olor (respuesta fisiológica parecida). Algunas sustancias, como es el caso de sales de cobre, zinc o hierro, pueden modificar el sabor, sin alterar el color del efluente. Su determinación se efectúa, al igual que el olor, por dilución hasta determinar



el umbral de percepción y sólo se realizará con muestras que sean sanitariamente aptas para consumo humano

#### **8.1.5. TURBIDEZ Y SEDIMENTACIÓN.**

La turbidez está determinada por la presencia de partículas en suspensión (limo, arcilla, sales de hierro, materia orgánica, etc.). Cuando las partículas, por su tamaño, se depositan rápidamente se producirá sedimentación. En el caso de represas o embalses, este proceso es importante ya que disminuye la vida útil de los mismos.

La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Los estándares internos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) establecen que las aguas de consumo humano deben tener preferentemente una UNT y en ningún caso más de 5 UNT. Las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá y las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan como valor guía 5 UNT. La OMS indica, sin embargo, que, para una desinfección eficiente, el agua filtrada debería tener una turbiedad promedio menor o igual a una UNT.

#### **8.1.6. OXÍGENO DISUELTO (OD).**

Es un parámetro indicativo de la calidad de un agua. Se determina “in situ” mediante electrodo de membrana (UNE-EN 25814:1994) o por yodometría fijando el oxígeno con sulfato de magnesio (UNE-EN 25813:1994), expresándolo como mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua. Deben tomarse las debidas precauciones para no arrastrar ni disolver oxígeno del aire durante la manipulación de la muestra, efectuándose el ensayo antes de cuatro días, conservando las muestras en recipientes de vidrio en ausencia de luz.

#### **8.1.7. SÓLIDOS Y RESIDUOS.**

Se denomina así a los residuos que se obtienen como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada. Según el tipo de asociación con el agua, los sólidos pueden encontrarse suspendidos o disueltos.



Es necesario aclarar que las pruebas analíticas para determinar las formas de los residuos no determinan sustancias químicas específicas y solo clasifican sustancias que tienen propiedades físicas similares y comportamiento semejante frente a las diferentes condiciones ambientales.

## 8.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS.

### 8.2.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.

Los parámetros químicos están relacionados con los agroquímicos, metales pesados y desechos tóxicos. Este tipo de contaminación es más usual en las aguas subterráneas en comparación con las aguas superficiales. Relacionado por la dinámica del flujo de agua, los contaminantes son más persistentes y menos móviles en el agua subterránea, como es el caso de la contaminación con nitratos por su movilidad y estabilidad, por la presencia de asentamientos urbanos o actividades agrícolas aledañas (Canter 2000).

Asimismo, la composición litológica de las rocas se ve influenciada por sus elementos químicos, pudiendo caracterizar la salinidad, sabor y hasta color, tal como se muestra en la tabla N°161.

**TABLA 161: TIPO DE COMPOSICION Y ACIDEZ EN ROCAS**

INFLUENCIA LITOLÓGICA SOBRE LA COMPOSICION DE AGUAS SUBTERRANEAS	
ROCA	TIPO DE COMPOSICION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS
<b>ARENISCA</b>	Baja salinidad (300-500 mg/l); $\text{HCO}_3^-$ anión dominante; $\text{Na}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en concentraciones similares; buen sabor.
<b>CALIZA</b>	Baja salinidad (500-800 mg/l); $\text{HCO}_3^-$ anión dominante; $\text{Ca}^{2+}$ catión dominante; buen sabor.
<b>DOLOMIA</b>	Baja salinidad (500-800 mg/l); $\text{HCO}_3^-$ anión dominante; $\text{Mg}^{2+}$ igual a $\text{Ca}^{2+}$ ; buen sabor.
<b>GRANITO</b>	Baja salinidad (300 mg/l); $\text{HCO}_3^-$ anión dominante; $\text{Ca}^{2+}$ y $\text{Na}^+$ cationes dominantes; muy buen sabor.
<b>BASALTO</b>	Baja salinidad (400 mg/l); $\text{HCO}_3^-$ anión dominante; $\text{Na}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ igualmente importante; buen sabor.
<b>ESQUISTO</b>	Baja salinidad (300 mg/l); $\text{HCO}_3^-$ anión dominante; $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ cationes dominantes; buen sabor.
<b>MARGA</b>	Media salinidad (1200 mg/l); $\text{HCO}_3^-$ y $\text{Cl}^-$ aniones dominante; $\text{Na}^+$ y $\text{Ca}^{2+}$ cationes dominantes; sabor pobre pero potable.
<b>ARCILLA Y CIENO</b>	Contiene frecuentemente sal y yeso de roca. Alta salinidad (900-2000 mg/l); $\text{Cl}^-$ anión dominante, seguido por $\text{SO}_4^{2-}$ ; $\text{Na}^{2+}$ catión dominante; pobre sabor, a veces no potable.
<b>YESO/ANHIDRITA</b>	Alta salinidad (2000-4000 mg/l); $\text{SO}_4^{2-}$ anión dominante; $\text{Ca}^{2+}$ catión dominante, seguido por $\text{Mg}^{2+}$ o $\text{Na}^{2+}$ ; acre, no potable.

FUENTE: POSTGRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA APLICADO A EXPLORACION Y EXPLOTACION MINERA-UNMSM-2019

La composición química del agua en las muestras analizadas presenta elementos mayoritarios como:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{NH}_4^+$ ; entre los cationes, y entre los aniones tenemos:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{=}$  y  $\text{CaCO}_3^-$ . Así mismo se han determinado algunos parámetros como: Conductividad eléctrica, pH, Total de sólidos disueltos y la Temperatura. Estos valores se muestran en la tabla N°162.

**TABLA 162: RESULTADOS DE LABORATORIO Y COMPOSICION FISICO QUIMICA DE LAS AGUAS.**

N° DE MUESTRA	NOMBRE DEL MANANTE	PH	C.E. (µs/cm)	S.T.D. (mg/l)	T (°C)	IONES									
						CATIONES (mg/l)					ANIONES(mg/l)				
						Ca <sup>++</sup>	Na <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1	Phosqo Pucyu	6.93	2776	1387	18	877.00	212.00	24.50	167.20	1.62	388.00	308.00	121.50	62.00	1045.00
2	Yana curo	8.01	516	258	17.8	188.10	4.15	0.39	62.70	0.45	164.00	41.63	6.90	32.80	229.90
3	Miski uno	8.3	274	136.9	18	83.60	2.31	1.05	41.80	0.91	92.00	13.70	3.90	14.10	146.30

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 8.2.2. CONVERSIÓN DE (mg/l) A UNIDADES ABSOLUTAS (meq/l).

Los resultados de los análisis químicos realizados en el laboratorio se expresan en miligramo por litro (mg/l), con la finalidad de combinar en una unidad de masa determinada, se transforma estos valores con él término de equivalente por litro. (meq/l).

Para la conversión de estas unidades, se utilizó la tabla N°163:

**TABLA 163: EQUIVALENTES DE ANIONES Y CATIONES**

Cationes	Masa Atómica	Valencia	Equivalente
Ca <sup>++</sup>	40.08	2	20.04
Mg <sup>++</sup>	24.3	2	12.15
Na <sup>+</sup>	22.99	1	22.99
K <sup>+</sup>	39.1	1	39.1
Aniones	Masa Atómica	Valencia	Equivalente
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	61	1	61
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	24	2	12
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	62	1	62
Cl <sup>-</sup>	35.45	1	35.45

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El equivalente Químico; viene a ser el cociente entre la masa atómica del elemento considerado y su valencia.

$$\text{Equivalente} = \text{Masa Atómica} / \text{Valencia}$$

Con los resultados obtenidos y convertidos en meq/l. la suma de los Cationes y Aniones no son iguales (ver Tabla N°164). Esta diferencia refleja que la muestra probablemente tenga un ligero

grado de error, que procede de los análisis efectuados en el laboratorio o de la toma de muestra en el campo, donde puede influir la temperatura ambiental. Sin embargo, estos errores se encuentran dentro de un rango permisible.

**TABLA 164: RESULTADOS DE LABORATORIO EN meq/l**

FUENTE O MANANTE	PHOSQO PUCYU	YANACURO	MISKIUNU	
<b>CATIONES (meq/l)</b>	Ca <sup>++</sup>	43.7625	9.3862	4.1717
	Na <sup>++</sup>	9.2214	0.1805	0.1005
	K <sup>+</sup>	0.6266	0.0100	0.0269
	Mg <sup>++</sup>	13.7613	5.1605	3.4403
	Na <sup>++</sup> K <sup>+</sup>	9.8480	0.1905	0.1273
	<b>SUMA</b>	<b>77.2198</b>	<b>14.9277</b>	<b>7.8667</b>
<b>ANIONES (meq/l)</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6.3607	2.6885	1.5082
	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	25.6667	3.4692	1.1417
	Cl <sup>-</sup>	3.4274	0.1946	0.1100
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.0000	0.5290	0.2274
	Cl <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4.4274	0.7237	0.3374
	<b>SUMA</b>	<b>40.8820</b>	<b>7.6050</b>	<b>3.3247</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 8.2.3. CLASIFICACION POR IONES PREDOMINANTES:

Para comparar la composición iónica de las muestras de agua, se debe calcular entre ellas el porcentaje de cada elemento en relación a la concentración en equivalente C

$$C = \text{Cationes} + \text{Aniones}$$

Obteniendo el equivalente C en relación porcentual (%), se tiene la tabla N°165:

**TABLA 165: COMPOSICION QUIMICA DE LAS AGUAS EN PORCENTAJE**

FUENTE O MANANTE	PHOSQO PUCYU	YANACURO	MISKIUNU	
<b>CATIONES (%)</b>	Ca <sup>++</sup>	37.05486383	41.65596539	37.27561833
	Na <sup>++</sup>	7.80800774	0.801115715	0.89782006
	K <sup>+</sup>	0.530557762	0.044266377	0.239954466
	Mg <sup>++</sup>	11.65207686	22.90220978	30.7408803
	Na <sup>++</sup> K <sup>+</sup>	8.338565502	0.845382091	1.137774526
	<b>SUMA</b>	<b>65.3840717</b>	<b>66.24893935</b>	<b>70.29204768</b>
<b>ANIONES (%)</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5.385738169	11.93163992	13.47641227
	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	21.73265651	15.3961201	10.20130229
	Cl <sup>-</sup>	2.902039932	0.86381149	0.983025228
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.846726877	2.347838823	2.032093652
	Cl <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3.748766809	3.211650313	3.01511888
	<b>SUMA</b>	<b>34.6159283</b>	<b>33.75106065</b>	<b>29.70795232</b>
<b>SUMA CATIONES Y ANIONES</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

A partir de este cuadro se aplica las comparaciones sea de aniones o sea de cationes que se basan esencialmente en el establecimiento de la fórmula Iónica.

Esta fórmula, caracteriza al análisis de agua estudiada y así se obtiene clasificando de izquierda a derecha, en orden decreciente las cantidades de iones según el porcentaje calculado, empezando primero por el grupo de los Cationes y luego el de los Aniones (Según G. CASTANY. Prospección y Exploración de Aguas Subterráneas).

**TABLA 166: FORMULAS IONICAS PARA LA CLASIFICACION DE AGUAS**

FUENTE O MANANTE	CATION	ANION
PHOSQO PUCYO	Ca <sup>++</sup> >Mg <sup>++</sup> >Na <sup>++</sup> >K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >Cl <sup>-</sup> >NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
YANACURO	Ca <sup>++</sup> >Mg <sup>++</sup> >Na <sup>++</sup> >K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >Cl <sup>-</sup>
MISKI UNO	Ca <sup>++</sup> >Mg <sup>++</sup> >Na <sup>++</sup> >K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> >NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >Cl <sup>-</sup>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De los resultados obtenidos en la Tabla N°166 clasificamos las muestras de agua involucrados en el análisis hidroquímico, según los Iones predominantes con los siguientes nombres:

- ✓ **MANANTE PHOSQO PUCYU:** Agua Cálcida sulfatada magnésica bicarbonatada.
- ✓ **MANANTE YANACURO 5:** Agua Cálcida sulfatada magnésicas bicarbonatadas.
- ✓ **MANANTE MISKIUNU 2:** Aguas Cálcida bicarbonatada magnésicas sulfatadas.

Del análisis de estas fórmulas iónicas podemos indicar que existe una predominancia de Calcio, magnesio y sulfatos, además de los bicarbonatos.

La predominancia de los cationes de Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2</sup>, en las muestras de agua se debe a que estos elementos están contenidos en la matriz litológica y como cementante de las areniscas y conglomerados de la formación Anta y Grupo. Mitu, producto de la lixiviación, precipitación y/o disolución de CaCO<sub>3</sub> de la Formación Arcurquina y Grupo Copacabana, dichos cationes se transportaron a través de fisuras y/o fallas (Collquemarca, Sangarara) existentes en la zona de estudio.

Los aniones predominantes SO<sub>4</sub><sup>-</sup> en las muestras de agua, vienen probablemente del lavado de los terrenos limosos, estos aniones proceden del intercambio iónico con las arcillas provenientes de algunos niveles de la Formación Anta por donde afloran estos manantes de agua.

El ion Bicarbonato viene de la hidrólisis del silicato, en presencia del CO<sub>2</sub>, este fenómeno es muy corriente en rocas volcánicas (Grupo Mitu).

### 8.3. RELACION ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICO QUIMICAS.

#### 8.3.1. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.

Este parámetro en las aguas naturales se puede correlacionar con la cantidad de sólidos disueltos ya que estos son en su mayoría compuestos iónicos de Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2</sup>, asimismo es la propiedad que tiene el agua de conducir la corriente eléctrica. Depende de varios factores, principalmente de la concentración y tipo de sales ionizables disueltas, naturaleza, carga de iones formado y de la temperatura.

Debe indicarse que la conductividad aumenta en una relación de 2% por cada grado centígrado; es por ello que las medidas deben relacionarse a un valor de referencia, que corresponde a 18°C, pero esto puede variar dependiendo de ciertos factores. Del resultado obtenido en el análisis Hidroquímico realizado por el laboratorio del Ministerio de Salud-Cusco (ver Tabla N°167)., tenemos que:

**TABLA 167: RESULTADOS DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA OBTENIDOS EN EL LABORATORIO.**

MANANTE	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (µs/cm )	UNIDAD	LMP*
MISKIUNU	274	µs/cm	1500
YANA UNO	516	µs/cm	1500
PHOSQO PUCYU	2776	µs/cm	1500

*FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADOS EN LOS RESULTADOS DE LABORATORIO.*

\*Límite máximo permisible.

Asimismo, para obtener un Mapa de Conductividades (ver Anexos – Mapa de Conductividades), se analizó las conductividades eléctricas de los manantes más representativos aflorantes en la zona de estudio, las medidas fueron hechas con el equipo de medición Multiparámetro portátil marca Hanna modelo HI 991300, el cual identifico diversos parámetros como el PH, la Temperatura (°C), la conductividad eléctrica (µs/cm) y los TDS (ppm), exponiendo los siguientes resultados (ver Tablas N°168 y 169):



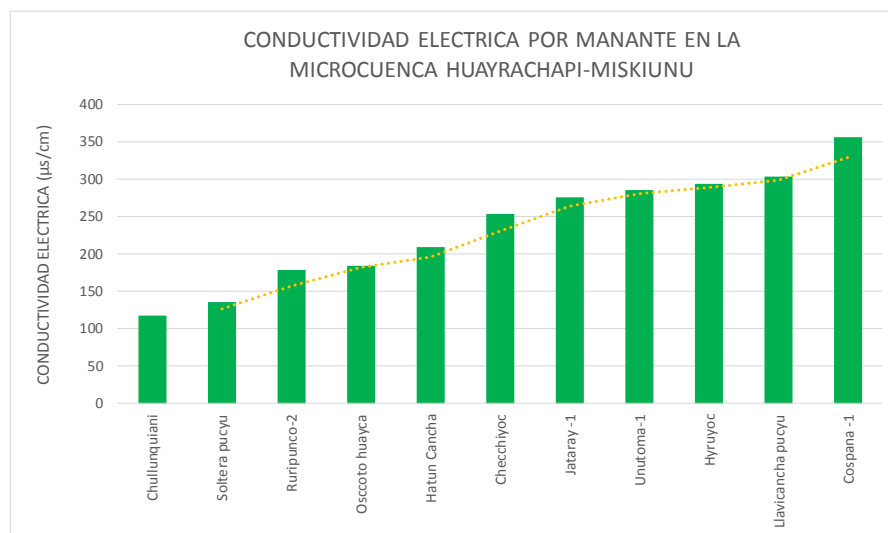
**FOTOGRAFÍA 58: TOMA DE MEDIDAS CON EL MULTIPARAMETRO PORTATIL EN EL MANANTE PHOSQO PUCYU**

**TABLA 168: COORDENADAS DE MANANTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU Y DATOS OBTENIDOS CON EQUIPO MULTIPARAMETRO PORTATIL**

MANANTE	E	N	Z	PH	T (°C)	CE (µs/cm)	TDS (ppm)
Chullunquiani	231264	8448548	4135	8.12	12.2	118	88
Soltera pucyu	231166	8447102	3788	8.12	12.00	136	105
Ruripunco-2	231418	8448091	3945	8.16	11.1	179	112
Oscoto huayca	230725	8446771	3680	8.43	11.3	184	171
Hatun Cancha	231189	8444066	3736	8.13	12.10	209	103
Checchiyoc	230961	8447983	3857	8.19	11.2	253	102
Jataray -1	231679	8446585	3895	8.47	11.3	276	100
Unutoma-1	231615	8447098	3908	8.16	13.1	285	61
Hyruyoc	232642	8445868	3902	8.05	11.10	294	134
Llavicancha pucyu	231479	8446454	3812	7.96	12.1	304	148
Cospaña -1	231874	8445103	3832	7.61	12.7	356	81

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**IMAGEN 74: DIAGRAMA DE BARRAS CE MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

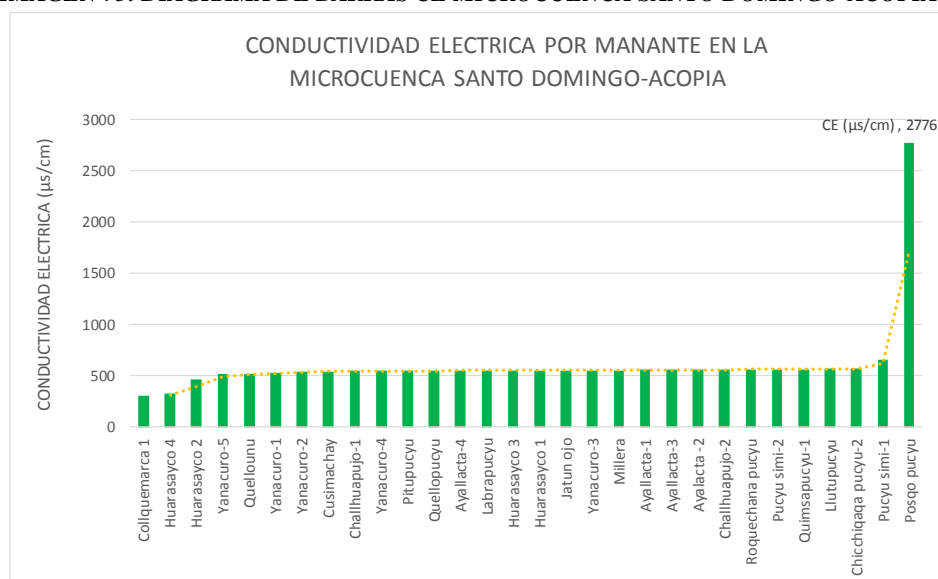


**TABLA 169: COORDENADAS DE MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA Y DATOS OBTENIDOS CON EQUIPO MULTIPARAMETRO PORTATIL**

MANANTE	E	N	Z	PH	T (°C)	CE (µs/cm)	TDS (ppm)
Collquemarca 1	228194	8442698	4044	7.51	9.7	303	412
Huarasayco 4	227978	8441533	3940	7.87	10.20	331	171
Huarasayco 2	228235	8441265	3890	8.58	12.6	461	276
Yanacuro-5	226455	8440266	4075	8.01	17.8	516	258
Quellounu	227828	8442626	4025	7.13	10.80	517	450
Yanacuro-1	226849	8439773	4030	8.13	11.4	530	267
Yanacuro-2	226741	8439796	4040	8.37	12	545	270
Cusimachay	230232	8440152	3893	8.25	9.1	546	273
Challhuapujo-1	228895	8438758	3929	7.89	10.9	550	276
Yanacuro-4	226736	8439915	4040	8.07	11.8	550	281
Pitupucyu	228416	8438700	3960	8.41	12.1	551	272
Quellopucyu	227149	8439534	4005	8.34	11.36	551	275
Ayallacta-4	230032	8440231	3848	7.93	9.3	552	276
Labrapucyu	227810	8439252	3967	8.60	13.4	553	276
Huarasayco 3	228393	8441370	3860	8.05	10.7	553	271
Huarasayco 1	228487	8441223	3845	7.91	12.2	554	270
Jatun ojo	227367	8439751	3953	8.05	8.7	555	278
Yanacuro-3	226723	8439876	4045	8.48	11.5	555	282
Millera	228246	8440174	3835	8.12	10.8	556	275
Ayallacta-1	230046	8440605	3825	7.81	11.6	557	282
Ayallacta-3	229990	8440245	3845	7.88	10	559	264
Ayalacta -2	229996	8440428	3840	7.85	8.6	560	281
Challhuapujo-2	228298	8438953	3965	7.91	10.2	562	283
Roquechana pucyu	229558	8439990	3845	7.93	10	563	284
Pucyu simi-2	226576	8440164	4054	8.43	11.6	564	285
Quimsapucyu-1	227285	8439424	3995	8.45	10.1	565	286
Llutupucyu	227675	8439922	3912	8.09	9.4	568	284
Chicchiqqa pucyu-2	230079	8440212	3860	7.92	13.1	573	284
Pucyu simi-1	229667	8440003	3847	7.45	11.5	658	278
Posqo pucyu	231137	8442626	4025	6.93	18	2776	1387

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**IMAGEN 75: DIAGRAMA DE BARRAS CE MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### **8.3.1.1. INTERPRETACION MAPA DE ISOCONDUCTIVIDADES.**

La conductividad eléctrica de los suelos es afectada por la litología y/o textura (mayor contenido de arcilla, mayor conductividad), por la humedad (mayor humedad mayor conductividad), por la salinidad (mayor salinidad mayor conductividad). Entonces es necesario muestrear los afloramientos de agua en zonas de distintas CE para determinar qué variables gobiernan en cada caso particular, es por ello que se hizo el análisis de agua e interpolación de las conductividades eléctricas de acuerdo a resultados fisicoquímicos de los manantes de agua analizados en laboratorio y de los manantes de agua más representativos presentes en la zona de estudio (ambas microcuencas).

La muestra M1 (E: 231137, N: 8441931) donde aflora el manante Phosco Pucyo, se ubica hacia el lado derecho de la carretera que va de Acopia hacia Pampamarca sobre terrazas aluviales, el cual aflora sobre material cuaternario de tipo aluvial, y según la sección geológica estructural (ver mapa N° 10 Geológica local), este tipo de depósito suprayace a la formación Arcurquina en donde afloran rocas calizas y se caracterizan por su alto contenido de  $\text{CaCO}_3$  ya que estas se formaron en mares antiguos hace millones de años es así que presenta una CE muy alta de 2776  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , correspondiendo a un agua de tipo muy dura, cabe indicar que este manante se encuentra aislado y no tiene influencia contaminante en un radio de 500 metros aproximadamente ya que se ubica al NE de la microcuenca Santo domingo-Acopia en la zona baja de dicha microcuenca

Por otro lado, las muestras M2 (E: 226455, N: 8440266) y M3 (E: 231921, N: 8446177) (ver mapa N° 19 Mapa Isoconductividades); donde afloran los manantes Yanacuro 5 con 516  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , el cual se ubica en la faldas del cerro Jatunñan cerca de la quebrada Millera (microcuenca Santo domingo-Acopia) y Miskiunu 2 con 274  $\mu\text{S}/\text{cm}$  el cual se ubica en la faldas del cerro Jataray cerca al centro poblado de Miskiunu (microcuenca Huayrachapi-Miskiunu), ambos afloran sobre rocas areniscas y conglomerados fracturados, caracterizándose por tener en su matriz y cemento calcita y correspondiendo así al tipo de aguas cálcicas bicarbonatadas y con una clasificación de dureza ligeramente duro y blanda correspondientemente.

### **8.3.2. PH O CONCENTRACIONES DE IONES HIDRÓGENO.**

Es la concentración relativa de los iones hidrógeno en el agua, es la que indica si ésta actuará como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina. Es una medición valiosa para interpretar los rangos de solubilidad de los componentes químicos.

Esta mide la acidez o la alcalinidad del agua. La actividad del ión hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua.

Tal como se observó en la Tabla N° 168 y 169, y según la clasificación de la U.S.D.A. tenemos que el pH fluctúa entre 6.93 y 8.60 (microcuenca Santo Domingo-Acopia), valores que representan aguas ligeramente acidas a ligeramente alcalinas respectivamente, en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu el pH fluctúa entre 7.61 y 8.43 representando aguas básicas.

**TABLA 170:PH OBTENIDO DEL ANALISIS EN LABORATORIO.**

NOMBRE DEL MANANTE	PH
Phosqo Pucyu	6.93
Yana curo	8.01
Miski uno	8.3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 171:RANGOS DE CONCENTRACIONES DE IONES DE HIDROGENO.**

RANGO DE PH	DENOMINACION
< 4.5	Extremadamente acido
4.5 -5.5	Fuertemente acido
5.5 -6.5	Medianamente acido
6.5-6.9	Ligeramente acido
7.0	Neutro
7.1-7.5	Medianamente basico
7.5-8.0	Basico
8.1-8.5	Ligeramente alcalino
8.5-9.0	Alcalino
> 9.1	Fuertemente alcalino

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 8.3.3. DUREZA DEL AGUA O GRADOS HIDROMETRICOS.

La dureza es una medida del contenido de calcio y magnesio y se expresa generalmente como equivalente del calcio y carbonatos (CO<sub>3</sub>). Los resultados obtenidos de este parámetro son interpretados teniendo en cuenta los rangos de dureza.

Al relacionar la dureza y la conductividad eléctrica, podemos observar de mejor manera la clasificación de las aguas, es decir si son aptas para consumo humano, si son aptas solo para riego o no son aptas para ninguna actividad.

Para realizar esta relación utilizamos las tablas N°172 y 173:

**TABLA 172: GRADOS HIDROMETRICOS DEL AGUA.**

TABLA DE DUREZA DEL AGUA			
ppm	µs/cm	°f	Dureza
0 - 70	0 - 140	0 - 7	MUY BLANDA
70 - 150	140 - 300	7 - 15	BLANDA
150 - 250	300 - 500	15 - 25	LIGERAMENTE DURA
250 - 320	500 - 640	25 - 32	MODERADAMENTE DURA
320 - 420	640 - 840	32 - 42	DURA
> 420	> 840	> 42	MUY DURA

FUENTE: ASOCIACIÓN DE INGENIEROS AMERICANOS (ASABE).

**TABLA 173: RELACION DE DUREZA DE LOS MANANTES VS CE**

MANANTE	DUREZA DEL AGUA			CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (µs/cm )
	mg/l CaCO <sub>3</sub>	ppm	°FRANCESES	
MISKIUNU	146.300	146.300000	14.630	274
YANACURO	229.900	229.900000	22.990	516
PHOSQO PUCYU	1045.000	1045.000002	104.500	2776

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Al realizar el análisis respectivo, tenemos que de acuerdo a la conductividad eléctrica y los valores de la dureza (mg/l CaCO<sub>3</sub>, ppm y ° franceses) el manante Miskiunu 2 (conglomerados del Grupo Mitu), es Blando; en cambio el manante Yanacuro 5 (conglomerados de la Formación Anta) es ligeramente duro y finalmente el manante Phosqo Pucyu (calizas de la Formación Arcurquina) es muy dura, esto se debe a las altas concentración de carbonatos.

#### 8.4. RELACION ENTRE COMPONENTES QUIMICOS ELEMENTALES.

Se sabe que del muestreo realizado a los 3 manantes, los cationes predominantes son los de calcio y magnesio y los aniones predominantes son los sulfatos y bicarbonatos, lo cual nos indica una gran influencia de rocas carbonatadas, así como presencia de limos.

Para conocer la relación entre estos componentes químicos optamos por utilizar el programa AQUACHEM 4.0, el cual se utiliza para realizar análisis numéricos y que permite

generar gráficos a partir de datos de la calidad del agua utilizando los parámetros físico-químicos del agua subterránea.

#### 8.4.1. DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER-HILL LANGELIER.

Permite conocer el carácter del agua en sus fases químicas y expresa muy bien las relaciones entre los diferentes grupos de agua, su evolución y las posibles mezclas que pueda haber entre distintos tipos de aguas. En hidroquímica se utiliza un triángulo para los cationes principales y otro para los aniones.

El diagrama de Piper-Hill (Imagen N° 76) está formado por dos triángulos con un rombo que recoge la información de ambos triángulos.

*IMAGEN 76: DRIAGRAMA DE PIPER HILL, DONDE SE APRECIAN LA CLASIFICACION DE ACUERDO AL CONTENIDO DE IONES.*

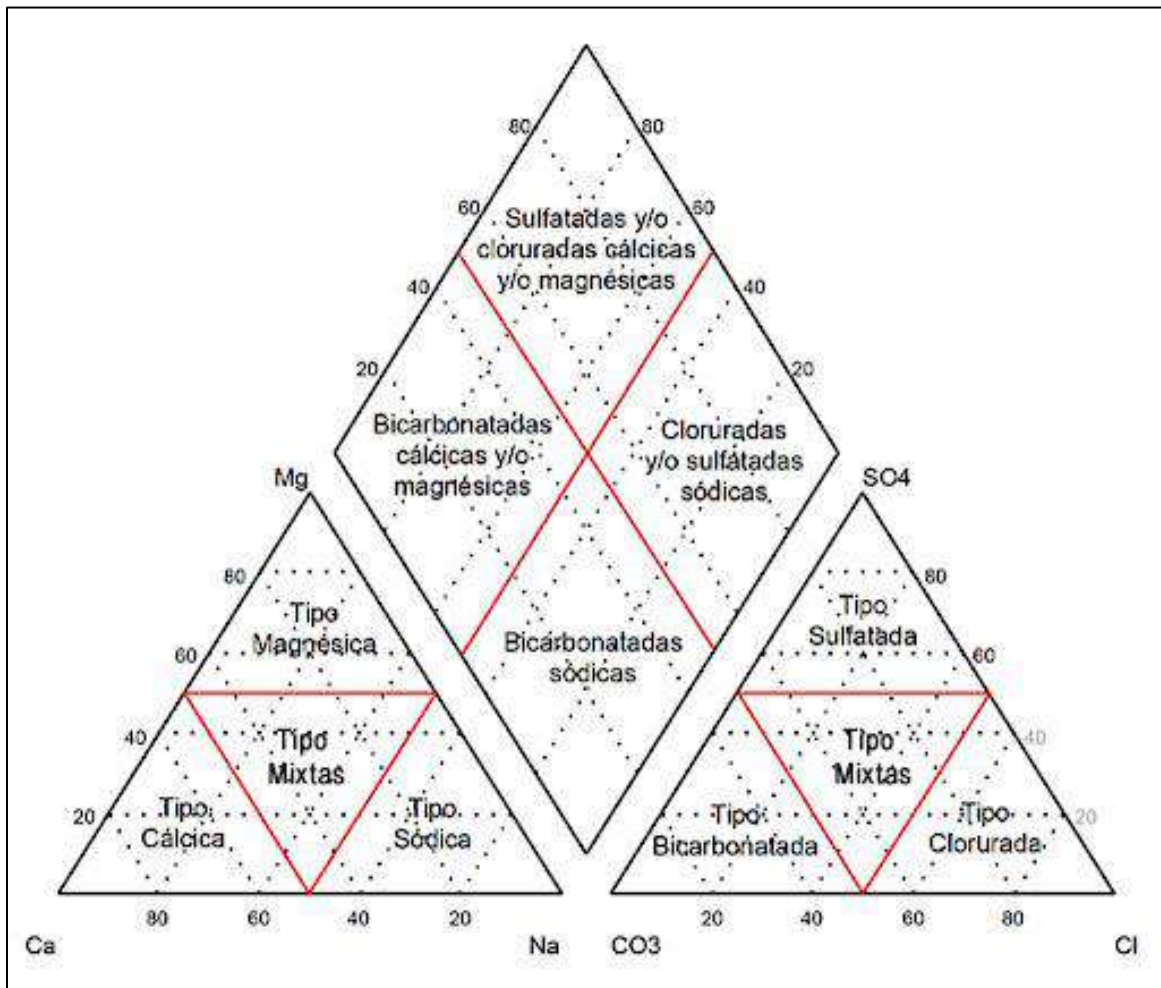
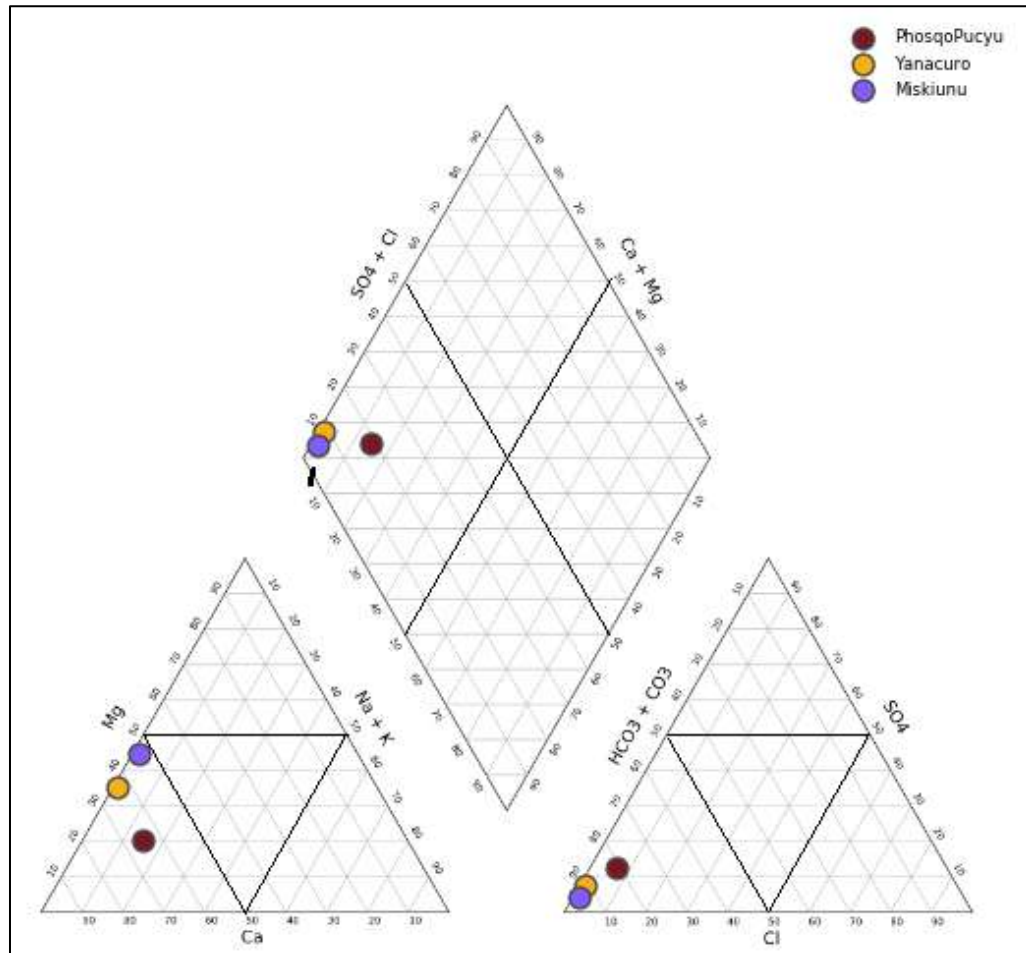


IMAGEN 77: DIAGRAMA DE PIPER HILL LANGELIER



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA PROCESADO EN EL PROGRAMA AQUACHEM 4.0

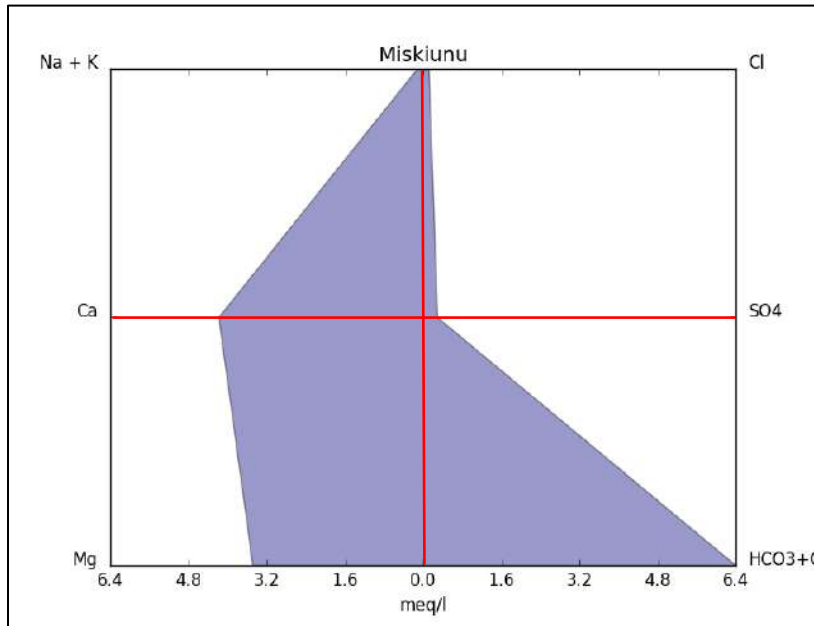
Según la Imagen N° 77, diagrama triangular de Piper, tenemos que el tipo de agua analizado en estos manantes son Aguas Bicarbonatadas cálcicas y magnésicas, esto debido a la dureza cálcica presente, las propiedades del agua están dominadas por ácidos débiles y presencia de tierras alcalinas.

#### 8.4.2. DIAGRAMA RADIAL DE STIFF MODIFICADO.

Está compuesto por cuatro líneas paralelas divididas al medio por una línea perpendicular. A la izquierda se representa la concentración de masa reactiva de cationes. Expresa el tipo de agua en forma de polígonos (uno para cada análisis). En su forma más sencilla, se forman con 3 ejes paralelos hacia la izquierda (cationes) y otros tres hacia la derecha (aniones).



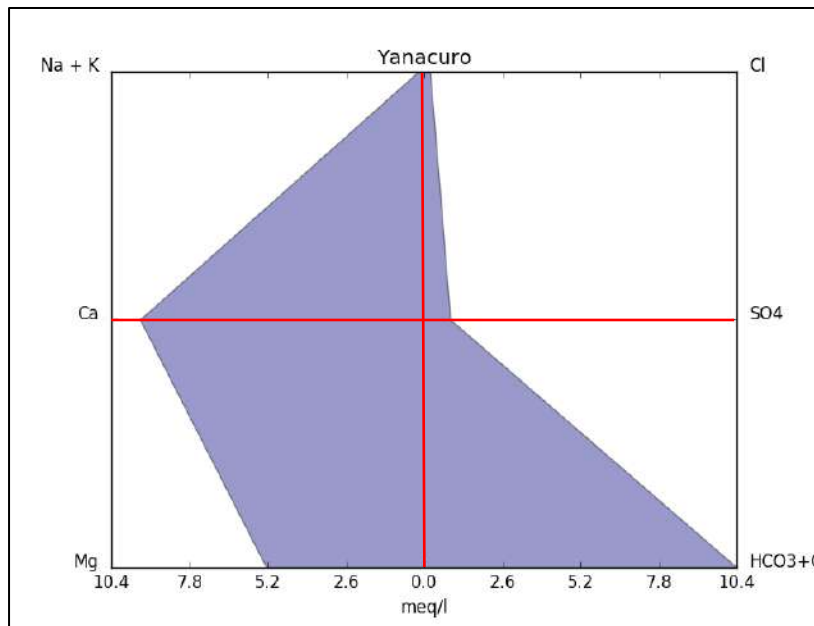
**IMAGEN 78: DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO DEL MANANTE MISKIUNU**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA PROCESADO EN EL PROGRAMA AQUACHEM 4.0

**Interpretación:** De la Imagen N° 78 el diagrama de Stiff modificado el agua de esta manante de tipo Cálcida bicarbonatada, con pequeñas concentraciones de magnesio.

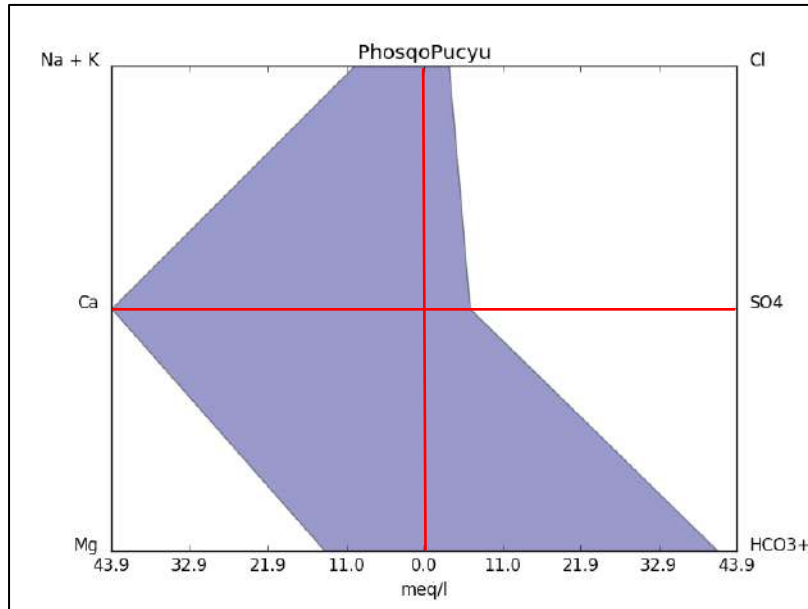
**IMAGEN 79: DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO DEL MANANTE YANACURO**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA PROCESADO EN EL PROGRAMA AQUACHEM 4.0

**Interpretación:** De la imagen N° 79 el diagrama de Stiff modificado el agua de esta manante de tipo Cálcida bicarbonatada, con concentraciones de magnesio.

**IMAGEN 80: DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO DEL MANANTE PHOSQOPUCYU**



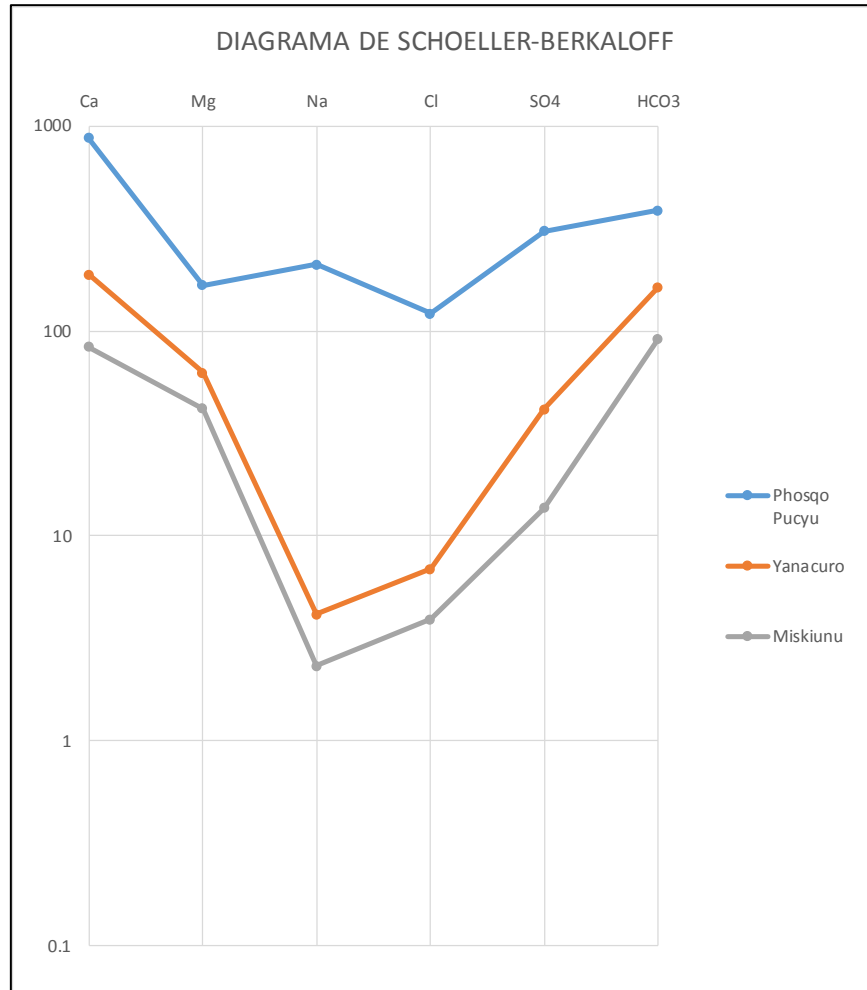
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA PROCESADO EN EL PROGRAMA AQUACHEM 4.0.

**Interpretación:** De la imagen N° 80 el diagrama de Stiff modificado el agua de esta manante de tipo Cálcida bicarbonatada, con concentraciones de magnesio, sodio, potasio, sulfatos y pequeñas cantidades de cloro.

### 8.4.3. DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF.

El diagrama permite la superposición de los análisis y por lo tanto comparar variaciones de la composición química entre muestras, presenta en el eje horizontal a las especies iónicas y en el vertical una escala logarítmica en la que se representan los eq-gr de cada ion.

**IMAGEN 81: DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF PARA LOS MANATES MISKIUNU, PHOSQOPUCYU Y YANACURO**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA PROCESADO EN EL PROGRAMA AQUACHEM 4.0

De acuerdo a la Imagen N° 81, diagrama logarítmico de Schoeller -Berkaloff los manates Miskiunu 2 y Yanacuro 5 presentan características similares por ser aguas de tipo cálcicas bicarbonatadas, mientras que el manate Phosqo Pucyu a pesar de ser un agua cálcica bicarbonatada presenta altas concentraciones de sulfato y sodio destacando sobre los otros dos manates.

#### 8.4.4. APTITUD DE LAS AGUAS PARA EL RIEGO.

El conocimiento de la calidad de agua para uso agrícola es muy importante debido a que de esta manera se elegirá de mejor forma el cultivo a plantar, su manejo productivo y el método para optimizar su riego. La salinidad es uno de los principales estreses ambientales que afectan la

productividad y calidad de los cultivos, la cual se asocia a suelos con pH básico entre 7.5 y 8.5 dependiendo de la calidad de bases presentes en el suelo, esto provoca la producción del cultivo. Consecuentemente se pueden presentar problemas como la toxicidad (algunas sales cuando se acumulan en cantidad suficiente resultan tóxicas para los cultivos, u ocasionan desequilibrios en la absorción de los nutrientes), problemas de infiltración (un alto contenido de sodio y bajo de calcio en el suelo hace que sus partículas tiendan a disgregarse, lo que ocasiona disminución de la velocidad de infiltración del agua) y obstrucciones en los sistemas de riego localizado

#### **8.4.4.1. SALINIDAD.**

Es el resultado de procesos naturales y/o antrópicos presentes en todos los suelos que conducen en menor o mayor grado a una acumulación de sales, que pueden afectar la fertilidad del suelo (Flores et al, 1996). Esta acumulación de sales además de ser solubles se descompone en iones (Aniones y Cationes). Existen dos métodos por los cuales se puede determinar la salinidad del agua para riego:

##### **A. MEDIDA DEL CONTENIDO DE SALES.**

Realizada en laboratorio, con ella se puede conocer la concentración que existe de cada una de las sales analizadas. Lo más usual es que se exprese en miligramos por litro (mg/L). Sumando las cantidades obtenidas de todas las sales, se tiene el Contenido Total de Sales del agua de riego (CTS), que normalmente se expresa en gramos por litro (g/L).

##### **B. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA:**

La conductividad eléctrica suele expresarse en deciSiemens por metro (dS/m) o en milimhos por centímetro (mmho/cm) y a una temperatura determinada, siendo ambas unidades equivalentes (una muestra con una conductividad de 1.2 dS/m tendrá también 1.2 mmho/cm). Una vez que se ha determinado la conductividad eléctrica, el contenido total de sales (CTS) en g/L (gramos por litro) se calcula con una fórmula muy simple:

$$C = 0.64 * CE$$

Donde:

C: Contenido total de sales (g/L)

CE: Conductividad eléctrica. (dS/m)

La FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación) indica el riesgo de producirse problemas de salinidad según los siguientes límites en contenido de sales (ver Tabla N° 174)

**TABLA 174:RIESGOS DE SALINIDAD DE ACUERDO AL CONTENIDO EN SALES.**

CONTENIDO TOTAL DE SALES (gr/L)	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (dμs/m)	RIESGO DE SALINIZACION
< 0.45	< 0.7	NINGUN
0.45 > C > 2	0.7 > CE > 3	MODERADO
> 2	> 3	SEVERA

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 175:CONTENIDO DE SALES EN LOS MANANTES ANALIZADOS EN LABORATORIO.**

MANANTE	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (μs/cm )	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (ds/m )	CONTENIDO DE SALES (gr/l)
MISKIUNU	274	0.274	0.17536
YANACURO	516	0.516	0.33024
PHOSQO PUCYU	2776	2.776	1.77664

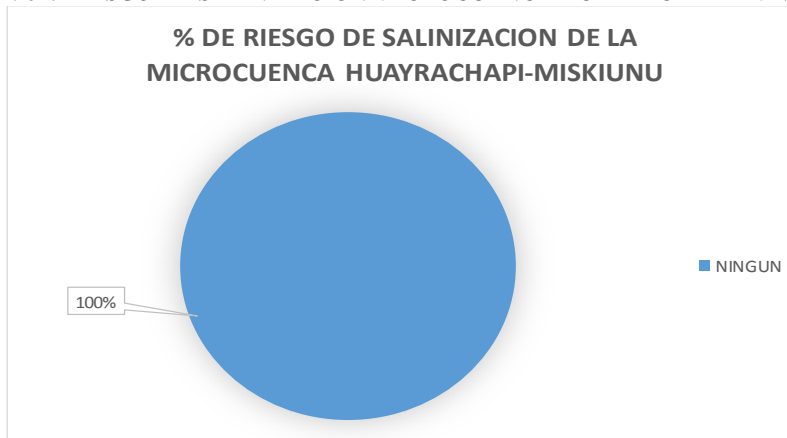
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 176:RIESGO DE SALINIZACION DE LOS MANANTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

MANANTE	CE (μs/cm)	CE (ds/m )	CONTENIDO DE SALES (gr/l)	RIESGO DE SALINIZACION
Chullunquiani	118	0.118	0.07552	NINGUN
Soltera pucyu	136	0.136	0.08704	NINGUN
Ruripunco-2	179	0.179	0.11456	NINGUN
Oscoto huayca	184	0.184	0.11776	NINGUN
Hatun Cancha	209	0.209	0.13376	NINGUN
Checchiyoc	253	0.253	0.16192	NINGUN
Jataray -1	276	0.276	0.17664	NINGUN
Unutoma-1	285	0.285	0.1824	NINGUN
Hyruyoc	294	0.294	0.18816	NINGUN
Llavicanha pucyu	304	0.304	0.19456	NINGUN
Cospana -1	356	0.356	0.22784	NINGUN

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**IMAGEN 82: RIESGO DE SALINIZACION MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISUNU**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 177:RIESGO DE SALINIZACION DE LOS MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

MANANTE	CE (µs/cm)	CE (ds/m )	CONTENIDO DE SALES (gr/l)	RIESGO DE SALINIZACION
Collquamarca 1	303	0.303	0.19392	NINGUN
Huarasayco 4	331	0.331	0.21184	NINGUN
Huarasayco 2	461	0.461	0.29504	NINGUN
Yanacuro-5	516	0.516	0.33024	NINGUN
Quellounu	517	0.517	0.33088	NINGUN
Yanacuro-1	530	0.53	0.3392	NINGUN
Yanacuro-2	545	0.545	0.3488	NINGUN
Cusimachay	546	0.546	0.34944	NINGUN
Challhuapujo-1	550	0.55	0.352	NINGUN
Yanacuro-4	550	0.55	0.352	NINGUN
Pitupucyu	551	0.551	0.35264	NINGUN
Quellopucyu	551	0.551	0.35264	NINGUN
Ayallacta-4	552	0.552	0.35328	NINGUN
Labrapucyu	553	0.553	0.35392	NINGUN
Huarasayco 3	553	0.553	0.35392	NINGUN
Huarasayco 1	554	0.554	0.35456	NINGUN
Jatun ojo	555	0.555	0.3552	NINGUN
Yanacuro-3	555	0.555	0.3552	NINGUN
Millera	556	0.556	0.35584	NINGUN
Ayallacta-1	557	0.557	0.35648	NINGUN
Ayallacta-3	559	0.559	0.35776	NINGUN
Ayalacta -2	560	0.56	0.3584	NINGUN
Challhuapujo-2	562	0.562	0.35968	NINGUN
Roquechana pucyu	563	0.563	0.36032	NINGUN
Pucyu simi-2	564	0.564	0.36096	NINGUN
Quimsapucyu-1	565	0.565	0.3616	NINGUN
Llutupucyu	568	0.568	0.36352	NINGUN
Chicchiquaqa pucyu-	573	0.573	0.36672	NINGUN
Pucyu simi-1	658	0.658	0.42112	NINGUN
Posqo pucyu	2776	2.776	1.77664	MODERADO

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**IMAGEN 83: RIESGO DE SALINIZACION MICROCUENCA SANTO DOMINGO – ACOPIA.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



#### 8.4.4.2. TOXICIDAD.

Por lo general, la toxicidad se produce cuando se absorben ciertos iones del agua del suelo y se acumulan en las hojas durante la transpiración, a un grado tal que se causa un daño a la planta. El grado de daño depende del tiempo, la concentración, la sensibilidad de los cultivos y el uso de agua de riego. Si el daño es lo suficientemente grave, se reduce el rendimiento del cultivo. Los iones tóxicos habitualmente presentes en el agua de riego son el cloruro, el sodio y el boro. El daño a la planta puede ser causado por cada uno, en forma individual o en combinación.

#### 8.4.4.3. PROBLEMAS DE INFILTRACION.

Los Problemas de infiltración del agua en los cultivos de la agricultura pueden estar originados por las sales como el Sodio, Calcio y Magnesio. Aunque se aporte agua al suelo mediante riego, si la infiltración es deficiente pueden surgir serios problemas para que ésta llegue a las raíces de las plantas.

Los problemas más frecuentes relacionados con una infiltración baja suelen producirse cuando el sodio, que suele estar presente en el agua de riego, se incorpora al suelo y deteriora su estructura. Los agregados del suelo se dispersan en partículas pequeñas que tapan o sellan los poros y evitan que el agua pueda circular e infiltrarse con facilidad. El efecto contrario lo producen el calcio y el magnesio, por lo que para evaluar realmente el problema que puede generar un exceso de sodio hay que saber también la cantidad de calcio y magnesio que hay en el suelo.

Para evaluar los problemas de infiltración se estableció el índice de relación de absorción de sodio (RAS), Cuanto mayor sea el RAS, mayor será la cantidad de sodio con respecto a la de calcio y magnesio y mayores serán los problemas de degradación del suelo e infiltración del agua.

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Donde:

Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mag<sup>2+</sup>: Representan las concentraciones de los iones (meq/l).

**TABLA 178: CONCENTRACION DE IONES EN meq/l**

MANANTE		MISKIUNU	YANACURO	PHOSQO PUCYU
IONES	Ca <sup>++</sup>	43.76247505	9.386227545	4.171656687
	Na <sup>++</sup>	9.221400609	0.180513267	0.100478469
	Mg <sup>++</sup>	13.76131687	5.160493827	3.440329218

FUENTE: ELABORACION PROPIA

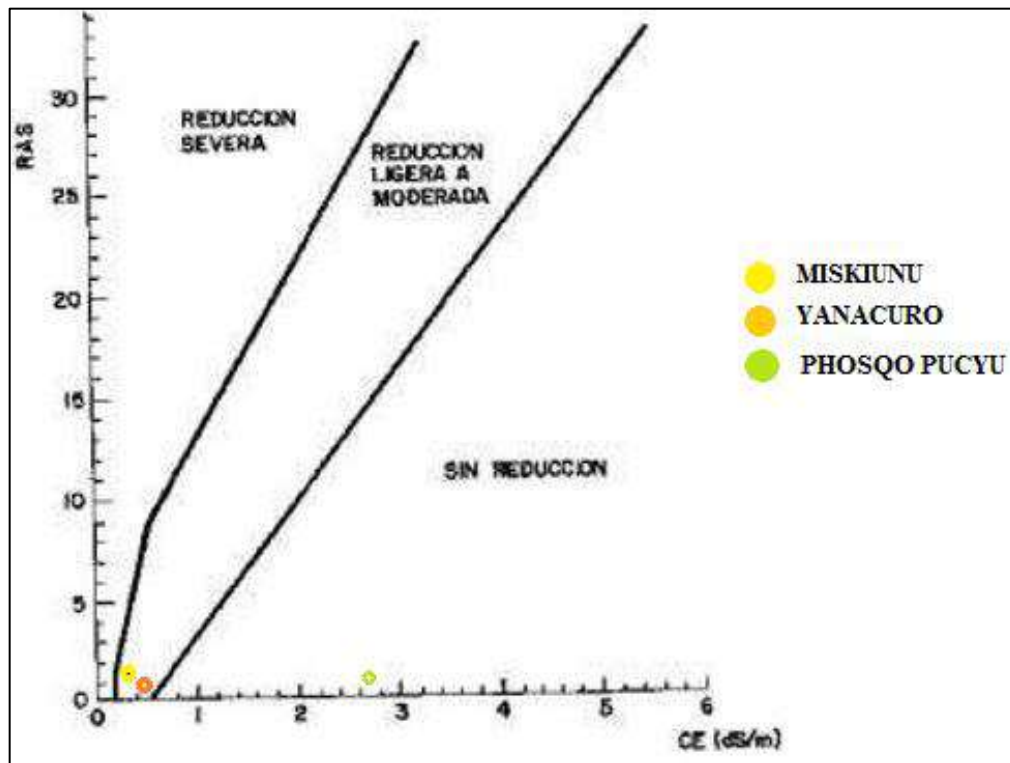
**TABLA 179: INDICE DE RELACION DE ABSORCION DE SODIO DE LOS MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

MANANTE	RAS	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (ds/m )
MISKIUNU	1.719444389	0.274
YANACURO	0.066933196	0.516
PHOSQO PUCYU	0.05150377	2.776

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

A partir de la relación de absorción de sodio (ver Tabla N°179) podemos estimar la reducción de infiltración.

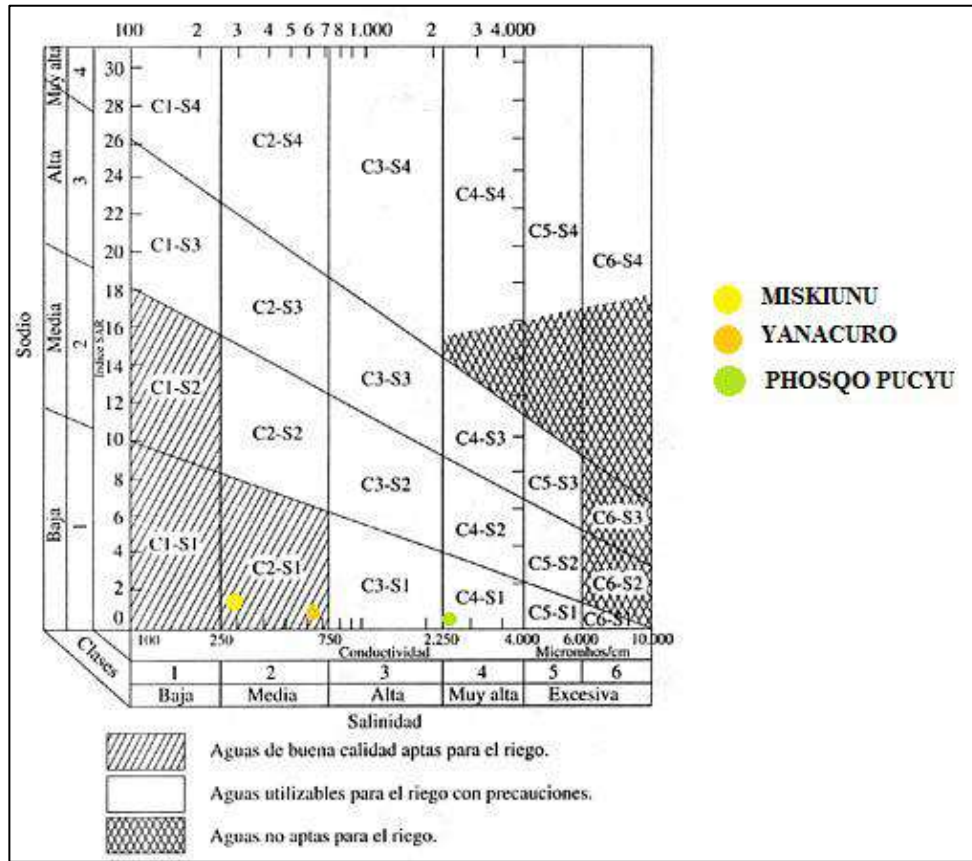
**IMAGEN 84: UBICACIÓN DE DATOS DE PROBLEMAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN ÍNDICE RAS**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De la imagen N° 84, en el gráfico se muestra los manantes Miskiunu 2 y Yanacuro 5 presentan una reducción ligera a moderada, en cambio el manante Phosqo Pucyu (calizas de la Formación Arcurquina) es catalogado sin reducción, por lo cual no favorece a la reducción de salinidad ya que traerá problemas de infiltración por presencia de calcio y sodio.

IMAGEN 85: CLASIFICACION DE LAS AGUAS SEGÚN LAS NORMAS RIVERSIDE



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

TABLA 180: NORMAS DE RIVERSIDE DE ACUERDO A LA CALIDAD Y USO DEL SUELO A CULTIVAR.

TIPOS	CALIDAD Y NORMAS DE USO
C <sub>1</sub>	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
C <sub>2</sub>	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C <sub>3</sub>	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C <sub>4</sub>	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C <sub>5</sub>	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C <sub>6</sub>	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S <sub>1</sub>	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S <sub>2</sub>	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario
S <sub>3</sub>	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S <sub>4</sub>	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Según la Tabla N° 180, el manante Yanacuro 5 (microcuenca Santo Domingo-Acopia), tiene una calidad tipo C2, que presenta una salinidad media, considerada como agua apta para riego y norma de uso tipo S1, la cual indica, que tiene un bajo contenido en sodio por tanto pueden presentar problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

Con respecto al manante Phosqo Pucyu (microcuenca Santo Domingo-Acopia), presenta una calidad de tipo C4 la cual tiene una salinidad alta que no es recomendable para el uso agrícola y norma de uso S1 que nos indica que tiene bajo contenido en sodio

Para el manante Miskiunu 2 (microcuenca Huayrachapi-Miskiunu), se tiene una calidad de tipo C2 la cual presenta una salinidad media, considerada apta para riego y consumo humano (debido a que se encuentra próxima a C1); en la norma de uso es catalogada como S1 lo que nos indica que tiene un contenido bajo en sodio.

Según la imagen N° 85, se concluye que los manantes Yanacuro 5 y Miskiunu 2, son aguas de buena calidad que son aptas para riego sin embargo el manante Phosqo Pucyu está catalogado como aguas para riego, pero con precauciones debido al alto contenido en sales.

#### **8.4.5. CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.**

El estudio de la calidad del agua, destinada a ser consumida por el hombre ha sido, y es, de primordial importancia, interviniendo en el mismo muchos factores que puedan afectarla, ya sea de manera inmediata o diferida.

De modo general, se denomina potable a aquella agua que puede ser consumida por el hombre sin peligro alguno para su salud. Ello supone tener en cuenta las distintas características del agua, ya sean físicas, químicas, bacteriológicas, etc. definiendo criterios de calidad para cada una de ellas.

##### **8.4.5.1. ANALISIS FISICO QUIMICO.**

Para ello el agua para que sea apta para el consumo humano debe de cumplir con ciertas disposiciones legales nacionales, por ello la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento a través del oficio circular N° 677-2000/SUNASS-INF, establece los valores máximo permisibles referenciales de los parámetros de control; ello originado por la carencia de una norma nacional actualizada, ya que la vigente data del año 1946 y no considera varios parámetros, como turbiedad, coliformes, pH, aluminio, nitratos, cadmio, mercurio, cromo, entre otros: para los cuales

se ha tomado los valores guía que recomienda la Organización Mundial de la Salud, OMS. Tal como se muestra en la tabla N° 181, mostrada a continuación.

**TABLA 181: LIMITES MAXIMO PERMISIBLES (LMP) REFERENCIAS DE LOS  
PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA**

PARÁMETRO	LMP	REFERENCIA
Coliformes totales,UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	(1)
pH	6,5 - 8,5	(1)
Turbiedad, UNT	5	(1)
Conductividad, 25°C uS/cm	1500	(1)
Color, UCV – Pt-Co	20	(1)
Cloruros, mg/L	250	(1)
Sulfatos, mg/L	250	(1)
Dureza, mg/L	500	(1)
Nitratos, mg NO3 -/L (*)	50	(1)
Hierro, mg/L	0.3	0,3 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Manganeso, mg/L	0.2	0,2 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Aluminio, mg/L	0.2	(1)
Cobre, mg/L	3	(2)
Plomo, mg/L (*)	0.1	(2)
Cadmio, mg/L (*)	0.003	(1)
Arsénico, mg/L (*)	0.1	(2)
Mercurio,mg/L (*)	0.001	(1)
Cromo, mg/L (*)	0.05	(1)
Flúor, mg/L	2	(2)
Selenio, mg/L	0.05	(2)

FUENTE: ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD ,1995.

**Notas:**

- (1) Valores tomados provisionalmente de los valores guía recomendados por la Organización Mundial de la Salud (1995)
- (2) Valores establecidos en la norma nacional “Reglamento de Requisitos Oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables”, aprobado por Resolución Suprema del 17 de Diciembre de 1946.
- (3) En el caso de los parámetros de conductividad y dureza, considerando que son parámetros que afectan solamente la calidad estética del agua, tomar como referencia los valores indicados, los que han sido propuestos para la actualización de la norma de calidad de agua para consumo humano especialmente para aguas subterráneas.
- (\*) Compuestos tóxicos.

#### 8.4.5.2. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS.

Finalmente, del análisis de los parámetros bacteriológicos disponibles se deduce que, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano de 2011, los recursos hídricos subterráneos locales presentan una buena calidad bacteriológica en el manante Miski Uno 2 (microcuenca Huayrachapi-Miskiunu), puesto que las muestra disponible no ha mostrado incumplimiento alguno, a diferencia del manante Yanacuro 5 (microcuenca Santo Domingo-Acopia) con un registro de 39.00 UFC/100 ml, sobrepasando el límite permisible; esta presencia bacteriológica se debe a la existencia de ganado vacuno, ovino entre otros (deberá seguirse la evolución de los coliformes totales y realizar registros históricos para evaluar su mejor tratamiento). Es común encontrárselo en los recursos hídricos superficiales, debido a su exposición o por el agua de drenajes. Es importante conocer el tipo, número y desarrollo de las bacterias en el agua para prevenir o impedir enfermedades de origen hídrico. Es difícil detectar en una muestra organismos patógenos como bacterias protozoarios y virus debido a sus bajas concentraciones. Por esta razón, es que se utiliza el grupo de coliformes fecales, como indicador de la presencia de microorganismos (OPS 1999).

Este análisis es de mucha importancia siempre y cuando el agua analizada sea destinada al consumo humano, en este caso para el manante Yanacuro 5 (microcuenca Santo Domingo-Acopia) se prevén medidas de desinfección o de depuración del agua tales como clorización, debido al a su bajo costo es la más eficaz y mejor forma para tratar este tipo de agua, sin embargo el manante Miski Uno 2 (microcuenca Huayrachapi-Miskiunu), el agua analizada determina que no presentan coliformes ni bacterias heterotróficas siendo este el más apto para el consumo humano. (ver anexos Resultados Análisis de Muestreo de Agua en Laboratorio).

**TABLA 182: CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL ANÁLISIS EN LABORATORIO.**

PARAMETRO	LMP
Coliformes fecales ,UFC/100 mL	0 (ausencia)
Coliformes termotolerantes,UFC/100 mL	0 (ausencia)
Bacterias heterotroficas ,UFC/mL	500

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 183: LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES DE COLIFORMES EXISTENTES EN EL MANANTE MISKIUNU**

UFC Coliformes/100 ml. MISKIUNU		LDM
TOTALES 35°C	TERMOTOLERANTES 44°C	
< 1	< 1	< 1

< 1 Y < 1.8, Significa ausencia

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 184: LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES DE LOS COLIFORMES EXISTENTES EN EL MANANTE YANACURO.**

UFC Coliformes/100 ml. YANACURO		LDM
TOTALES 35°C	TERMOTOLERANTES 44°C	
39	< 1	< 1

< 1 Y < 1.8, Significa ausencia

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Finalmente se concluye que de acuerdo a las características bacteriológicas: los manantes de agua de la microcuenca Santo Domingo-Acofia son propicios y deberán ser usados para el uso Agropecuario, por otro lado, los manantes de agua de la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu es propicio para el consumo humano (ver Tablas N °183 y 184).



## **CAPITULO IX: HIDROGEOLOGÍA.**

### **9.1. GENERALIDADES.**

La hidrogeología es la disciplina que se ocupa del estudio de la fase subsuperficial del ciclo hidrogeológico, por lo tanto, se aplica para la captación de aguas subterráneas, en 1942, Meizer consideró el ciclo hidrológico como el concepto central de la hidrogeología.

El ciclo hidrológico es un proceso continuo. No obstante, el movimiento del agua de este se caracteriza por su irregularidad tanto en el espacio como en el tiempo: así, por ejemplo, en algunas zonas desérticas, pueden pasar años sin llover, y lógicamente apenas haber escorrentía directa, mientras que, en otros casos, aún en zonas también desérticas, pueden darse precipitaciones muy importantes. La caracterización de este ciclo es pues de suma importancia ya que constituye la entrada o principio de la circulación de agua en los acuíferos, y por tanto condiciona los fenómenos que se producen en su seno y que son el objeto de la ciencia de la hidrología subterránea que se estudian en el presente texto. La hidrogeología es la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas del yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación (Mijailov, 1985).

Actualmente los estudios hidrogeológicos son de especial interés no solo para la provisión de agua a la población, sino también para entender el ciclo vital de ciertos elementos químicos, como así también para evaluar el ciclo de las sustancias contaminantes, su movilidad, dispersión y la manera en que afectan al medio ambiente, por lo que esta especialidad se ha convertido en una ciencia básica para la evaluación de sistemas ambientales complejos

### **9.2. INVENTARIO DE MANANTES**

El inventario de los puntos de agua consiste en una recopilación de todos los datos de campo existentes en un área de estudio, basado en la búsqueda y clasificación metódica.

En la zona de estudio se ha realizado el inventariado de fuentes superficiales de agua, con una totalidad de 52 manantes de los cuales 36 ubicados en Santo Domingo-Acopia y 16 manantes en Huayrachapi-Miskiunu, los mismos que se encuentran descritos a continuación:

### **9.2.1. MICROCUENCA ACOPIA-SANTO DOMINGO.**

En esta zona se inventariaron 36 manantes y 3 reservorios, los cuales se encuentran en diversos sectores, tales como:

#### **A. SECTOR HUARASAYCO:**

Se inventariaron siete manantes los cuales son: Huarasayco 1, Huarasayco 2, Huarsayco 3, Huarasayco 4, Huarsayco 5, Llutupucyu y el manante Millera, siendo catalogados como de uso pecuario y agrícola, pero de estos destaca el manante Huarasayco 5 el cual es catalogado como manante utilizado como abrevadero para animales.

Igualmente, en este sector, existen 4 pequeños bofedales los cuales son usados para el pastoreo de las crías como los ovinos, vacunos y equinos.

#### **B. SECTOR HUARASAYCO BAJO:**

En este sector se inventariaron 5 manantes de los cuales 1 de ellos se encuentra en estado seco. Los manantes encontrados son Chiccchiqua Pucyu 1, Chiccchiqua Pucyu 2, Pucyu simi 1, Pucyu simi 2 y Roquechana Pucyu (régimen seco). Todos estos manantes están catalogados como manantes de uso pecuario o abrevaderos de animales.

#### **C. SECTOR KHAPAQ ÑAN:**

Se identificaron 16 manantes, con caudales que varían entre 0.01 a 2 Lt/seg con un uso pecuario y agro pecuario; de todos estos manantes se destaca uno en específico el manante Quellopucyu ubicado en la coordenada UTM 227149E/ 8439534S con un caudal de 0.2 Lt/seg, este de destaca debido a que es un manante clasificado para consumo humano por las diversas características que posee, pero no se utiliza mucho debido a que tiene un régimen intermitente.

#### **D. SECTOR SANTO DOMINGO:**

En este sector se inventariaron 8 manantes de los cuales se encuentran: Ayallacta 1, Ayallacta 2, Ayallacta 3, Ayallacta 4, Collquemarca 1, Cusimachay, Quellounu y Phosqo Pucyu, los cuales presentan caudales entre 0.01 a 8.5 Lt/seg; se acota que el manante denominado ,Phosqo Pucyu ubicado en en la coordenada UTM 231137E / 8441931S, con un caudal de 8.5 lps, no es usado por su alto contenido de sales en su composición y muestra una conductividad eléctrica de 2,776  $\mu\text{s/cm}$  que lo califica como no apto para consumo humano y cultivos.

**TABLA 185: INVENTARIO DE MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA.**

MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA					
N°	SECTOR	NOMBRE DEL MANANTE	X	Y	Z
1	Huarasayco	Huarasayco 1	228487	8441223	3845
2		Huarasayco 2	228235	8441265	3890
3		Huarasayco 3	228393	8441370	3860
4		Huarasayco 4	227978	8441533	3940
5		Huarasayco 5	227527	8442715	4091
6		Llutupucyu	227675	8439922	3912
7		Millera	228246	8440174	3835
8	Huarasayco Bajo	Chicchiqaqa pucyu-1	229343	8439827	3839
9		Chicchiqaqa pucyu-2	230079	8440212	3860
10		Pucyu simi-1	229667	8440003	3847
11		Pucyu simi-2	226576	8440164	4054
12		Roquechana pucyu	229558	8439990	3845
13	Qhapaq Ñan	Challhuapujo-1	228895	8438758	3929
14		Challhuapujo-2	228298	8438953	3965
15		Jatun ojo	227367	8439751	3953
16		Labrapucyu	227810	8439252	3967
17		Pitupucyu	228416	8438700	3960
18		Quellopucyu	227149	8439534	4005
19		Quimsapucyu-1	227285	8439424	3995
20		Quimsapucyu-2	227299	8439446	3993
21		Quimsapucyu-3	227286	8439399	3993
22		Suwuana huaycco	227372	8439794	3948
23		Yanacuro-1	226849	8439773	4030
24		Yanacuro-2	226741	8439796	4040
25		Yanacuro-3	226723	8439876	4045
26		Yanacuro-4	226736	8439915	4040
27		Yanacuro-5	226455	8440266	4075
28	Yanacuro-6	226804	8439894	4020	
29	Santo Domingo	Ayallacta-1	230046	8440605	3825
30		Ayallacta-2	229996	8440428	3840
31		Ayallacta-3	229990	8440245	3845
32		Ayallacta-4	230032	8440231	3848
33		Collquamarca 1	228194	8442698	4044
34		Cusimachay	230232	8440152	3893
35		Phosqo pucyu	231137	8441931	3730
36		Quellounu	227828	8442626	4025

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 9.2.2. MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.

En esta zona se inventariaron 16 manantes y 4 reservorios, los cuales se encuentran en diversos sectores, tales como:

#### A. SECOR ACOPIA:

En el centro poblado de Acopia se realizó el inventariado de 1 manante denominado Hatun Cancha el cual tiene un caudal de 0.01 Lt/seg. Este es el manante que se usa frecuentemente para abastecer a los pobladores de la comunidad de Acopia y Miskiunu.

### B. SECTOR HUAYRACHAPI:

En este sector tenemos inventariados cuatro manantes los cuales son: Checchiyoc, Chullunquiari, Rumipunco 1 y Rumipunco 2, con caudales que varían entre 0.01 y 0.1 Lt/seg, estos son estrictamente para consumo humano.

### C. SECTOR HYRUYOC:

También en este sector se inventario solo un manante denominado Hiruyoc, el cual cuenta con un caudal de 0.1 Lt/seg, asimismo este también está catalogado como manante potable es decir apto para el consumo humano.

### D. SECTOR MISKIUNU:

En este sector se identificaron 3 manantes los cuales son: Jataray 1, Llavicancha Pucyu y Miskiunu 2, con caudales que varian de 0.1 a 1 Lt/seg.

### E. SECTOR UNUTOMA:

Se realizó el inventariado de 4 manantes: Oscoto huayca, Soltera Pucyu, Unutoma 1 y Unutoma 2 con caudales que varian de 0.05 a 0.2 Lt/seg.

### F. SECTOR UYPIÑA:

Se tienen inventariados tres manantes denominados: Cospana1, Cospana2 y Cospana 3, los cuales tienen caudales de 0.01 Lts/seg cada uno, estos están catalogados como aptos para el consumo humano por ser aguas blandas.

**TABLA 186: INVENTARIO DE MANANTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.**

MANANTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU					
N°	SECTOR	NOMBRE DEL MANANTE	X	Y	Z
1	Acopia	Hatun Cancha	231189	8444066	3736
2	Huayrachapi	Checchiyoc	230961	8447983	3857
3		Chullunquiari	231264	8448548	4135
4		Rumipunco-1	231151	8447904	3841
5		Rumipunco-2	231418	8448091	3945
6	Hyruyoc	Hyruyoc	232642	8445868	3902
7	Miskiunu	Jataray -1	231679	8446585	3895
8		Llavicancha pucyu	231479	8446454	3812
9		Miskiunu-2	231921	8446177	3865
10	Unutoma	Oscoto huayca	230725	8446771	3680
11		Soltera pucyu	231166	8447102	3788
12		Unutoma-1	231615	8447098	3908
13		Unutoma-2	231626	8447104	3909
14	Uypiña	Cospana -1	231874	8445103	3832
15		Cospana -2	231817	8444686	3809
16		Cospana -3	231804	8444675	3810

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 9.3. HIDROMETRIA.

La hidrometría es la etapa constitutiva en donde se realiza la toma de medidas del caudal, de los aportantes de origen subterráneo en este caso los manantes, para este cálculo se utilizó el método volumétrico.

**TABLA 187: HIDROMETRIA DE LOS MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA.**

HIDROMETRIA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA			
N°	SECTOR	NOMBRE DEL MANANTE	CAUDAL (Lt/seg)
1	Santo Domingo	Ayallacta-1	0.01
2	Santo Domingo	Ayallacta-2	0.01
3	Santo Domingo	Ayallacta-3	0.01
4	Santo Domingo	Ayallacta-4	0.02
5	Qhapaq Ñan	Challhuapujo-1	0.2
6	Qhapaq Ñan	Challhuapujo-2	0.01
7	Huarasayco Bajo	Chicchiqaqa pucyu-1	0.1
8	Huarasayco Bajo	Chicchiqaqa pucyu-2	0.02
9	Santo Domingo	Collquamarca 1	0.1
10	Santo Domingo	Cusimachay	0.02
11	Huarasayco	Huarasayco 1	1.72
12	Huarasayco	Huarasayco 2	0.3
13	Huarasayco	Huarasayco 3	0.03
14	Huarasayco	Huarasayco 4	0.3
15	Huarasayco	Huarasayco 5	0
16	Qhapaq Ñan	Jatun ojo	2
17	Qhapaq Ñan	Labrapucyu	0.2
18	Huarasayco	Llutupucyu	0.01
19	Huarasayco	Millera	0.5
20	Santo Domingo	Phosqo pucyu	8.5
21	Qhapaq Ñan	Pitupucyu	1.5
22	Huarasayco Bajo	Pucyu simi-1	0.2
23	Huarasayco Bajo	Pucyu simi-2	0.1
24	Qhapaq Ñan	Quellopucyu	0.2
25	Santo Domingo	Quellounu	0.2
26	Qhapaq Ñan	Quimsapucyu-1	0.01
27	Qhapaq Ñan	Quimsapucyu-2	0.02
28	Qhapaq Ñan	Quimsapucyu-3	0.01
29	Huarasayco Bajo	Roquechana pucyu	0.1
30	Qhapaq Ñan	Suwuana huaycco	2
31	Qhapaq Ñan	Yanacuro-1	0.1
32	Qhapaq Ñan	Yanacuro-2	0.1
33	Qhapaq Ñan	Yanacuro-3	0.1
34	Qhapaq Ñan	Yanacuro-4	0.1
35	Qhapaq Ñan	Yanacuro-5	0.2
36	Qhapaq Ñan	Yanacuro-6	0
<b>CAUDAL TOTAL</b>			<b>10.5 Lt/s</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 188: HIDROMETRIA DE LOS MANANTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

<b>HIDROMETRIA EN LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU</b>			
<b>N°</b>	<b>SECTOR</b>	<b>NOMBRE DEL MANANTE</b>	<b>CAUDAL (Lt/seg)</b>
1	Huayrachapi	Checchiyoc	0.1
2	Huayrachapi	Chullunquiani	0.1
3	Uypiña	Cospana -1	0.01
5	Uypiña	Cospana -2	0.01
4	Uypiña	Cospana -3	0.01
6	Acopia	Hatun Cancha	0.01
7	Hyruyoc	Hyruyoc	0.1
8	Miskiunu	Jataray -1	0.1
9	Miskiunu	Llavicancha pucyu	0.1
10	Miskiunu	Miskiunu-2	1
11	Unutoma	Oscoto huayca	0.1
12	Huayrachapi	Rumipunco-1	0.1
13	Huayrachapi	Rumipunco-2	0.01
14	Unutoma	Soltera pucyu	0.1
15	Unutoma	Unutoma-1	0.2
16	Unutoma	Unutoma-2	0.05
<b>CAUDAL TOTAL</b>			<b>2.1 Lt/s</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

## 9.4. USO Y REGIMEN DE LOS MANANTES.

### 9.4.1. USOS.

En la zona de estudio se observa una notable diferencia con respecto a los diferentes y posibles usos que se les puede dar al agua proveída por los manantes, es así que de acuerdo a las diferentes características físico químicas y microbiológicas, se concluyó que los manantes de la microcuenca Santo Domingo –Acopia son netamente de uso Agrícola y pecuario en cambio la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu es catalogada por el uso de sus manantes como apta para el consumo humano.

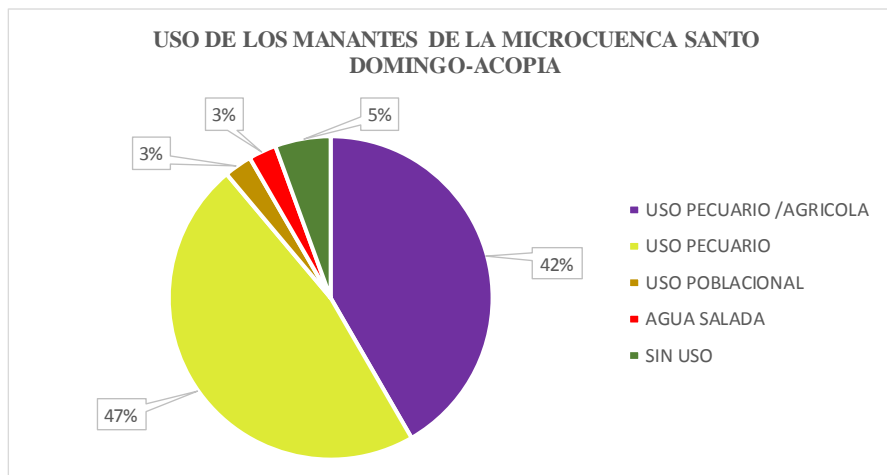
**TABLA 189: REGIMEN Y USO DE MANANTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA**

MANANTES MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA				
Nº	SECTOR	NOMBRE DEL MANANTE	APROVECHAMIENTO	REGIMEN
1	Santo Domingo	Ayallacta-1	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
2	Santo Domingo	Ayallacta-2	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
3	Santo Domingo	Ayallacta-3	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
4	Santo Domingo	Ayallacta-4	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
5	Qhapaq Ñan	Challhuapujo-1	Pecuario	PERMANENTE
6	Qhapaq Ñan	Challhuapujo-2	Pecuario	INTERMITENTE
7	Huarasayco Bajo	Chicchiqqa pucyu-1	Pecuario	INTERMITENTE
8	Huarasayco Bajo	Chicchiqqa pucyu-2	Pecuario	PERMANENTE
9	Santo Domingo	Collquamarca 1	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
10	Santo Domingo	Cusimachay	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
11	Huarasayco	Huarasayco 1	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
12	Huarasayco	Huarasayco 2	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
13	Huarasayco	Huarasayco 3	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
14	Huarasayco	Huarasayco 4	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
15	Huarasayco	Huarasayco 5	sin uso	SECO
16	Qhapaq Ñan	Jatun ojo	Pecuario	PERMANENTE
17	Qhapaq Ñan	Labrapucyu	Pecuario	PERMANENTE
18	Huarasayco	Llutupucyu	Pecuario/Agricola	INTERMITENTE
19	Huarasayco	Millera	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
20	Santo Domingo	Phosqo pucyu	MANANTE SALADO	PERMANENTE
21	Qhapaq Ñan	Pitupucyu	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
22	Huarasayco Bajo	Pucyu simi-1	Pecuario	INTERMITENTE
23	Huarasayco Bajo	Pucyu simi-2	Pecuario	TEMPORAL
24	Qhapaq Ñan	Quellopucyu	Poblacion	INTERMITENTE
25	Santo Domingo	Quellounu	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
26	Qhapaq Ñan	Quimsapucyu-1	Pecuario	TEMPORAL
27	Qhapaq Ñan	Quimsapucyu-2	Pecuario	PERMANENTE
28	Qhapaq Ñan	Quimsapucyu-3	Pecuario	PERMANENTE
29	Huarasayco Bajo	Roquechana pucyu	Pecuario	TEMPORAL
30	Qhapaq Ñan	Suwuana huaycco	Pecuario/Agricola	PERMANENTE
31	Qhapaq Ñan	Yanacuro-1	Pecuario	PERMANENTE
32	Qhapaq Ñan	Yanacuro-2	Pecuario	PERMANENTE
33	Qhapaq Ñan	Yanacuro-3	Pecuario	INTERMITENTE
34	Qhapaq Ñan	Yanacuro-4	Pecuario	PERMANENTE
35	Qhapaq Ñan	Yanacuro-5	Pecuario	PERMANENTE
36	Qhapaq Ñan	Yanacuro-6	sin uso	SECO

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



**IMAGEN 86: USO DE MANANTE MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De la imagen N°86, se tiene que el uso de los manantes en la microcuenca Santo Domingo-Acopia se distribuyen de diversas maneras resaltando el uso pecuario el cual refleja el 47% de uso total de los manantes, seguido por el uso pecuario /agrícola el cual tiene un 42% del uso total. Por lo tanto, se aprecia claramente que el recurso hídrico se utiliza principalmente para uso pecuario/agrícola.

**TABLA 190: REGIMEN Y USO DE MANANTES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MSIKIUNU**

MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU				
N°	SECTOR	NOMBRE DEL MANANTE	APROVECHAMIENTO	REGIMEN
1	Huayrachapi	Checchiyoc	Poblacion	PERMANENTE
2	Huayrachapi	Chullunquiani	Poblacion	PERMANENTE
3	Uypiña	Cospaña -1	Poblacion	TEMPORAL
5	Uypiña	Cospaña -2	Poblacion	PERMANENTE
4	Uypiña	Cospaña -3	Poblacion	PERMANENTE
6	Acopia	Hatun Cancha	Poblacion	INTERMITENTE
7	Hyruyoc	Hyruyoc	Poblacion	PERMANENTE
8	Miskiunu	Jataray -1	Poblacion	PERMANENTE
9	Miskiunu	Llavicanha pucyu	Poblacion	PERMANENTE
10	Miskiunu	Miskiunu-2	Poblacion	PERMANENTE
11	Unutoma	Osecoto huayca	Poblacion	PERMANENTE
12	Huayrachapi	Rumipunco-1	Poblacion	PERMANENTE
13	Huayrachapi	Rumipunco-2	Poblacion	TEMPORAL
14	Unutoma	Soltera pucyu	Poblacion	INTERMITENTE
15	Unutoma	Unutoma-1	Poblacion	PERMANENTE
16	Unutoma	Unutoma-2	Poblacion	TEMPORAL

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**IMAGEN 87: USO DE MANANTE MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU**



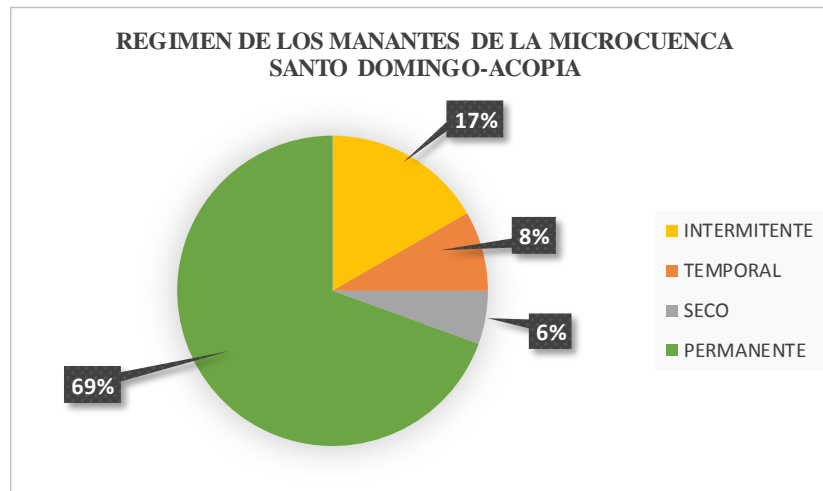
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De la imagen N°87, podemos decir en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu el recurso hídrico es completamente de uso poblacional o apto para el consumo humano.

#### 9.4.2. REGIMEN.

Con respecto al régimen tomamos en consideración la estacionalidad o el tiempo de permanencia de los diferentes manantes durante el transcurso de un año. Es así como clasificamos los manantes descritos anteriormente en: Permanentes, Temporales, Intermitentes y Secos.

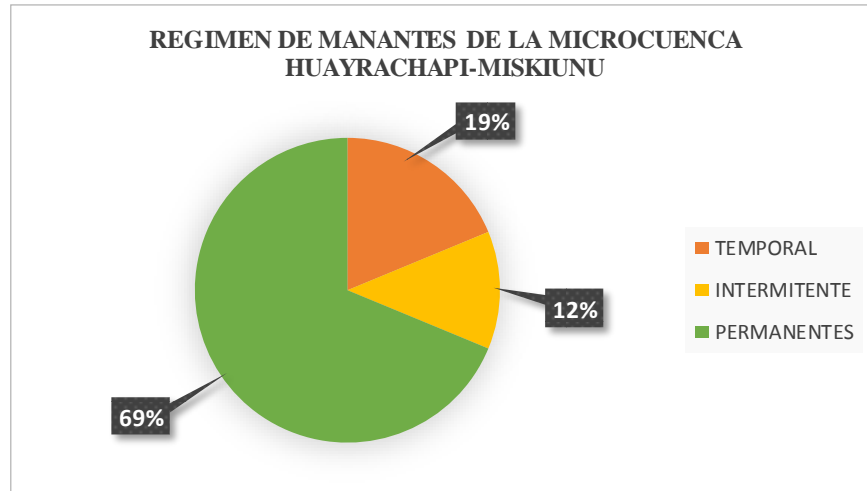
**IMAGEN 88: REGIMEN MANANTES MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De la Imagen N°88, observamos que el régimen predominante es el Permanente el cual ocupa el 68% del total, seguido por el régimen intermitente el cual ocupa el 17%, lo cual se corrobora con los datos tomados y con los gráficos antes referidos.

**IMAGEN 89: REGIMEN MANANTES MICROCUENCA HUAYRACHAPI – MISKIUNU.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu predomina el régimen permanente ocupando un 69%, el 19% es de régimen temporal y el 12% de régimen intermitente.

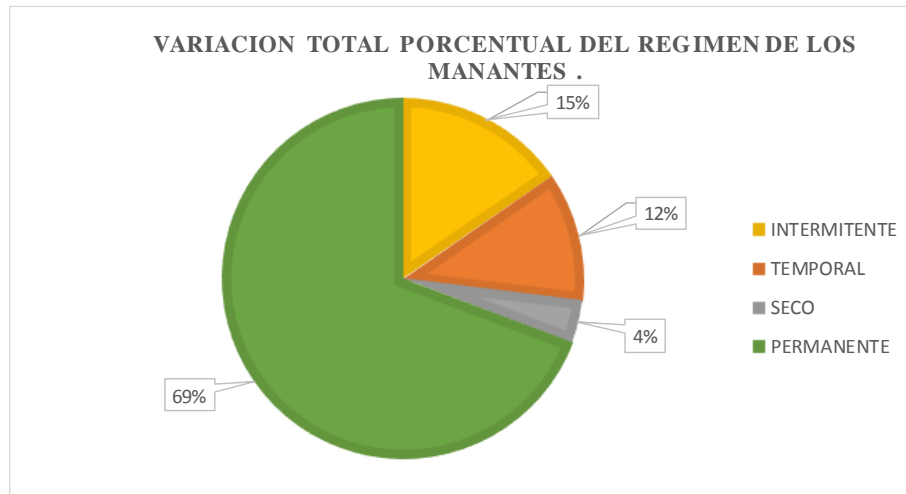
En resumen (ver Tabla N°191 e Imagen N°90), de las microcuencas en estudio tenemos que sus fuentes de agua (manantes), poseen en su mayoría regímenes permanentes debido a que 36 de los 52 manantes inventariados poseen este régimen ocupando un valor porcentual del 69.23%.

**TABLA 191: RESUMEN DEL REGIMEN DE LOS MANANTES DE LAS MICROCUENCAS EN ESTUDIO**

REGIMEN	N° MANANTES	%
PERMANENTE	36	69.23076923
INTERMITENTE	8	15.38461538
TEMPORAL	6	11.53846154
SECO	2	3.846153846
<b>TOTAL</b>	<b>52</b>	<b>100</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**IMAGEN 90: VARIACION TOTAL DE REGIMEN DE LOS MANANTES DE AMBAS MICROCUENCAS**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

## 9.5. PARAMETROS HIDRODINAMICOS.

### 9.5.1. POROSIDAD (n).

#### A. POROSIDAD EN SUELOS.

Respecto a los espacios del medio geológico donde se almacena el agua, podemos distinguir diferentes tipos de terrenos. Estos espacios intersticiales pueden ser originados por acumulación de material que generan poros relacionados con la génesis de la roca y que darán lugar a la porosidad primaria (típico de materiales sedimentarios). Otra posibilidad es que fenómenos geológicos secundarios afecten a la roca, como, por ejemplo, la alteración o la disolución, o la fracturación mecánica, que generan grietas o fisuras en el terreno que actúan como conductos para la circulación preferente del agua.

Entonces la porosidad es la relación entre el volumen de los poros o espacios vacíos de la muestra y su volumen total, lo cual se expresa en porcentajes (%). Por tanto, expresamos la porosidad total utilizando la siguiente razón:

$$Nt = \frac{Vp}{V} * 100$$

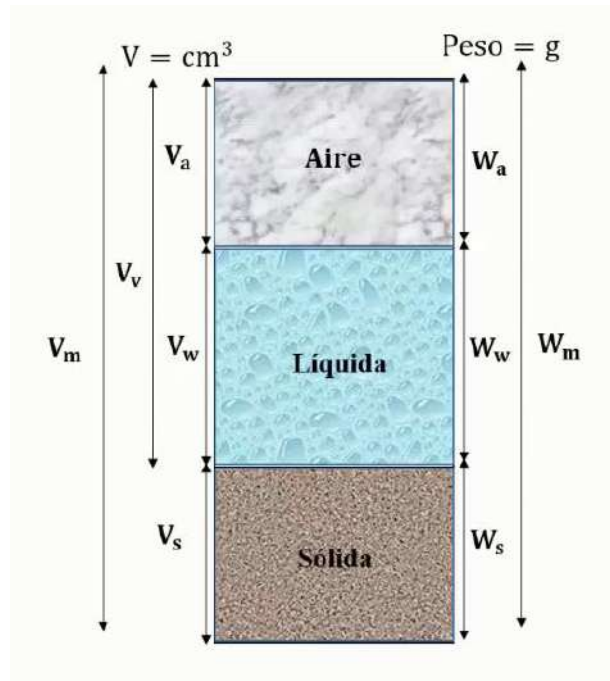
Donde:

Nt: Porosidad total

Vp: Volumen de poros o vacios

V: Volumen total

IMAGEN 91: RELACION VOLUMEN VS PESO



FUENTE: MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES, ING. CARLOS CRESPO VILLALAZ.2004

No obstante, esta porosidad total no es una magnitud interesante desde el punto de vista hidrológico, ya que a efectos de movimiento de agua sólo intervienen los poros interconectados.

Por ello introduciremos el concepto de porosidad efectiva o eficaz, es la relación entre el volumen de agua libre (agua liberada por la acción de la gravedad) y el volumen total. Las reservas útiles de un acuífero están condicionadas por la porosidad eficaz, también se denomina producción específica, la cual depende de la porosidad total y de las conexiones entre los poros. Si estas conexiones son mayores, la porosidad eficaz y la total se parecen mucho. Si estas conexiones son extraordinariamente tortuosas y muy, muy pequeñas, el agua tiene mucha dificultad para circular entre los poros y por lo tanto puede ser que la porosidad eficaz no tenga una buena conexión de poros.

Considerando el volumen total  $V$  y el volumen ahora únicamente de sus poros interconectados  $V_e$ , definimos como porosidad eficaz la siguiente razón:

$$Ne = \frac{V_e}{V}$$

Donde:

Ne: Porosidad eficaz o efectiva

Ve: Volumen de poros interconectados o volumen de agua

V: Volumen total

Por lo tanto, observamos que  $V_e$  es inferior a  $V_p$  (es evidente que el volumen de poros interconectados es inferior al volumen total de poros), tenemos que la porosidad eficaz es menor que la porosidad total.

De lo mencionado anteriormente, tenemos la siguiente relación, la cual se utilizó en el cálculo de la porosidad efectiva de las diferentes muestras tomadas en campo.

$$n = \frac{Ph - Ps}{V} * 100$$

Donde:

n: Porosidad (%)

Ph: Peso de la muestra húmeda. (SATURADA)

Ps: Peso de la muestra seca

V: Volumen

**Observación:** Cuando la muestra es saturada se dice que el volumen de aire es cero, por ello solo en este caso se indicaría que  $N_t = N_e$ .

En la zona de estudio para el cálculo de la porosidad se extrajeron 4 muestras de suelo: 2 en la Microcuenca Santo Domingo – Acopia y 2 en la Microcuenca Huayrachapi Mikiunu, posteriormente se realizó el cálculo de la Humedad (ASTM D-2216) y el peso específico (ASTM D 854-02) de las muestras de suelo para luego mediante cálculos matemáticos llegar a determinar el valor de la porosidad de las muestras extraídas, es así que los datos calculados se presentan en la tabla N° 193 y 194.

**TABLA 192: ESTIMACION DE LA POROSIDAD**

TIPO DE SUELO	POROSIDAD TOTAL (%)	POROSIDAD EFICAZ (%)
Arcilla	40 - 60	0-5
Limos	35 - 50	3-19
Arenas finas,arenas limosas	20 - 50	10-28
Arena grruesa o bien clasificada	21 - 50	22-35
Grava	25-40	13-26
Esquisto intacto	1-10	0.5-5
Esquisto fracturado/alterado	30 -50	-
Arenisca	5-35	0.5-10
Calizas,dolomias no carstificadas	0.1 - 25	0.1-5
Calizas,dolomias carstificadas	5-50	5-40
Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	0.01-1	0.005
Rocas ígneas u metamórficas fracturadas	1--10	0.00005-0.01

FUENTE: SANDERS 1998

**TABLA 193: CÁLCULO DE POROSIDAD PARA LA ZONA DE ESTUDIO**

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD									
MUESTRA Nº		1	2	5	4				
Volumen recipiente conteniendo muestra	cm3	108.000	108.000	108.000	108.000	108.000	108.000	108.000	108.000
Peso del Tarro	gr.	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
Peso del T. + Suelo Humedo	gr.	167.290	158.530	165.910	173.660	133.830	125.710	150.840	146.150
Peso del T. + Suelo Seco	gr.	141.880	150.710	146.190	154.860	105.760	110.420	133.660	128.730
Peso Suelo Humedo	Wm	122.290	113.530	120.910	128.660	88.830	80.710	105.840	101.150
Peso del Agua	Ww	25.410	7.820	19.720	18.800	28.070	15.290	17.180	17.420
Peso del Suelo Seco	Ws	96.880	105.710	101.190	109.860	60.760	65.420	88.660	83.730
Contenido de Humedad	W	26.228	7.398	19.488	17.113	46.198	23.372	19.377	20.805
PROMEDIO DE HUMEDAD	W	16.813		18.300		34.785		20.091	

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO Y POROSIDAD									
MUESTRA Nº		1	2	5	4				
Peso específico del Agua	$\gamma_w$	1.000	1.000	1.000	1.000				
Peso específico del Aire	$\gamma_a$	1.225	1.225	1.225	1.225				
Peso específico del suelo	$\gamma_s$	1.108	1.189	0.731	0.950				
Volumen de suelo	Vs	91.385	88.740	86.320	90.700				
Volumen de Agua	Vw	16.615	19.260	21.680	17.300				
Volumen de Aire	Va	0.000	0.000	0.000	0.000				
Volumen de Vacios	Vv	16.615	19.260	21.680	17.300				
Relacion de Vacios	e	0.182	0.217	0.251	0.191				
Porosidad	n	15.384		17.833		20.074		16.019	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



**FOTOGRAFÍA 59: ENSAYOS DE HUMEDAD Y PESO ESPECÍFICO DE LAS MUESTRAS DE SUELOS TOMADAS EN CAMPO.**

**TABLA 194: DESCRIPCION Y RESULTADOS DE POROSIDAD PARA LA ZONA DE ESTUDIO**

MUESTRA	SECTOR	COORDENADAS UTM			DESCRIPCION	POROSIDAD	PROMEDIO
		E	N	Z			
M1	MICROCUENCA SANTO DOMINGO- ACOPIA	228839	8439168	3881	Suelo tipo GM, Grava con limo, arcilla y arenas; plasticidad media, compacidad densa, color rojizo violáceo.	20.074	18.046
M2		229221	8441482	3770	Suelo tipo SW-SM, Arena bien gradada con limo y arcillas; plasticidad media, compacidad medianamente densa, color marrón rojizo.	16.019	
M3	MICROCUENCA HUAYRACHAPI- MISKIUNU	230719	8447532	3734	Suelo tipo GC-GM, Grava con arcillas y limos; plasticidad alta, compacidad densa, color marrón rojizo.	17.833	16.609
M4		231872	8446343	3902	Suelo tipo SM, Arena limosa con mezcla de gravas y limos; plasticidad media, compacidad densa, color rojizo violáceo.	15.384	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

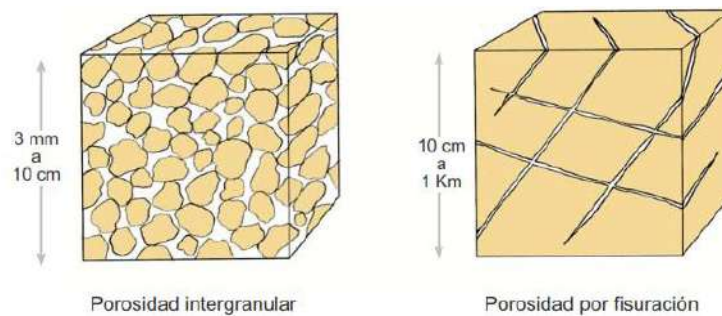


## B. POROSIDAD SECUNDARIA EN ROCAS.

Los poros de unas arenas o areniscas son porosidad primaria, mientras que las fracturas que se producen en una roca compacta son fracturas producidas por esfuerzos tectónicos denominado porosidad secundaria el cual depende del grado de fracturamiento, abertura, extensión de las discontinuidades y su relleno, también pueden deberse a otras causas como el enfriamiento de rocas volcánicas, planos de descompresión o discontinuidad sedimentaria, etc.. Las escalas señaladas en el dibujo son meramente indicativas, para mostrar que la porosidad por fisuración se presenta a escalas muy diversas.

Los bloques porosos tienen una alta porosidad primaria pero una baja conductividad hidráulica. mientras que las fracturas adyacentes tienen una baja capacidad de almacenamiento, pero alta conductividad

**IMAGEN 92: POROSIDAD PRIMARIA Y SECUNDARIA**



*Fuente: F. Javier Sánchez Román – Dpto. Geología – Universidad de Salamanca (España)*

**La Porosidad ( $\eta$ )** del macizo rocoso, es una medida de los intersticios o huecos presentes en una formación rocosa. Se define como la relación de volumen de vacíos  $V_v$  sobre el volumen total  $V$ .

$$\eta = \frac{V_v}{V}$$

Las formaciones rocosas fracturadas se componen de dos sistemas de porosidad:

- la porosidad intergranular o matriz porosidad ( $\eta_m$ ), formado por espacios vacíos intergranulares
- la porosidad secundaria desarrollada debido a fracturas y cavidades de solución, denominadas porosidad de fractura, ( $\eta_f$ ).

Por lo tanto, en rocas fracturadas, la porosidad total es la suma de porosidades de matriz y fractura, es decir

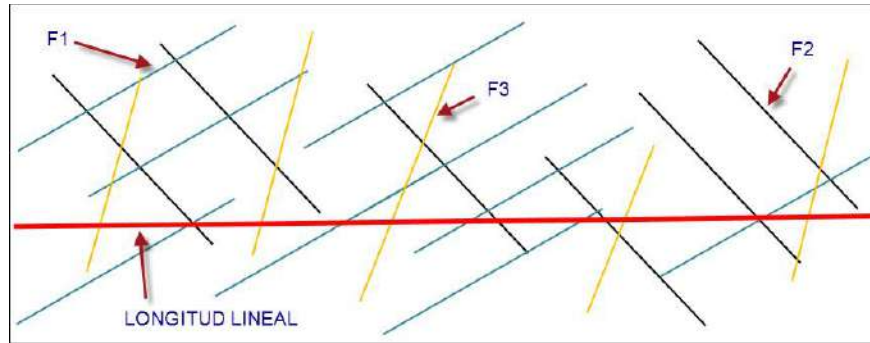
$$\eta = \eta_m + \eta_f$$
$$\eta_m = \frac{\text{Matrix void volume}}{\text{Total bulk volume}}$$
$$\eta_f = \frac{\text{Fracture void volume}}{\text{Total bulk volume}}$$

En laboratorio, la porosidad de las muestras de roca se puede estimar por inmersión en líquidos, prueba de densidad y por medidores de porosidad de gas (UNESCO 1984b). En campo, los métodos de registro geofísico como los métodos de resistividad, Neutrón y gama pueden ser usado para determinar la porosidad.

En el campo, la porosidad de la fractura se puede estimar a partir del método de la línea de exploración mediante la relación  $\eta_f = Fa$ , donde **F** es el número de juntas por unidad de distancia que cruzan una línea de exploración recta a través del afloramiento y **a** es la media apertura de fracturas. (Ver imagen N° 93)

Mediciones de laboratorio en una variedad de rocas fracturados muestran que la porosidad de la fractura  $\eta_f$  es considerablemente menor que la porosidad de la matriz.  $\eta_m$ .

**IMAGEN 93: REPRESENTACION PARA EL CALCULO DE LA POROSIDAD EN MACIZOS FRACTURADOS**



FUENTE: PROPIA, ELABORADO POR LOS TESISTAS.

En la zona de estudio teniendo en cuenta la formula  $\eta_f = Fa$ , para el cálculo de la porosidad secundaria en un macizo rocoso fracturado, es así que se realizó el cálculo de la porosidad secundaria para los macizos rocosos de la formación Anta, Gripo Mitu, la formación Arcurquina y el intrusivo Diorítico, tomando en cuenta los parámetros evaluados en la caracterización geomecánica del análisis de ventanas estructurales mencionado en el capítulo V, a continuación se muestran los cuadros resumen de dichos macizos rocosos mostrando los parámetros evaluados y el valor de porosidad secundaria.

**TABLA 195: CALCULO DE LA POROSIDAD SECUNDARIA EN LA FORMACION ARCURQUINA**

SISTEMA DE FRACTURAS FORMACION ARCURQUINA																
ESTACIONES	SET DE JUNTAS	DIP	DIPDIR	ESTE	NORTE	ALTITUD	TIPO DISCONTINUIDAD	# DISCONTINUIDAD	DISTANCIA LINEAL (m)	DENSIDAD DE DISCONTINUIDAD	RQD (%)	ESPACIAMIENTO (cm)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	APERTURA (cm)	POROSIDAD $\eta_f$ %
ESTACION 1	1	46	138	231686	8441608	3864	fractura/diacleasa	14	1.2	11.67	67.47	40	1	1	0.1	10.92%
	2	80	15				85					0.9	1	0.1		
	3	70	330				55					1.1	2	0.2		
	4	50	326				30					0.8	1	0.1		
	5	87	110				45					0.9	1.5	0.15		
ESTACION 2	1	70	15	232931	8445608	3941	fractura/diacleasa	12	1.5	8	80.88	55	1.2	1	0.1	10.80%
	2	30	315				150					1.5	2.5	0.25		
	3	55	350				90					0.6	1	0.1		
	4	65	120				75					0.4	0.5	0.05		
	5	58	150				45					1	1	0.1		
ESTACION 3	1	60	130	230781	8440918	3879	fractura/diacleasa	12	1	12	66.26	60	0.8	2	0.2	7.80%
	2	52	145				35					1.2	1.5	0.15		
	3	55	324				100					0.7	0.5	0.05		
	4	35	115				80					1	1	0.1		
	5	66	152				40					1.2	1.5	0.15		
ESTACION 4	1	78	95	230186	8440157	3864	fractura/diacleasa	12	1.3	9.231	76.4	60	1.3	1	0.1	9.36%
	2	73	23				120					1	0.5	0.05		
	3	40	130				66					0.5	1	0.1		
	4	20	298				50					0.5	0.5	0.05		
	5	84	189				40					1.2	3	0.3		
<b>PROMEDIO POROSIDAD EN FRACTURAS</b>															9.72%	

FUENTE: PROPIA, ELABORADO POR LOS TESISTAS.

**TABLA 196: CALCULO DE LA POROSIDAD SECUNDARIA EN EL GRUPO MITU**

SISTEMA DE DISCONTINUIDADES FRACTURAS GRUPO MITU																
ESTACIONES	ESTACIONES			ESTE	NORTE	ALTITUD	TIPO DISCONTINUIDAD	# DISCONTINUIDAD	DISTANCIA LINEAL (m)	DENSIDAD DE DISCONTINUIDAD	RQD (%)	ESPACIAMIENTO (cm)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	APERTURA (cm)	POROSIDAD (f %)
	SET DE JUNTAS	DIP	DIPDIR													
ESTACION 1	1	65	170	231720	8447686	3895	fractura/diacleasa	10	0.9	11.11	69.5	45	1.5	5	0.5	11.70%
	2	72	140				fractura/diacleasa					20	0.7	3.5	0.35	
	3	55	320				fractura/diacleasa					70	0.5	1	0.1	
	4	35	125				fractura/diacleasa					50	0.9	1	0.1	
	5	62	114				fractura/diacleasa					15	1.1	2.5	0.25	
ESTACION 2	1	53	68	232119	8446232	3912	fractura/diacleasa	13	1.2	10.83	70.51	20	0.5	2	0.2	31.20%
	2	65	140				fractura/diacleasa					45	0.9	1	0.1	
	3	55	135				fractura/diacleasa					15	1.3	8	0.8	
	4	50	345				fractura/diacleasa					80	0.7	3	0.3	
	5	52	138				fractura/diacleasa					35	1	4	0.4	
	6	60	152				fractura/diacleasa					30	1	2	0.2	
ESTACION 3	1	70	305	231099	8448564	4082	fractura/diacleasa	10	0.8	12.5	64.46	20	0.9	0.5	0.05	11.20%
	2	60	150				fractura/diacleasa					30	1	4	0.4	
	3	47	71				fractura/diacleasa					50	0.5	1	0.1	
	4	35	121				fractura/diacleasa					15	1.2	6	0.6	
	5	46	55				fractura/diacleasa					20	1.1	2.5	0.25	
ESTACION 4	1	50	170	230111	8449246	3948	fractura/diacleasa	11	1	11	69.9	70	1.4	15	1.5	22.55%
	2	60	135				fractura/diacleasa					30	1	3	0.3	
	3	75	60				fractura/diacleasa					15	0.8	0.5	0.05	
	4	45	130				fractura/diacleasa					20	1	2	0.2	
<b>PROMEDIO POROSIDAD EN FRACTURAS</b>															19.16%	

FUENTE: PROPIA, ELABORADO POR LOS TESISISTAS.

**TABLA 197: CALCULO DE LA POROSIDAD SECUNDARIA EN EL INTRUSIVO DIORITICO**

SISTEMA DE FRACTURAS INTRUSIVO DIORITICO																
ESTACIONES	ESTACIONES			ESTE	NORTE	ALTITUD	TIPO DISCONTINUIDAD	# DISCONTINUIDAD	DISTANCIA LINEAL (m)	DENSIDAD DE DISCONTINUIDAD	RQD (%)	ESPACIAMIENTO (cm)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	APERTURA (cm)	POROSIDAD (f %)
	SET DE JUNTAS	DIP	DIPDIR													
ESTACION 1	1	73	144	230157	8444305	3805	fractura/diacleasa	12	1.2	10	73.58	70	1.3	1.5	0.15	8.21%
	2	49	239				fractura/diacleasa					45	1.5	2	0.2	
	3	65	20				fractura/diacleasa					60	1.1	1	0.1	
	4	55	165				fractura/diacleasa					50	0.9	1.2	0.12	
ESTACION 2	1	72	45	229345	8442462	4063	fractura/diacleasa	15	1	15	55.78	60	1	3	0.3	3.75%
	2	60	68				fractura/diacleasa					90	0.7	1	0.1	
	3	55	160				fractura/diacleasa					70	1.2	1.5	0.15	
	4	61	140				fractura/diacleasa					150	1.3	1	0.1	
	5	50	135				fractura/diacleasa					80	0.5	0.5	0.05	
	6	58	265				fractura/diacleasa					50	0.9	2.5	0.25	
ESTACION 3	1	55	65	228124	8443606	4127	fractura/diacleasa	11	1.5	7.333	83.25	60	1.5	3.5	0.35	13.20%
	2	73	283				fractura/diacleasa					110	1	1	0.1	
	3	76	70				fractura/diacleasa					75	0.7	1	0.1	
	4	65	326				fractura/diacleasa					85	1.4	1.5	0.15	
	5	48	305				fractura/diacleasa					50	1.2	1	0.1	
ESTACION 4	1	42	265	227010	8442887	4274	fractura/diacleasa	9	1	9	77.25	80	1	0.5	0.05	2.70%
	2	75	72				fractura/diacleasa					100	1.1	0.5	0.05	
	3	62	213				fractura/diacleasa					50	1.3	1	0.1	
	4	30	50				fractura/diacleasa					130	1.4	1	0.1	
<b>PROMEDIO POROSIDAD EN FRACTURAS</b>															6.96%	

FUENTE: PROPIA, ELABORADO POR LOS TESISISTAS.

**TABLA 198: CALCULO DE LA POROSIDAD SECUNDARIA EN LA FORMACION ANTA.**

SISTEMA DE DISCONTINUIDADES FRACTURAS FORMACION ANTA																
ESTACIONES	SET DE JUNTAS	DIP	DIPDIR	ESTE	NORTE	ALTITUD	TIPO DISCONTINUIDAD	# DISCONTINUIDAD	DISTANCIA LINEAL (m)	DENSIDAD DE DISCONTINUIDAD	RQD (%)	ESPACIAMIENTO (cm)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	APERTURA (cm)	POROSIDAD $\eta_f$ %
2 47 59	fractura/diacleasa	20	1.1	1.5	0.15											
3 65 130	fractura/diacleasa	10	1.8	12	1.20											
4 85 132	fractura/diacleasa	18	0.7	3	0.30											
5 34 124	fractura/diacleasa	25	0.5	0.5	0.05											
6 65 38	fractura/diacleasa	12	1.2	1	0.10											
ESTACION 2	1 60 51	228074	8441142	3894	fractura/diacleasa	12	1	12	66.26	50	0.8	1	0.10	17.40%		
2 15 160	fractura/diacleasa				35					0.25	0.5	0.05				
3 60 146	fractura/diacleasa				10					0.9	3	0.30				
4 55 74	fractura/diacleasa				20					1.1	1.5	0.15				
5 81 140	fractura/diacleasa				15					1.3	6.5	0.65				
6 48 142	fractura/diacleasa				12					0.8	2	0.20				
ESTACION 3	1 66 105	227157	8440912	4087	fractura/diacleasa	15	1	15	55.78	35	1.2	8	0.80	27.75%		
2 55 15	fractura/diacleasa				50					0.9	2.5	0.25				
3 62 156	fractura/diacleasa				15					0.5	1.5	0.15				
4 75 140	fractura/diacleasa				20					0.35	1	0.10				
5 37 76	fractura/diacleasa				10					0.4	0.5	0.05				
6 30 150	fractura/diacleasa				12					0.9	5	0.50				
ESTACION 4	1 32 47	226460	8440282	4107	fractura/diacleasa	13	1.2	10.83	70.51	50	0.8	1.5	0.15	39.00%		
2 65 120	fractura/diacleasa				30					1.6	20	2.00				
3 80 110	fractura/diacleasa				20					1.2	2	0.20				
4 15 308	fractura/diacleasa				15					0.7	0.5	0.05				
5 54 91	fractura/diacleasa				10					0.6	1	0.10				
ESTACION 5	1 41 315	227106	8439110	4122	fractura/diacleasa	20	1.5	13.33	61.51	55	0.5	1.5	0.15	46.50%		
2 45 75	fractura/diacleasa				10					1.2	8	0.80				
3 15 328	fractura/diacleasa				15					1	1.5	0.15				
4 30 135	fractura/diacleasa				15					0.9	2.5	0.25				
5 50 27	fractura/diacleasa				23					0.5	0.5	0.05				
6 70 147	fractura/diacleasa				20					1	1.5	0.15				
ESTACION 6	1 56 84	228076	8438185	4124	fractura/diacleasa	9	1.3	6.923	84.69	35	0.9	3	0.30	18.72%		
2 73 159	fractura/diacleasa				25					1.1	6.5	0.65				
3 30 124	fractura/diacleasa				10					0.8	3	0.30				
4 55 8	fractura/diacleasa				20					0.5	1	0.10				
5 65 140	fractura/diacleasa				10					0.85	2.5	0.25				
ESTACION 7	1 75 135	228958	8437858	4051	fractura/diacleasa	11	1	11	69.9	45	0.5	1	0.10	12.10%		
2 64 125	fractura/diacleasa				15					0.6	0.5	0.05				
3 50 150	fractura/diacleasa				25					1	5.5	0.55				
4 80 128	fractura/diacleasa				10					0.4	0.5	0.05				
5 45 156	fractura/diacleasa				15					0.8	2	0.20				
6 62 80	fractura/diacleasa				12					0.8	1.5	0.15				
<b>PROMEDIO POROSIDAD EN FRACTURAS</b>															15.41%	

FUENTE: PROPIA, ELABORADO POR LOS TESISISTAS.

Por lo tanto, la porosidad total para cada unidad Hidrogeológica se expresa en el siguiente cuadro.

**TABLA 199: POROSIDAD TOTAL POR UNIDAD HIDROGEOLOGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO**

UNIDAD HIDROGEOLOGICA	POROSIDAD		
	$\eta_m$ %	$\eta_f$ %	$\eta$
<b>FORMACION ANTA</b>	18.046%	15.410%	33.456%
<b>GRUPO MITU</b>	16.609%	19.163%	35.771%
<b>FORMACION ARCURQUINA</b>	-	6.965%	6.965%
<b>INTRUSIVO DIORITICO</b>	-	9.720%	9.720%

FUENTE: PROPIA, ELABORADO POR LOS TESISISTAS.

### 9.5.2. LA PERMEABILIDAD (k).

Es un concepto más racional que la conductividad hidráulica, ya que la permeabilidad es independiente de las propiedades del fluido y depende solo de las propiedades del medio (factores intrínsecos). Entonces la permeabilidad de un acuífero y los factores intrínsecos son aquellos que dependen del propio acuífero ya que están relacionados con el tamaño de los poros. Así, por ejemplo, para un mismo fluido y un material con un tamaño de grano mayor será más permeable que el mismo material, pero con un tamaño de grano menor.

Por otro lado, los factores extrínsecos son aquellos que dependen del fluido, fundamentalmente de su viscosidad, que expresa la resistencia al corte ya que la viscosidad depende de la temperatura. Cabe destacar que los factores intrínsecos y los factores extrínsecos, ambos influyen en la conductividad hidráulica, es así que esta presenta un enorme rango de variabilidad, abarcando muchos órdenes de magnitud.

Entonces el coeficiente de permeabilidad de Darcy o Permeabilidad (k), es el volumen de agua libre que percola durante una unidad de tiempo a través de la unidad de superficie de una sección total de la capa acuífera, bajo la carga producida por una gradiente hidráulica unitaria (dimensión en darcys, m/día o cm/seg).

**TABLA 200: CLASIFICACION DE ACUIFEROS SEGÚN LA PERMEABILIDAD**

Valores (m/día)	PERMEABILIDAD										
	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	1	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>
<b>CLASIFICACION</b>	Impermeable		Poco permeable		Algo permeable		Permeable		Muy Permeable		
<b>CLASIFICACION DEL ACUIFERO</b>	Acuicludo		Acuitardo		Acuífero Pobre		Acuífero medio a Bueno		Acuífero		
<b>TIPO DE MATERIALES</b>	Arcilla Compactada Pizarra Granito		Limo arenoso Limo Arcilla limosa		Arena fina Arena limosa Caliza Fracturada		Arena limpia grava y arena Arena fina		Grava limpia		

FUENTE: E. CUSTODIO Y M. R. LLAMAS 2001

**TABLA 201: CLASIFICACION DE LA PERMEABILIDAD SEGÚN LA CAPACIDAD DE DRENAJE**

Valores (m/día)	PERMEABILIDAD									
	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	10	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>
<b>TIPO DE TERRENO</b>	Grava limpia		Arena limpia, mezcla de grava y arena		Arena fina, arena arcillosa, mezcla de arena, limo y arcilla, arcillas estratificadas		Arcillas no meteorizadas			
<b>CLASIFICACION</b>	Buenos acuíferos				Acuíferos pobres		Impermeables			
<b>CAPACIDAD DE DRENAJE</b>	Drenan bien				Drenan mal		No drenan			

FUENTE: E. CUSTODIO Y M. R. LLAMAS 2001

**TABLA 202: CLASIFICACION DE LA PERMEABILIDAD SEGÚN LA VELOCIDAD**

PERMEABILIDAD	MUY LENTA	LENTA	MODERADAMENTE LENTA	MODERADA	MODERADAMENTE ELEVADA
<b>K (cm/h)</b>	< 0.1	0.1 -0.5	0.5-2.0	2.0-6.5	6.5-12-5

FUENTE: "SOIL CONSERVATION SERVICE" E.E.U.U, basado en: E. CUSTODIO Y M. R. LLAMAS 2001.

**TABLA 203: CALIFICACION DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA**

K(m/día)	CALIFICACION	COMPORTAMIENTO
$K < 10^{-2}$	MUY BAJA	IMPERMEABLES
$10^{-2} < K < 1$	BAJA	ACUIFEROS POBRES
$1 < K < 10$	MEDIA	BUENOS ACUIFEROS
$10 < K < 100$	ALTA	
$K > 10$	MUY ALTA	

FUENTE: E. CUSTODIO Y M. R. LLAMAS 2001

### 9.5.2.1. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD LEFRANC EN CAMPO.

Este método se utiliza en suelos permeables o semipermeables, de tipo granular, situados por debajo del nivel freático, y en rocas fracturadas. Para realizar los ensayos de permeabilidad In situ, se llevó a cabo dos métodos, Las normas para la realización de estos ensayos se describen en AASHTO T 215 y ASTM D 2434 (para suelos granulares) y ASTM D 5048 (para todo tipo de suelos). Existen dos métodos para realizar el ensayo de Lefranc:

#### A. METODO DE CARGA CONSTANTE:

Se utiliza en suelos donde los valores de permeabilidad son altos, y se realiza en suelos de granulometría gruesa como arenas y gravas, primero se debe saturar el suelo hasta que el aire de los vacíos sea expulsado, lo cual permitirá lograr una infiltración más uniforme en el suelo, lo que conllevará a poder introducir un caudal conocido de manera que se mantenga un nivel constante dentro de la perforación. Cuando se estabiliza este proceso, con la medida conocida del caudal introducido, la longitud y el diámetro de la perforación, es posible calcular la permeabilidad de dicho suelo.

Para el cálculo de la permeabilidad por este método se determina primero el caudal circundante una vez que el sistema se encuentra en régimen (la cantidad de agua que ingresa es igual a la que sale), midiendo el tiempo  $t$  en el cual se llena un recipiente de volumen conocido (V).



$$Q = \frac{V}{t}$$

$$k = \frac{Q}{S}$$

Cuando el tubo está pegado al final del sondeo

Donde:

$$k = \frac{Q}{C * H}$$

$$C = 2.85 * D$$

Donde:

K: permeabilidad (m/día)

Q: Caudal (m3/seg)

D: diámetro de tubo

S: Área de sección (cm2)

H: altura de tubo (cm)

V: Volumen (m3)

t: Tiempo (seg)

C: Coeficiente de forma de la cavidad.



**FOTOGRAFÍA 60: PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN EL MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ANTA.**





**FOTOGRAFÍA 61: PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN EL MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ARCURQUINA.**



**FOTOGRAFÍA 62: PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN EL MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ANTA (ARENISCAS FRACTURADAS).**





*FOTOGRAFÍA 63: PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN EL MACIZO ROCOSO DEL GRUPO MITU.*

## **B. METODO DE CARGA VARIABLE:**

Se utiliza cuando la permeabilidad del suelo sea lo suficiente baja para determinar el nivel de agua certero, es decir, este método es más confiable y nos brinda mayor exactitud para suelos finos menos permeables tales como arcillas y limos, en este procedimiento se introduce o extrae un volumen de agua súbitamente en un sondeo y se mide tiempo-variación en la altura, con la medición de estos descensos en un tiempo determinado, se puede obtener la permeabilidad.

Para este método se utiliza la siguiente formula de acuerdo a los datos obtenidos en campo.

$$k = \frac{\pi * R^2}{4 * C * \Delta t} * Ln \frac{H1}{H2}$$

Donde:

k: permeabilidad

R: radio del tubo

C: Coeficiente de forma de la cavidad (cm)

H1: altura inicial

H2: altura final

$\Delta t$ : variación de tiempo





**FOTOGRAFÍA 64: PRUEBAS PERMEABILIDAD REALIZADA SOBRE SUELOS ALUVIALES EN LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.**



**FOTOGRAFÍA 65: PROCESO DE MEDICIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL SUELO EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**

En conclusión, después del procesamiento de datos, podemos decir que las permeabilidades de las formaciones geológicas y depósitos cuaternarios en las microcuencas de Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu, se clasifican de la siguiente manera en los siguientes cuadros:

**TABLA 204: CLASIFICACION DEL TIPO DE ACUIFERO SEGÚN LA PERMEABILIDAD**

ID	GRUPO O FORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	K (cm/s)	K (cm/hora)	K (m/día)	TIPO DE ACUIFERO TABLA 200	CAPACIDAD DRENAJE TABLA 201	VELOCIDAD TABLA 202	CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA TABLA 203	TIPO UNIDAD HIDROGEOLOGICA
1	<b>GRUPO ANTA</b>	Areniscas fracturadas con intercalacion de lutitas de 20 cm de espesor.	1.93E-03	6.94E+00	1.66E+00	Permeable	Drenan bien	Moderadamente elevada	Media	<b>ACUIFERO MEDIO A BUENO</b>
2	<b>GRUPO ANTA</b>	Conglomerados y areniscas fracturados con presencia de niveles de lutitas de 50 cm de espesor, clastos de calizas, intrusivo y volcanicos.	1.06E-03	3.81E+00	9.15E-01	Algo permeable	Drenan mal	Moderada	Baja	<b>ACUIFERO MEDIO A BUENO</b>
3	<b>FORMACION MURCO</b>	Areniscas y lutitas compactas	6.75E-05	2.43E-01	5.83E-02	Poco permeable	Drenan mal	Lenta	Muy baja	<b>ACUITARDO</b>
4	<b>INTRUSIVO DIORITICO</b>	Diorita moderadamente fracturada	4.52E-04	1.63E+00	3.91E-01	Algo permeable	Drenan mal	Moderadamente lenta	Baja	<b>ACUIFERO POBRE</b>
5	<b>GRUPO MITU</b>	Areniscas fracturadas, con niveles de conglomeradicos.	8.13E-04	2.93E+00	7.02E-01	Algo permeable	Drenan mal	Moderada	Baja	<b>ACUIFERO POBRE</b>
6	<b>GRUPO MITU</b>	Conglomerados y areniscas con intercalacion de lutitas.	1.36E-03	4.90E+00	1.18E+00	Permeable	Drenan bien	Moderada	Media	<b>ACUIFERO MEDIO A BUENO</b>
7	<b>FORMACION ARCURQUINA</b>	Calizas con vestigios de karstificacion, aveces fracturadas.	3.60E-04	1.30E+00	3.11E-01	Algo permeable	Drenan mal	Moderadamente lenta	Baja	<b>ACUIFERO POBRE</b>
8	<b>DEPOSITO ALUVIAL 2</b>	Arena bien gradada con limo y arcillas.	6.65E-04	2.39E+00	5.74E-01	Algo permeable	Drenan mal	Moderada	Baja	<b>ACUIFERO POBRE</b>
9	<b>DEPOSITO ALUVIAL 3</b>	Grava con limo, arcilla y arenas.	1.34E-02	4.83E+01	1.16E+01	Permeable	Drenan bien	Moderadamente elevada	Alta	<b>ACUIFERO MEDIO A BUENO</b>
10	<b>DEPOSITO ALUVIAL 1</b>	Arena limosa con intercalacion de gravas y limos.	1.24E-03	4.45E+00	1.07E+00	Permeable	Drenan bien	Moderada	Media	<b>ACUIFERO MEDIO A BUENO</b>

FUENTE: PROPIA, ELABORADO POR LOS TESISISTAS.

La tabla N° 200 de clasificación de acuíferos de acuerdo a permeabilidades en las unidades geológicas varían desde unidades Permeables hasta Poco permeables con 1.66 m/día a 0,0583 m/día respectivamente.

Según la tabla N° 201 de clasificación de las permeabilidades de acuerdo al tipo de drenaje estas se caracterizan por que drenan bien hasta las que drenan mal.

De acuerdo a la tabla N° 202 de la “Soil Conservation Service”, la permeabilidad de los materiales con respecto a la velocidad va de Moderadamente elevada a Lenta con valores de 42.90 cm/hr a 0,3685 cm/hr.

Respecto a la tabla N° 203 de Conductividad Hidráulica, la permeabilidad de los suelos y rocas varían desde Alta a Baja.

Concluyendo según los datos y las clasificaciones realizadas en la zona de estudio tenemos las siguientes unidades: Acuíferos y Acuitardos.

### 9.5.3. CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA.

Esta es una medida de la capacidad de un material rocoso o suelo para transmitir agua y se expresa en  $\text{ms}^{-1}$ . La conductividad hidráulica depende tanto de las propiedades del medio (material rocoso) como del fluido. Las propiedades fluidas que influyen en la conductividad hidráulica son la viscosidad ( $\mu$ ), que expresa la resistencia al corte, y el peso específico, ( $\gamma$ ), que expresa la fuerza motriz del fluido.

En formaciones sedimentarias, las características del tamaño de grano son importantes, en materiales de grano grueso y bien clasificados (ordenado) y tendrán una alta conductividad hidráulica en comparación con sedimentos de grano fino como limo y arcilla, además el aumento del grado de compactación y cementación reduce la conductividad hidráulica.

Este parámetro es una propiedad de los medios porosos que depende de la permeabilidad intrínseca, de la porosidad del medio y del grado de saturación que este tenga. Para evitar confusiones entre la Permeabilidad y la Conductividad Hidráulica, esta se expresa de la siguiente manera, según (Libro: Modeling Groundwater Flow and Contaminant Transport, page 118, by Jacob Bear and Alexander H.D. Cheng):

$$K = \frac{k_i * \rho * g}{\mu}$$
$$K = \frac{k_i * g}{v}$$

Donde:

K: Conductividad hidráulica

$k_i$ : Permeabilidad intrínseca o coeficiente de permeabilidad.

$\mu$ : coeficiente de viscosidad dinámica del agua

v: coeficiente de viscosidad cinemática del agua  
ρ: densidad del fluido  
g: aceleración de la gravedad

La permeabilidad intrínseca define la capacidad de un medio de transmitir un fluido y esta propiedad esta únicamente en función del medio por lo que es independiente de las propiedades del fluido, ósea es una función de la porosidad, no del fluido.  $K_i$  de cualquier material poroso se expresa mediante la siguiente formula:

$$k_i = C * d^2$$

Donde:

$K_i$ : Permeabilidad intrínseca o coeficiente de permeabilidad.

C: Constante adimensional relacionada con la configuración del fluido

d: Diámetro promedio de los poros del material

### **9.5.3.1. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DE MEDIOS FRACTURADOS.**

Las fracturas controlan las características hidráulicas de las rocas de baja permeabilidad, como rocas cristalinas, volcánicas y carbonatadas. También algunas formaciones clástico sedimentarias como areniscas, lutitas, lajas glaciares y arcillas. Las fracturas forman las vías principales para el movimiento de fluidos y contaminantes.

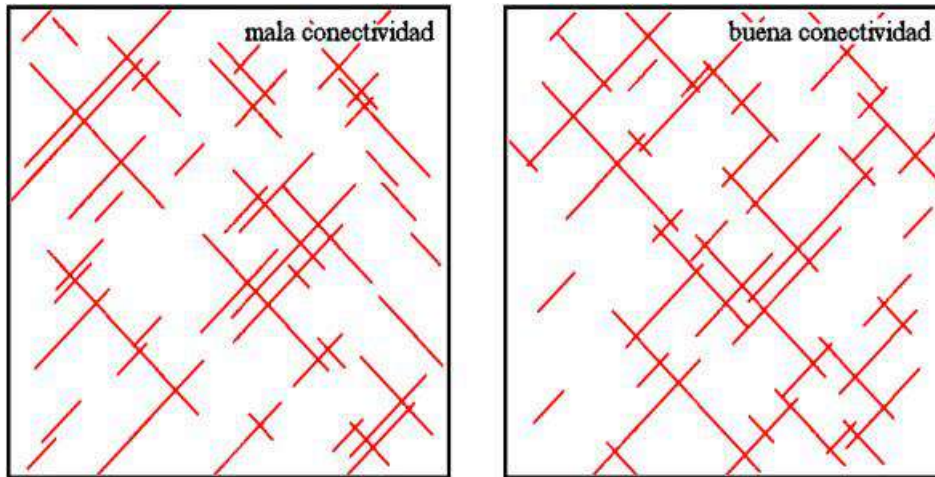
La conductividad hidráulica a través de fracturas está inversamente relacionada con las tensiones normales y la profundidad, ya que la tensión normal tiende a cerrar las fracturas y reducir la conductividad hidráulica.

También se ha observado que la permeabilidad en las fracturas se reduce con el aumento de la temperatura, ya que la temperatura aumenta con la profundidad, se produce una expansión térmica en las rocas que conduce a la reducción de la abertura de fractura y la correspondiente disminución de la permeabilidad. Además, esta también se ve afectada por la cementación, el relleno, la edad y la intemperie.

Las fracturas paralelas, pero no interconectadas (mala interconectividad) imparten una fuerte anisotropía al macizo rocoso, por otro lado, mayor número de fracturas paralelas e interconectadas tienden a reducir la anisotropía. Además, mayores longitudes de fractura, mayor densidad de fractura y mayor abertura aumentan la conductividad hidráulica.



**IMAGEN 94: IMPORTANCIA DE LA CONECTIVIDAD PARA EL FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN MACIZOS ROCOSOS.**



FUENTE: FRANCISCO PADILLA -UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA, ESPAÑA 2011

Por lo tanto, en resumen, para los estudios hidrogeológicos, es extremadamente importante comprender y describir la estructura del macizo rocoso, cuantificar el patrón y la naturaleza de sus discontinuidades (van Golf-Racht 1982; Sharp 1993; Lee y Farmer 1993; de Marsily 1986).

En rocas fracturadas, se puede hacer una distinción entre la conductividad hidráulica de la fractura  $K_f$ , y del material intergranular (matriz)  $K_m$ , ya que las fracturas forman el principal conducto por donde fluye el agua, la conductividad hidráulica en rocas fracturadas principalmente depende de las características de las fracturas por ejemplo abertura, espaciamiento, esfuerzo, relleno, conexión entre fracturas etc, (Fuente: Applied Hydrogeology of Fractured Rocks 2010, page 144, by B.B.S. Singhal and R.P. Gupta).

Además, la permeabilidad de las fracturas ( $k_f$ ) pueden variar dependiendo de la abertura de la fractura y la interconectividad.

La relación entre la conductividad hidráulica  $K_f$  de un plano fracturado con una abertura (a) se muestran a continuación:

$$K_f = \frac{\gamma a^2}{12\mu}$$

Donde:

$\gamma$  : Peso específico del agua

$a$ : Abertura de la fractura

$\mu$ : coeficiente de viscosidad dinámica del agua



El equivalente de la conductividad hidráulica de un macizo rocoso ( $K_s$ ), con un set de fracturas paralelas se expresan por la siguiente expresión:

$$K_s = \frac{a}{s} * K_f + K_m$$

$$K_s = \frac{\gamma a^3}{12s\mu} + K_m$$

Usualmente  $K_m$  es muy bajo o nulo, excepto cuando la matriz de la roca es porosa y/o las fracturas están rellenas con material impermeable (arcillas), en fracturas con rellenos, la conductividad hidráulica de la fractura dependerá de la permeabilidad del material de relleno, suponiendo que esta permeabilidad sigue siendo significativamente mayor que el de la matriz de roca, esto se evidencio en el levantamiento de estaciones geomecánicas en donde el material de relleno de las discontinuidades es permeable, por lo tanto,  $K_f > K_m$ , entonces para fines de este estudio trabajaremos con la siguiente ecuación:

$$K_s = \frac{\gamma a^3}{12s\mu}$$

$$K_s = \frac{g a^3}{12s v}$$

Donde:

$K_s$ : Conductividad hidráulica del macizo rocoso (cm/s, m/s, m/día).

$\mu$ : coeficiente de viscosidad dinámica del agua (gr/cm.s).

$v$ : coeficiente de viscosidad cinemática del agua (cm<sup>2</sup>/s).

$\gamma$ : densidad del fluido (gr/cm<sup>3</sup>).

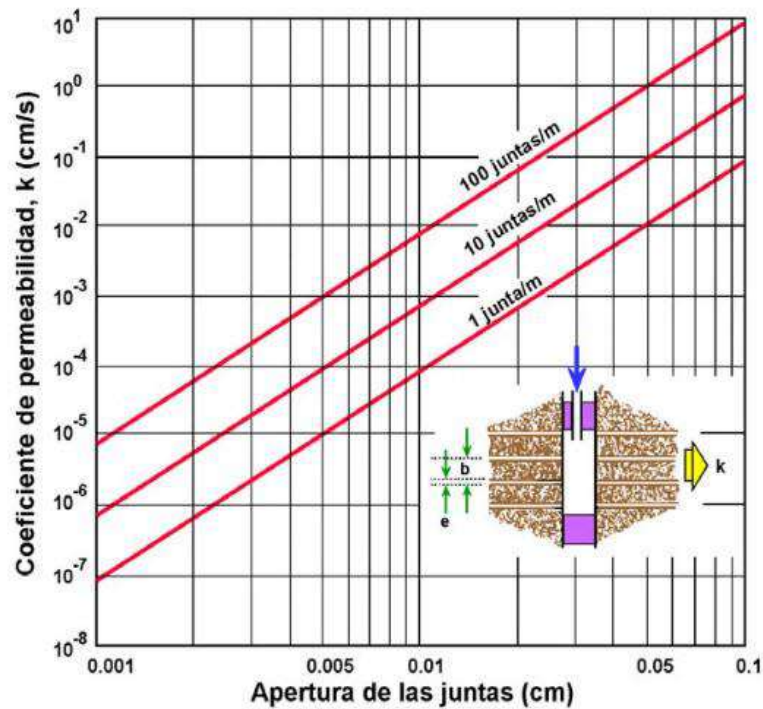
$g$ : aceleración de la gravedad (cm/s<sup>2</sup>).

$a$ : Promedio de aberturas de las fracturas (cm).

$s$ : Promedio de espaciamiento entre fracturas (cm).

Influencia de las aberturas ( $a$ ) y espaciamiento ( $s$ ) de las fracturas en la conductividad hidráulica a lo largo de la dirección de un juego de fracturas en un macizo rocoso.

IMAGEN 95: RELACIÓN ENTRE PERMEABILIDAD, ABERTURA Y ESPACIADO ENTRE JUNTAS.



FUENTE: HOEK, E. Y BRAY, J.W. (1981). ROCK SLOPE ENGINEERING; INSTITUTION OF MINING AND METALLURGY

TABLA 205: CLASIFICACION DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA PARA DIFERENTES TIPOS DE MATERIALES GEOLOGICOS

RANGO DE VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA PARA VARIOS TIPO DE MATERIALES GEOLOGICOS														
CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA (m/s)	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-13</sup>
VALORES RELATIVOS	MUY ALTO		ALTO		MODERADO			BAJO			MUY BAJO			
Grava	←→													
Arena limpia		←→												
Arena limosa			←→											
Arcilla				←→										
Lutita y limonita (No fracturada)					←→									
Lutita y limonita (Fracturada)						←→								
Arenisca						←→								
Arenisca Fracturada				←→										
Caliza y Dolomita						←→								
Caliza karstica y Dolomita				←→										
Basalto masivo							←→							
Basalto fracturado y vesicular				←→										
Roca cristalina fracturada y alterada					←→									
Roca cristalina masiva								←→						

FUENTE: APPLIED HYDROGEOLOGY OF FRACTURED ROCKS 2010, BY B.B.S. SINGHAL AND R.P. GUPTA.

**TABLA 206: CLASIFICACION DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA EN LOS MACIZOS ROCOSOS DE LA ZONA EN ESTUDIO.**

LITOLOGIA	ARENISCAS / CONGLOMERADO (FM. ANTA)	CALIZAS (FM. ARCURQUINA)	DIORITA (INTRUSIVO)	CONGLOMERADO (GPO. MITU)
$\mu$ (g/cm·s)	1.01E-02			
$\nu$ (cm <sup>2</sup> /s)	1.01E-02			
$g$ (cm/s <sup>2</sup> )	981			
$\gamma$ (N/m <sup>3</sup> )	9.81			
$a$ (cm)	0.133	0.093	0.096	0.128
$s$ (cm)	22.100	66.050	77.105	34.750
$K_s$ (cm/s)	8.52E-01	9.70E-02	9.23E-02	4.83E-01
$K_s$ (m/s)	8.52E-03	9.70E-04	9.23E-04	4.83E-03
$K_s$ (m/día)	7.36E+02	8.38E+01	7.97E+01	4.17E+02
<b>CALIFICACION</b>	<b>ALTA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>

FUENTE: PROPIA, ELABORADO POR LOS TESISISTAS.

#### 9.5.4. TRANSMISIBILIDAD O TRANSMISIVIDAD (T).

Es una medida de la capacidad de un acuífero para conducir agua o transmitir agua, definiéndose como el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, a través de una franja vertical de acuífero de ancho unitario, extendida en todo el espesor saturado, cuando el gradiente hidráulico es unitario y a una temperatura de 15°C (Arocha 1980).

La Transmisividad de un acuífero es un concepto que asume que el flujo a través de él es horizontal. En algunos casos este supuesto es válido, pero en otros no. También nos indica la posibilidad que ofrece un acuífero de cara a su explotación. Su determinación, a veces puede hallarse mediante prueba de bombeo; también se puede deducirla conociendo los valores de  $b$  y  $K$

Esta se define como:

$$T = b * k$$

Donde:

T: Transmisividad (m<sup>2</sup>/día).

b: Espesor saturado del acuífero (m).

K: Conductividad hidráulica (m/día).

**TABLA 207: CLASIFICACION DE LA TRANSMISIVIDAD Y LAS POSIBILIDADES DEL ACUIFERO**

T(m <sup>2</sup> /día)	CALIFICACION	POSIBILIDADES DEL ACUIFERO
T < 10	MUY BAJA	Menos de 1 L/s con 10 metros de depresion
10 < T < 100	BAJA	Entre 1 y 10 L/s con 10 metros de depresion
100 < T < 500	MEDIA A ALTA	Entre 10 y 50 L/s con 10 metros de depresion
500 < T < 1000	ALTA	Entre 50 y 100 L/s con 10 metros de depresion
T < 1000	MUY ALTA	Mas de 100 L/s con 10 metros de depresion

FUENTE: IGME 1984

**TABLA 208: VALORES DE TRANSMISIVIDAD POR UNIDAD GEOLOGICA.**

ZONA	LITOLOGIA	K (m/día)	b (m)	T (m <sup>2</sup> /día)	DESCRIPCION
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU	CONGLOMERADO (GPO. MITU)	9.39E-01	26.000	24.419	BAJA
	CALIZAS (FM. ARCURQUINA)	3.11E-01	90.000	28.008	BAJA
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	ARENISCAS/CONGLOMERADO (FM. ANTA)	1.29E+00	215.000	277.279	MEDIA A ALTA
	CALIZAS (FM. ARCURQUINA)	3.11E-01	70.000	21.784	BAJA
	DIORITA (INTRUSIVO)	3.91E-01	80.000	31.249	BAJA

FUENTE: PROPIA, ELABORADO POR LOS TESISISTAS.

**TABLA 209: VALORES DE TRANSMISIVIDAD POR MICROCUENCA.**

ZONA	K (m/día)	b (m)	T (m <sup>2</sup> /día)	DESCRIPCION
MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	5.57E-01	694.000	386.263	MEDIA A ALTA
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU	7.30E-01	266.000	194.145	MEDIA A ALTA

FUENTE: PROPIA, ELABORADO POR LOS TESISISTAS.

### 9.5.5. COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S).

Este coeficiente puede definirse como el volumen de agua que un acuífero es susceptible de liberar (o tomar) por unidad de superficie como resultado del cambio (aumento o disminución) de una unidad en el nivel piezométrico. De forma análoga a la transmisividad, el coeficiente de almacenamiento puede expresarse como:

$$S = S_s * b$$

Donde:

- S: Coeficiente del almacenamiento
- Ss: Almacenamiento específico ( $m^{-1}$ )
- b: Espesor saturado (m)

Se trata de un parámetro adimensional y su valor depende de si el acuífero es confinado o no confinado para así tener en cuenta el cálculo del almacenamiento específico o del rendimiento específico.

#### 9.5.5.1. RENDIMIENTO ESPECÍFICO ( $S_y$ ).

Se define a la porosidad drenable o rendimiento específico, Specific yield ( $S_y$ ) como el volumen de agua liberada por una columna de acuífero libre de área unitaria (por acción de la gravedad), por un descenso unitario de la carga hidráulica.

El coeficiente de almacenamiento S de un acuífero no confinado para todos los fines prácticos es considerado igual a su rendimiento específico  $S_y$  o porosidad efectiva, ( $\eta_e$ ) (Hantush 1964). El coeficiente de almacenamiento en acuíferos no confinados varía de 0.05 a 0.30.

Ya que la porosidad efectiva  $N_e = V_e/V_t$  entrega una estimación del volumen del agua que puede entregar un acuífero libre. El rendimiento específico depende de la duración de drenaje, temperatura, composición mineral de agua, tamaño de grano y otras características texturales del material del acuífero, entonces la relación entre la capacidad de almacenamiento y la compresibilidad del material del acuífero y del agua puede ser expresado como:

$$S = S_y$$

$$S_y = b\rho gn\left(\beta + \frac{\alpha}{n}\right)$$

Donde:

- S: Coeficiente de almacenamiento (adimensional)
- $S_y$ : Rendimiento específico (adimensional)
- b: Espesor saturado del acuífero (m)
- $\rho$ : Densidad del agua ( $kg/m^3$ )
- g: Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )
- $\alpha$ : Compresibilidad del terreno ( $m^2/N$ )
- $\beta$ : Compresibilidad del agua ( $m^2/N$ )
- n: Porosidad (%)

La compresibilidad del agua ( $\beta$ ), es el módulo de compresibilidad del agua:

$$B = \frac{\Delta p}{\frac{\Delta V_w}{V_w}}; \Delta V_w = \frac{1}{B} * \Delta p * V_w = \beta * \rho g 1 * m e * 1 * 1 * b = \beta \gamma \gamma m e b$$

De donde tenemos que el módulo de compresibilidad del agua subterránea, equivale a:

$$\beta = 4.4 * 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$$

**TABLA 210: VALORES DE COMPRESIBILIDAD DEL TERRENO**

MATERIAL	COMPRESIBILIDAD DEL TERRENO ( $\alpha$ )	
ARCILLA	1.00E-06	1.00E-08
ARENA	1.00E-07	1.00E-09
GRAVA	1.00E-08	1.00E-10
ROCA FRACTURADA	1.00E-08	1.00E-10
ROCA COMPETENTE	1.00E-09	1.00E-11

FUENTE: POSTGRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA APLICADO A EXPLORACION Y EXPLOTACION MINERA-UNMSM-2019

**TABLA 211: VALORES DE ESPESOR SATURADO, POROSIDAD POR MICROCUENCA DE ESTUDIO**

ZONAS	b (m)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	$\alpha$ (m <sup>2</sup> /N)	$\beta$ (m <sup>2</sup> /N)	n (%)
MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA	694	1000	9.8	5.05E-09	0.00000000044	18.0462963
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU	266	1000	9.8	5.05E-09	0.00000000044	16.6087963

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 212: CLASIFICACION DEL TIPO DE ACUIFERO DE ACUERDO AL EXPONENCIAL DE Sy.**

TIPO DE ACUIFERO	EXPONENCIAL
Libre	0,3 a 0,01 (3.10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-2</sup> )
Semiconfinado	10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-4</sup>
Confinado	10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-5</sup> (o menor)

FUENTE: ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE HIDROGEOLOGOS, (AIH), 1983.



**TABLA 213: VALORES DE  $S_y$  EN LAS MICROCUENCAS EN ESTUDIO.**

ZONAS	$S_y$
MICROCUENCA SANTO DOMINGO -ACOPIA	8.84E-02
MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU	3.22E-02

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Entonces se evidencia y se concluye que las Microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu tienen acuíferos fracturados de tipo libre con un valor de  $S = 0.0884$  o  $8.84 \text{ E}^{-2}$  y  $S = 0.0322$  o  $3.22 \text{ E}^{-2}$  correspondientemente (ver Tabla N°213).

### 9.5.6. DIRECCIÓN DE FLUJO.

Tal como se expuso anteriormente, existen niveles de agua a diferentes altitudes, aunque la mayoría son someros. La red de Isovalores actual incluye niveles de agua de diferentes profundidades hallados de los datos de manantiales, de los SEV tomados y ocurrencias de agua.

Con la información adquirida se determinó los niveles de agua encontrados, correlacionándose entre ellos utilizando el modelo de Kriging generando así tendencias de dirección y de acuerdo a la distribución de esta red de monitoreo se han construido un mapa de isovalores para conocer las direcciones de flujo de las aguas subterráneas a diciembre de 2019, (ver Anexos – Mapa de Flujos). Como interpretación se observa que la Microcuenca Santo Domingo-Acopia tiene un gradiente general de flujo con dirección SW a NE paralela al río principal, además se observa que estas direcciones de flujo se concentran hacia el centro del valle de esta microcuenca.

Por otro lado, la Microcuenca Huayrachapi-Miskiunu tiene un gradiente de flujo de NE-SW a E-W, a favor de la pendiente en este sector.

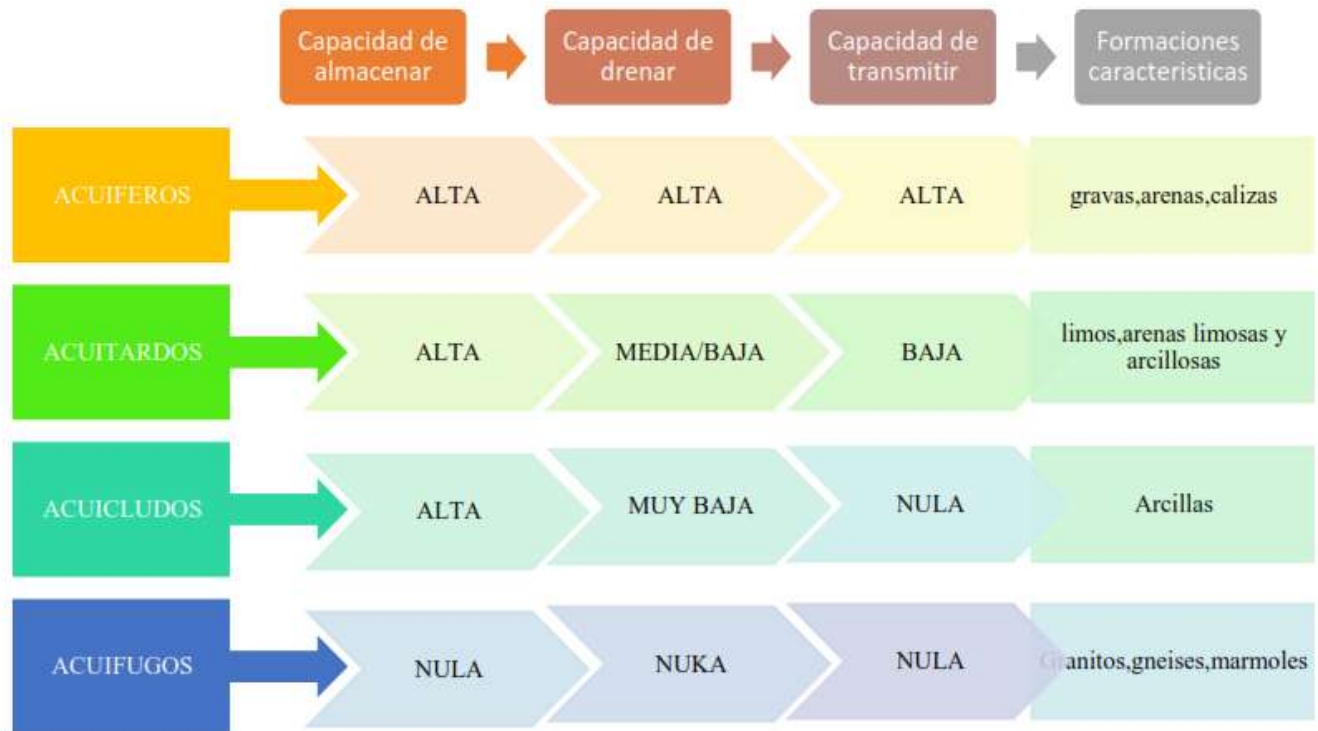
## 9.6. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.

Se considera que el medio físico donde se mueve el agua y se realizan todos los fenómenos relacionados con la hidrología subterránea es un ambiente geológico. Esto significa que un estudio estructural, litológico y textural de las formaciones litológicas o rocas en las que se mueve el agua, constituyen un paso previo al estudio hidrológico de una región.

Por lo tanto, hablamos de diversos factores los cuales determinan las características físicas y químicas de la roca almacén estos son la porosidad, permeabilidad y transmisibilidad, los factores tectónicos y estratigráficos determinan las dimensiones y geometría de los mantos acuíferos. De acuerdo a estas características podemos diferenciar el comportamiento Hidrogeológico (ver Imagen N° 96) de las unidades litológicas de la de la siguiente manera:

- A. ACUIFEROS:** Deben ser entendidos como formaciones geológicas subterráneas permeables, susceptibles de almacenar y transmitir el agua. (gravas arenas, calizas, etc.) Tienen capacidad de drenaje alto en las que se pueden perforar pozos y sondeos con el fin de satisfacer las necesidades humanas de abastecimiento, agricultura, industria, ganadería, etc.
- B. ACUITARDOS:** Son capaces de almacenar agua en cantidades muy importantes, pero las transmiten con dificultad en todo caso muy lentamente; se suele denominar con frecuencia formaciones semipermeables (limos, arenas limosas, arenas arcillosas, etc.) y su capacidad de drenaje es media a baja; no son de interés para la obtención de caudales que puedan servir a alguna necesidad hídrica, pero en la naturaleza juegan un papel muy importante como elementos transmisores del agua en recargas verticales a través de grandes superficies.
- C. ACUICLUDOS:** Pueden almacenar agua en grandes cantidades, pero no tiene la posibilidad de trasmitirla y se drenan con mucha dificultad; el agua se encuentra encerrada en los poros de la formación y no puede ser liberada (arcillas, arcillas plásticas, limos arcillosos, etc.). En hidrogeología clásica, se asumen como impermeables.
- D. ACUIFUGOS:** son incapaces de almacenar y de trasmitir el agua, están representados por las rocas compactas, como granitos y gneis, y a veces incluso calizas muy compactas sin karstificar; se muestran como impermeables salvo que existan fracturas que pueden permitir flujos.

**IMAGEN 96: FORMACIONES GEOLOGICAS FRENTE AL AGUA.**



FUENTE: LUIS L. GONZALEZ DE VALLEJO.

## 9.7. DESCRIPCIÓN DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.

En las microcuencas en estudio Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu, se identificaron acuíferos y acuitardos. De los acuíferos identificados se tienen que son acuíferos porosos no consolidados, acuíferos fisurados y acuíferos kársticos; los cuales se relacionaron respectivamente con sus parámetros hidrométricos (permeabilidad y porosidad) con su nivel de producción. (ver Anexos – Mapa de Acuíferos)

### 9.7.1. ACUÍFEROS.

Los acuíferos se clasifican en cuanto a sus características hidrodinámicas (estructura, comportamiento hidráulico) se clasifican en: libres, confinados o semiconfinados, según su textura en porosos (consolidados y no consolidados) y fisurados, finalmente según su litología en Detríticos, Carbonatados.

### **9.7.1.1. ACUÍFERO HIDROMÓRFICO.**

Está constituido por acumulaciones orgánicas constituyendo humedales alto andinos, los cuales son altamente higroscópicos es decir son capaces de absorber humedad del agua.

En la caracterización de los suelos hidromórficos es importante definir el régimen de humedad de éstos (Jaramillo 2002):

Perácuico: en esta condición, el suelo presenta un nivel freático (superficie de la lámina de agua libre del suelo) en o cerca de la superficie permanentemente como ciénagas, pantanos u otras depresiones cerradas. (SSS 2014)

En el caso de nuestros acuíferos se cataloga como un acuífero hidromórfico de tipo peracuico, el cual se encuentra ubicado en la zona de la microcuenca Santo Domingo-Acopia ubicado entre la laguna de Acopia y la comunidad campesina de Santo Domingo.

### **9.7.1.2. ACUÍFEROS FISURADOS.**

Antes de mencionar los acuíferos fisurados en la zona de estudio, debemos tener presente los diversos fenómenos tectónicos regionales y locales, de los cuales dependerá mucho el sistema de fracturas o diaclasas que estos acuíferos tengan, para que de esta forma conozcamos más sobre el comportamiento de la circulación y almacenamiento de agua subterránea.

#### **SISTEMA FISURADO:**

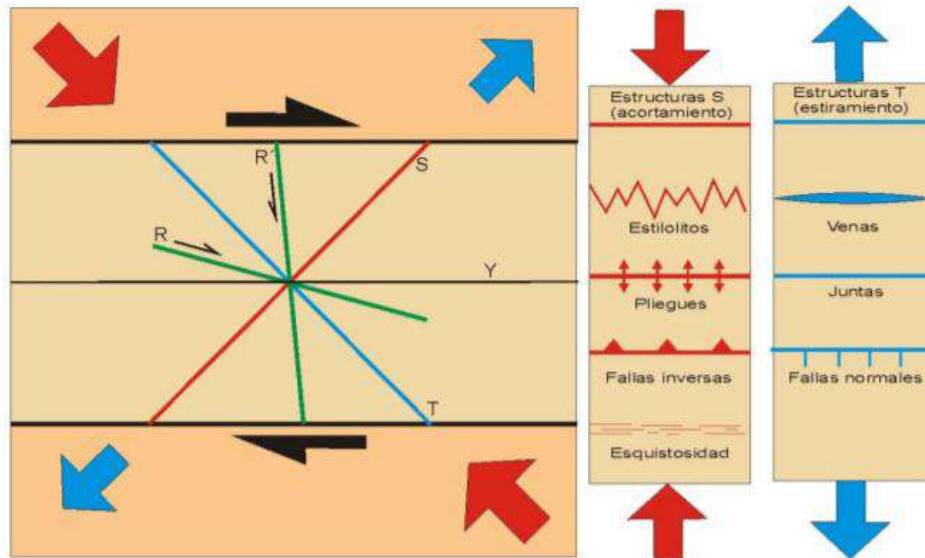
El sistema fisurado en la zona de estudio se debe básicamente al dominio tectónico del Altiplano-Occidental y a los diferentes ciclos tectónicos, se infiere que existió una tectónica distensiva y posteriormente una tectónica compresiva formándose así grabens y horst en donde se formaron cuencas terciarias continentales, tal como se detalló más específicamente en el capítulo V Geología Estructural.

Se observa diferentes esfuerzos y deformaciones producidas por fallas regionales tales como: el sistema de fallas Chinchaypujio-Paruro –Acomayo (SF CPA) con una dirección E-O, y Casacunca-Acomayo-Langui-Layo (SF CALL) con una dirección NW-SE. Destacando fallas locales las cuales son parte de estos sistemas, en la microcuenca Santo Domingo-Acopia la deformación producida por la falla Collquemarca y Tungasuca, las cuales fueron identificadas como fallas normales de rumbo (Sinestral), estos movimientos originaron fracturas secundarias R y R', de Riedel.

Entonces según el modelo de Riedel al tener movimiento de cizalla o rumbo se generan esfuerzos tensionales y compresionales generando así deformaciones plásticas o dúctiles como la presencia de pliegues los cuales siguen un patrón andino con dirección NW-SE, las cuales sufrieron esfuerzos compresivos, este tipo de estructuras actuarían como depósitos tipo cubetas en el almacenamiento de agua subterránea (sinclinal); y deformaciones frágiles formando fracturas tensionales o diaclasas con dirección SW-NE y NW-SE, además presencia de fallas normales, predominando y dando el control estructural a la zona de estudio, generando así la buena circulación y almacenamiento de agua subterránea.

En la microcuenca Huayrachapi Miskiunu destaca la falla Sangarará la cual está relacionada con actividad cuaternaria extensional, siendo una falla normal con dirección N55°W y buzamiento de 65° al suroeste en promedio, estas fracturas son producidas por esfuerzos tensionales generando una deformación frágil y como resultado predominancia de juntas o diaclasas.

**IMAGEN 97: FRACTURAS SECUNDARIAS R Y R', DE RIEDEL (VERDE). EN ROJO LOS PLANOS S (APLASTAMIENTO) Y EN AZUL LOS PLANOS T (FRACTURAL TENSIONALES). EN LA DERECHA SE DIBUJAN EL TIPO DE ESTRUCTURAS QUE PUEDEN APARECER SEGÚN AMBAS ORIENTACIONES. FLECHAS ROJAS: MÁXIMO ACORTAMIENTO Y FLECHAS AZULES: MÁXIMA EXTENSION**



Como se sabe el agua subterránea se almacena y circula principalmente en medios fisurados; de esta manera se realizó un análisis de las ventanas estructurales, del cual tenemos que la predominancia de fracturas son de tensión debidas a deformación frágil con una tendencia de NE - SW de orientación en su mayoría y NW-SE, E-W con menor tendencia, las cuales marcan la magnitud del almacenamiento del agua en un medio discontinuo, en donde se observaron aberturas hasta de 1 cm, con rellenos limpios gravosos y arenosos con una buena "permeabilidad de fractura"

o buena porosidad secundaria , lo que facilita el almacenamiento y circulación del agua desde la superficie hacia el interior de la misma, convirtiéndolo en un buen acuífero fisurado y otras con fracturas con aberturas hasta de 5 mm con relleno de materiales arcillosos y con sílice que limitan la circulación de agua

De lo mencionado anteriormente, en la zona de estudio se tienen los siguientes acuíferos:

#### **9.7.1.2.1. ACUIFERO FISURADO ANTA.**

Está conformado esencialmente por areniscas feldespáticas, limolitas, así como conglomerados con clastos volcánicos, caliza y cuarcitas y además con algunos niveles de brechas y derrames volcánicos. Estas rocas están bien fracturadas, tal como se muestra en el análisis de calidad de roca RQD en la tabla N° 36, lo que le da el carácter de acuífero fisurado y por su procedencia litológica detritico, con buena porosidad (Tabla N°199) y alta permeabilidad (Tabla N°204), siendo uno de los mejores acuíferos potenciales por su alta productibilidad corroborada en los perfiles Geofísicos.

Este acuífero se desplaza en la parte alta de la microcuenca Santo Domingo-Acopia, exactamente en el sector denominado Qhapaq Ñan, donde se aprecian alineamientos de manantes con caudales que fluctúan entre 0.01 a 2 Lt/seg, con la misma dirección de la falla Collquamarca.

#### **9.7.1.2.2. ACUIFERO FISURADO DIORITICO.**

Este acuífero está conformado por dioritas gris verdosas con alto contenido en cuarzo, a simple vista se podría decir que este no es un material destacable para ser acuífero debido a su baja porosidad primaria, pero si presenta una importante porosidad secundaria producida por los eventos tectónicos ya mencionados, asimismo se observan diferentes características como la calificación según Bieniaswki (Tabla N°38 ) y el análisis de las ventanas estructurales la califican como un buen acuífero, el cual tiene una permeabilidad media.

Este acuífero se encuentra en el sector SE de la microcuenca Santo Domingo-Acopia, aflorando un pequeño cuerpo dentro de la formación Anta, este nos muestra una media a alta productibilidad de esta unidad.

#### **9.7.1.3. ACUIFEROS KARSTICOS.**

##### **9.7.1.3.1. ACUIFERO ARCURQUINA.**



Este consiste una asociación de calizas grises de tipo boundstone, sabemos que las calizas por su composición cálcica tienen la propiedad de disolverse al contacto con el agua produciendo cavernas subterráneas, depresiones, entre otras y a veces con buen fracturamiento debido al tectonismo compresivo existente ocasionando plegamientos y diaclasamiento en los márgenes de su charnela como se aprecia en la tabla N°40.

Son acuíferos que almacenan gran moderada cantidad de agua, este acuífero se ubica en la microcuenca Santo Domingo-Acopia, en donde destaca un pequeño manante de composición cálcica y de sabor salado Phosqo Pucyu de 8.5 Lt/seg de caudal asimismo encontramos manantes que alimentan al reservorio Chiwecca que fluctúan entre 0.01 a 0.2 Lt/seg.

#### **9.7.1.4. ACUIFEROS POROSOS.**

##### **9.7.1.4.1. ACUIFERO POROSO ANTA.**

Este acuífero ha sido catalogado como fisurado debido la gran presencia de fracturas ocasionadas por las fallas locales, sin embargo hay sectores en donde este acuífero no se ha visto afectado por la presencia de estas fallas ;por lo tanto se cataloga como acuífero poroso por su litología la cual está compuesta por conglomerados y areniscas con presencia de lutitas ,clastos de calizas .intrusivos y volcánicos; es decir tiene una buena porosidad primaria (Tabla N°199) y una permeabilidad también buena pero más baja debido a que no existe fracturamiento (ver Tabla N°204).

##### **9.7.1.4.2. ACUIFERO POROSO MITU.**

Este acuífero también tiene doble clasificación aparte de ser fisurado también es considerado poroso debido a su buena porosidad primaria sin embargo por la litología predominante de conglomerado y areniscas con intercalación de lutitas, su permeabilidad es buena, lo cual lo convierte en un buen acuífero.

##### **9.7.1.4.3. ACUIFERO POROSO ALUVIAL.**

Están conformados por bloques, gravas, arenas, limos y arcillas de composición heterogénea. Presentan una buena porosidad primaria y buena permeabilidad, constituyendo acuíferos de alto potencial.

En la microcuenca de Santo Domingo-Acopia observamos que el acuífero poroso se extiende en las faldas de cerros y fondos de valle de las comunidades campesinas de Huarasayco y Santo Domingo, en donde afloran manantes con caudales 0.01 hasta 1.73 Lt/seg y en la

microcuenca. Huayrachapi – Miskiunu entre hacia la base del Cerro Don Juan y alrededores del centro poblado de Acopia con manantes que presentan caudales de 0.01 hasta 0.1 Lt/seg.

## **9.7.2. ACUITARDO.**

### **9.7.2.1. ACUITARDO MURCO**

Se encuentra formado por areniscas blanquecinas a rojizas con limo areniscas y limo arcillitas, intercaladas con lutitas y limolitas, lo que indica poco interés hidrogeológico.

Debido a su baja porosidad (Tabla N°199) pese a que se encuentra fracturada por acción de la falla loca Tungasuca y su permeabilidad catalogada como poco permeable (Tabla N°204).

Este acuitardo aflora en la microcuenca Santo Domingo-Acopia, ubicándose en un extremo y ocupando una pequeña área

### **9.7.2.2. ACUITARDO LACUSTRE:**

Son depósitos que se acumularon hacia las orillas de la laguna de acopia los cuales consisten en depósitos conformados por limos rojizos y calcáreos de color beige e intercalaciones de arcillas.

Las cuales son catalogadas como poco permeable, de mal drenaje y porosidad baja.

Estos estratos de baja permeabilidad pueden almacenar agua, pero la transmiten lentamente.

En resumen, en la zona de estudio se tiene un amplio catálogo de acuífero y acuitardos, de los cuales destacan los acuíferos fisurados y porosos con buena productibilidad, destacando entre estos los acuíferos Anta en la microcuenca Santo Domingo-Acopia y el acuífero Mitu en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu



**FOTOGRAFÍA 66: FILTRACION DE AGUA POR DISCONTINUIDADES Y/O FRACTURAS DEL MACIZO ROCOSO DE LA FORMACION ANTA.**



*FOTOGRAFÍA 67: OJOS DE AGUA (ACUIFEROS HIDROMORFICOS), EN EL VALLE DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA*

## 9.8. CALCULO DE RESERVAS DEL ACUIFERO.

El cálculo de reservas de un acuífero sirve para determinar el volumen aproximado de agua existente en un cuerpo o macizo rocoso.

El Método de Integración Numérica, es el método utilizado para el cálculo de reservas de agua subterránea en las zonas de estudio, fue adaptado por Solís et al 1983, para el cálculo de la curva de explotación del acuífero, que relaciona las reservas almacenadas a distintas cotas y que a partir de buen conocimiento hidrogeológico del acuífero permite obtener unos valores de referencia del volumen de agua almacenado. Tiene como principales ventajas que se basa en el conocimiento hidrogeológico, permitiendo una estimación rápida del volumen de reservas en acuíferos y admite variaciones laterales de la porosidad eficaz del acuífero

$$Qap = (Me * Var) / 100$$

Donde:

Qap: Reserva probable del acuífero (Hm<sup>3</sup>).

Me: Porosidad efectiva media (%).

Var: Volumen bruto de la cuenca hidrogeológica (Hm<sup>3</sup>).

**TABLA 214: CALCULO DE VOLUMEN ROCOSO EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**

SANTO DOMINGO-ACOPIA						
INTERVALO DE ALTITUD	AREA DE COTA Km2	AREA DE COTAS m2	ALTURA m	AREAS PARCIALES (m3)	VOLUMEN ROCOSO (m3)	VOLUMEN ROCOSO (Hm3)
4400	0.021533	21533	50	43042	2152100	21.5210000000
4350	0.064551	64551				
4300	0.286469	286469	50	578943	28947150	289.4715000000
4250	0.871417	871417				
4200	1.761014	1761014	50	2003474.5	100173725	1001.7372500000
4150	2.245935	2245935				
4100	2.397763	2397763	50	2538604	126930200	1269.3020000000
4050	2.679445	2679445				
4000	2.693709	2693709	50	2433348	121667400	1216.6740000000
3950	2.172987	2172987				
3900	2.139551	2139551	50	2106014.5	105300725	1053.0072500000
3850	2.072478	2072478				
3800	2.002564	2002564	50	2464862.5	123243125	1232.4312500000
3750	2.927161	2927161				
<b>VOLUMEN TOTAL Hm3</b>						<b>6084.1442500000</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Entonces se realizó el cálculo del Volumen rocoso bruto para la Microcuenca Santo Domingo-Acopia, luego se extrae el valor promedio a las porosidades calculadas en laboratorio siendo este 18.046 % y luego procedemos a realizar el cálculo de Qap.

$$Q_{ap} = (18.046296 \times 6084.144250) / 100$$

$$Q_{ap} = 1097.962698 \text{ Hm}^3$$

**TABLA 215: CALCULO DEL VOLUMEN ROCOSO EN LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

HUAYRACHAPI-MISKIUNU						
INTERVALO DE ALTITUD	AREA DE COTA Km2	AREA DE COTAS m2	ALTURA m	AREAS PARCIALE S(m3)	VOLUMEN ROCOSO (m3)	VOLUMEN ROCOSO (Hm3)
4450	0.006025	6025	50	11972	598600	5.986
4400	0.017919	17919				
4350	0.028134	28134	50	55624.5	2781225	27.81225
4300	0.083115	83115				
4250	0.096624	96624	50	117731.5	5886575	58.86575
4200	0.138839	138839				
4150	0.270182	270182	50	298268.5	14913425	149.13425
4100	0.326355	326355				
4050	0.417316	417316	50	509926	25496300	254.963
4000	0.602536	602536				
3950	0.649916	649916	50	619864	30993200	309.932
3900	0.589812	589812				
3850	2.156231	2156231	50	1817327.5	90866375	908.66375
3800	1.478424	1478424				
3750	1.652474	1652474	50	1529750.5	76487525	764.87525
3700	1.407027	1407027				
<b>VOLUMEN TOTAL Hm3</b>						<b>2480.23225</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De la misma manera se realizó el cálculo del Volumen rocoso bruto para la Microcuenca Huayrachapi-Miskiunu, siendo el valor promedio de su porosidad 16.6088 % y luego procedemos a realizar el cálculo de Qap.

$$Qap = (16.608796 \times 2480.232250) / 100$$

$$Qap = 411.936722 \text{ Hm}^3$$

Para poder hallar la reserva comprobada del acuífero, tomaremos como referencia los espesores saturados calculados e interpretados en el capítulo de Geofísica como dato de Vnf y de igual manera se toma el valor de porosidad promedio.

$$Qnf = (Me \times Vnf) / 100$$



Donde:

Qnf: Reserva comprobada del acuífero (Hm<sup>3</sup>).

Me: Porosidad efectiva media (%).

Vnf: Volumen bruto saturado de la cuenca hidrogeológica (Hm<sup>3</sup>).

$$Qnf = (18.0462963 \times 1347.152000) / 100$$

$$Qnf = 243.1110415 \text{ Hm}^3$$

$$Qnf = 0.243111041 \text{ Km}^3$$

### **9.9. MODELO CONCEPTUAL.**

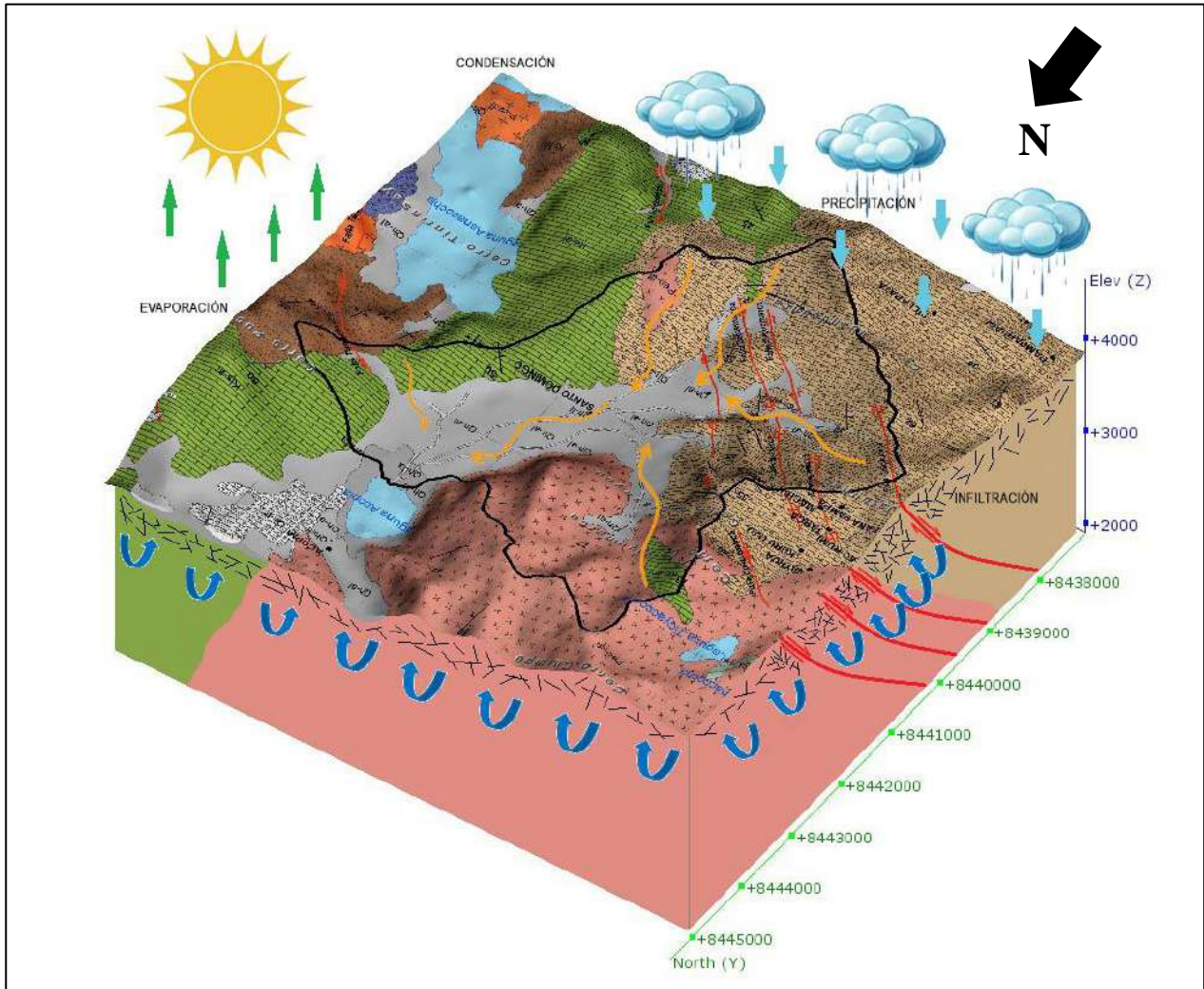
Las microcuencas tienen una particularidad importante ya que más del 70% de su superficie la conforman territorios altos en la transición entre la cordillera occidental y el altiplano, asimismo atraviesan diferentes tipos de macizos rocosos en una región con importante presencia de lluvias. Asimismo, en este recorrido de los flujos de agua subterránea se muestra cambios de curso asociados a manifestaciones estructurales como fallas regionales y lineamientos que en algunos casos permiten el paso del agua al macizo y en otros no, también se observa diversos comportamientos tectónicos los cuales dieron lugar a deformaciones formando así plegamientos que en algunos casos actuarían como cubetas que almacenan el agua subterránea.

Las partes altas de las microcuencas son alimentadas por las precipitaciones intensas en épocas lluviosas, las cuales llegan a infiltrarse produciendo la existencia de agua subterránea en los macizos rocosos. teniéndose así la presencia de manantiales con caudales entre 0,01 a 8,5 l/s, los cuales por definición posee origen en el subsuelo, parte de esta agua precipitada se pierde por evaporación en las zonas de retención superficial, por evapotranspiración en zonas de vegetación natural, y en las zonas bajas agrícolas donde la temperatura es mucho mayor que en las partes altas. El agua subterránea ya en el acuífero, se mueve en una dirección predominante SW-NE (microcuenca Santo Domingo-Acopia) con dirección a la laguna de Acopia, interactuando con ella y dando continuidad a su movimiento como salida del sistema. Por otra parte, el movimiento predominante de los flujos de agua en la microcuenca Huayrachapi Miskiunu se da en dirección NE-SW, aprovechando las geofomas y pendientes presentes en este lugar, aforando estos flujos en la laguna de Pomacanchi.



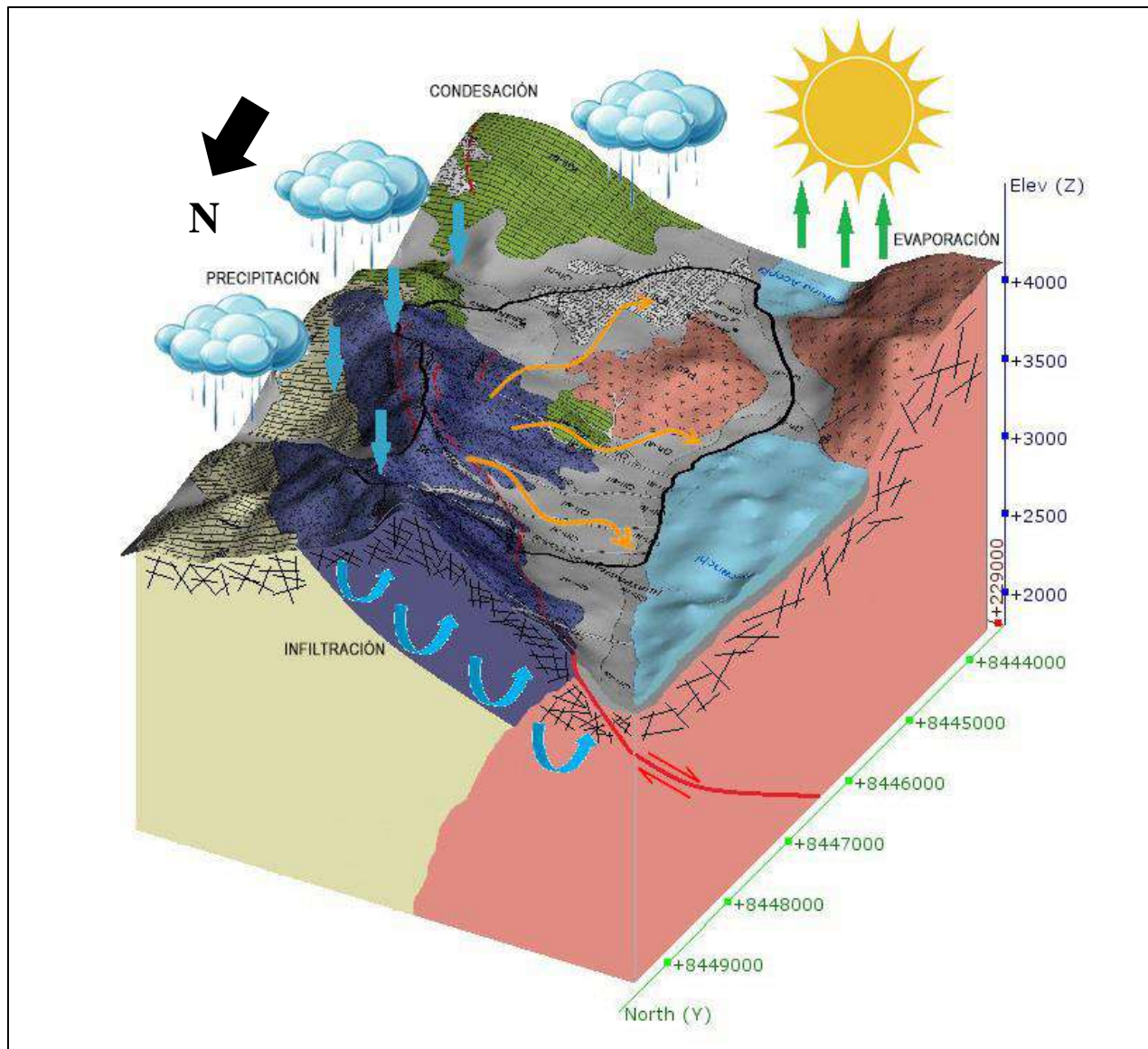
Otra salida la constituye la salida de agua a través de las captaciones de agua de los manantiales y riachuelos de bajo caudal.

**IMAGEN 98: MODELO CONCEPTUAL DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA PROCESADO CON EL PROGRAMA LEAPFROG GEO.

IMAGEN 99: MODELO CONCEPTUAL DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA PROCESADO CON EL PROGRAMA LEAPFROG GEO.

## **CAPITULO X: BALANCE HIDRICO**

### **10.1. GENERALIDADES.**

El balance hídrico de los acuíferos exige el conocimiento exacto de su alimentación y de sus pérdidas. El establecimiento del balance de aguas subterráneas debe adaptarse a las condiciones del régimen con un conocimiento de sistemas de flujo subterráneo y manifestaciones de recarga y descarga, así como señales de permeabilidad del terreno

La ecuación de continuidad, o de balance hidrológico, es la ley más importante en Hidrología, y aunque su expresión es muy simple, la cuantificación de sus términos es normalmente complicada, principalmente por la falta de mediciones directas en campo y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (a acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en una cuenca

Para la microcuenca Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu la disponibilidad de recurso hídrico proviene de agua superficial representado por las lluvias y agua subterránea representado por los manantes. Al ser una zona rural, el mayor uso de agua está destinada al uso agropecuario, en segundo lugar, para el consumo humano y doméstico, finalmente no se ha evidenciado uso de agua para fines industriales ni mineros en el ámbito de estudio.

### **10.2. DEMANDA DE AGUA.**

Para los fines del presente estudio se dividió este acápite de acuerdo a los beneficiarios directos e indirectos, tomando en cuenta diversos factores los cuales serán descritos a continuación.

#### **10.2.1. DEMANDA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.**

Para obtener la demanda de agua para consumo humano y domestico se tomó en cuenta un indicador muy importante que fue descrito en el Capítulo I de este trabajo, que es el número de habitantes que se encuentran dentro del área de influencia de la microcuenca Santo Domingo-Acopia, microcuenca Huayrachapi-Miskiunu y alrededores, debido a que ellos serán los beneficiarios

En el cual se han identificado la existencia de 2340 habitantes (INEI 2017). Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y II de Comunidades Indígenas se considera

una zona de extrema pobreza con una tasa de crecimiento poblacional de -1.47% (tasa negativa) lo cual nos indica que la población está migrando.

Entonces se realizará una proyección futura de 25 años para el estudio de demanda de agua poblacional

#### 10.2.1.1. POBLACION FUTURA.

Para realizar el cálculo de la población futura se utilizar la siguiente relación matemática:

$$PF = Pa(1 + (\frac{r * T}{1000}))$$

Donde:

PF: Población Futura

Pa: Población actual

r: Coeficiente de crecimiento anual

T: Tiempo en años

$$PF = 2340(1 + (\frac{(-1.41) * 25}{1000}))$$

$$PF = 2339 \text{ hab}$$

En consecuencia, se tiene que la población futura será de 2339 habitantes considerando que el coeficiente de crecimiento anual siga en decrecimiento.

#### 10.2.1.2. CONSUMO PROMEDIO DIARIO ANUAL.

El consumo promedio diario anual, se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño, expresada en litros por segundo y se determina con la siguiente ecuación:

$$Qm = \frac{PF * Dotacion (d)}{86400}$$

Donde:

Qm: Consumo promedio diario Lts/seg

PF: Población futura

d: dotación (Lts/hab/día)

$$Qm = \frac{2339 * (100)}{86400}$$

$$Qm = 2.71 \text{ lts/seg}$$

**Observación:** Para calcular la dotación para la población futura se utilizó la tabla N°216, la cual se muestra a continuación.

**TABLA 216: DOTACION POR NUMERO DE HABITANTES**

POBLACION (Habitantes)	DOTACION (Lts/hab/día)
Hasta 500	60
500 - 1000	60-80
1000 - 2000	80-100

FUENTE: AGÜERO PITTMAN 1997

### 10.2.1.3. CONSUMO MAXIMO DIARIO.

Este consumo se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año.

El consumo máximo diario se considerará entre el 120% y el 150% del consumo promedio diario anual. El coeficiente recomendado y más utilizado es del 130% del consumo promedio diario anual (Agüero Pittman, 1997).

$$Qmd = 1.3 * Qm$$

Donde:

Qmd: Consumo máximo diario

Qm: consumo promedio diario anual

130%=1.3

$$Qmd = 1.3 * 2.71$$

$$Qmd = 3.523 \text{ Lts/seg}$$

Del resultado obtenido decimos y concluimos que es necesario tener un caudal mínimo de 3.523 Lts/seg para el diseño de la línea de conducción principal desde la captación al posible reservorio para su tratamiento.

#### 10.2.1.4. CONSUMO MAXIMO HORARIO.

Este consumo se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo. El consumo máximo horario para poblaciones concentradas o cercanas a poblaciones urbanas, recomienda tomar valores no superiores al 150% del consumo promedio diario anual.

El coeficiente recomendado y más utilizado es del 150% del consumo promedio diario anual (Agüero Pittman, 1997).

$$Q_{mh} = 1.5 * Q_m$$

Donde:

$Q_{mh}$ : Consumo máximo horario

$Q_m$ : Consumo promedio diario anual

150 % = 1.5

$$Q_{mh} = 1.5 * 2.71$$

$$Q_{mh} = 4.065$$

Del resultado obtenido concluimos que se necesita un caudal de 4,065 Lts/seg para el diseño de líneas de distribución a las viviendas.

#### 10.2.1.5. DEMANDA POBLACIONAL.

Se proyectó la demanda de agua a volúmenes por mes tal como se observa en la Tabla 217, donde se presenta resumidamente el proceso matemático realizado a continuación:

$$Q_m = \frac{PF * Dotacion (d)}{86400}$$

$$Q_m = 2.71 \text{ Lts/seg}$$

Transformando unidades de Lts/seg a m<sup>3</sup>/mes:

$$Q_m = \frac{2.71 \text{ Lts/seg}}{1000} * 24 * N * 3600$$

Donde:

N: número de días por mes

$$Q_{menero} = \frac{2.71 \text{ Lts/seg}}{1000} * 24 * 31 * 3600$$

$$Q_{menero} = 7259.464 \text{ m}^3/\text{mes}$$



Luego:

$$Qmd = 1.30 * Qm$$

$$Qmd = 3.523 \text{ Lts/seg}$$

Transformando unidades de Lts/seg a m<sup>3</sup>/mes:

$$Qmd \text{ enero} = \frac{Qmd \text{ Lts/seg}}{1000} * 24 * N * 3600$$

Donde:

N: número de días por mes.

$$Qmd \text{ enero} = \frac{3.523 \text{ Lts/seg}}{1000} * 24 * 31 * 3600$$

$$Qmd \text{ enero} = 9436.0032 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Finalmente:

$$Qmh = 1.50 * Qm$$

$$Qmh = 4.065 \text{ Lts/seg}$$

Transformando unidades de Lts/seg a m<sup>3</sup>/mes:

$$Qmh \text{ enero} = \frac{Qmh \text{ Lts/seg}}{1000} * 24 * N * 3600$$

Donde:

N: número de días por mes.

$$Qmh \text{ enero} = \frac{4.065 \text{ Lts/seg}}{1000} * 24 * 31 * 3600$$

$$Qmh \text{ enero} = 10887.696 \text{ m}^3/\text{mes}$$

**TABLA 217: VOLUMEN DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO**

Habitantes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	M3/AÑO
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
2339													
Qm(Lt/seg)	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71
Qm (m3/mes)	7107.25	6419.45	7107.25	6877.98	7107.25	6877.98	7107.25	7107.25	6877.98	7107.25	6877.98	7107.25	83682.09
Qmd (m3/mes)	9436.00	8522.84	9436.00	9131.62	9436.00	9131.62	9436.00	9436.00	9131.62	9436.00	9131.62	9436.00	111101.33
Qmh (m3/mes)	10887.70	9834.05	10887.70	10536.48	10887.70	10536.48	10887.70	10887.70	10536.48	10887.70	10536.48	10887.70	128193.84

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De la tabla anterior podemos mencionar que los meses de máxima demanda necesitan un volumen de 7107.25 m<sup>3</sup>/mes para satisfacer la demanda poblacional.

### 10.2.2. DEMANDA DE AGUA PARA USO PECUARIO.

En la zona en estudio tal como se describió en la Tabla N° 9 del Capítulo I, tenemos como una de las principales actividades la actividad ganadera y/o pecuaria.

#### 10.2.2.1. CONSUMO DE AGUA POR ESPECIE ANIMAL.

Según la información recopilada en campo se sabe que, en el área de estudio, se tienen animales de la familia de ovinos, bovinos, porcinos, equinos, camélidos sudamericanos y animales menores.

Los cuales son beneficiarios del recurso hídrico por lo cual se tiene:

**TABLA 218: CONSUMO DE AGUA DIARIA POR TIPO DE GANADO**

TIPO DE GANADO	DOTACION
<b>VACUNOS (GANADO LECHERO)</b>	110 Lts/día por animal
<b>OVINOS (OVEJAS )</b>	15 Lts/día por animal
<b>PORCINOS</b>	14 Lts/día por animal
<b>ANIMALES MENORES (CUYES)</b>	0.029 Lts/día por animal
<b>CAMELIDOS SUDAMERICANOS (LLAMAS Y ALPACAS)</b>	3 Lts /día por animal
<b>EQUINOS (BURROS Y CABALLOS)</b>	40 Lts/día por animal

*FUENTE: HARRIS Y VAN HORNE (1991), CITADOS POR BARTABURU (2002).*

Procesando los datos anteriores se proyectó el consumo total de los tipos de ganado en volumen mensual.

**TABLA 219: CONSUMO DE AGUA TOTAL POR TIPO DE GANADO**

ESPECIE ANIMAL	VACUNOS	OVINOS	PORCINOS	ANIMALES MENORES	CAMELIDOS SUDAMERICANOS	EQUINOS
POBLACION ANIMAL (UNIDAD)	1780	9570	460	9900	130	1000
CONSUMO (Lts/animal/Día)	80	15	14	0.029	3	40
<b>CONSUMO TOTAL (Lts/total animal/día)</b>	<b>142400</b>	<b>143550</b>	<b>6440</b>	<b>287.1</b>	<b>390</b>	<b>40000</b>

*FUENTE: ARARIWA PROCESADO POR LOS TESISISTAS*

Para realizar este procesamiento se utilizaron relaciones matemáticas como se muestran a continuación

$$\text{Consumo Total } \left( \frac{\text{Lts}}{\text{seg}} \right) \text{ vacunos} = \frac{\text{Consumo total } \left( \frac{\text{Lts}}{\text{día}} \text{ animal} \right)}{24 * 3600}$$

$$\text{Consumo Total } \left( \frac{\text{Lts}}{\text{seg}} \right) \text{ vacunos} = \frac{195800}{24 * 3600}$$

$$\text{Consumo Total } \left( \frac{\text{Lts}}{\text{seg}} \right) \text{ vacunos} = 2.27 \text{Lts/seg}$$

**TABLA 220: CONSUMO TOTAL EXPRESADO EN Lts/seg**

ESPECIE ANIMAL	VACUNOS	OVINOS	PORCINOS	ANIMALES MENORES	CAMELIDOS SUDAMERICANOS	EQUINOS	TOTAL
CONSUMO TOTAL ( Lts/seg)	1.648148	1.661458	0.074537	0.003323	0.004514	0.462963	<b>3.854943</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

El mismo análisis matemático se realizó para los diferentes tipos de ganado, de lo cual se obtuvo la tabla N° 221, donde se aprecia el consumo de agua total en volumen mensual, expresado en Lts/seg.

**TABLA 221: DOTACION DE AGUA PARA CONSUMO PECUARIO.**

PARAMETRO	DEMANDA ACTUAL PECUARIA( m3/mes )												VOLUMEN ANUAL(m3)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
22840 Unidades	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
DEMANDA ACTUAL (m3)	10,325.08	9,325.88	10,325.08	9,992.01	10,325.08	9,992.01	10,325.08	10,325.08	9,992.01	10,325.08	9,992.01	10,325.08	<b>121,569.49</b>
Demanda en l/s	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 10.2.3. DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRICOLA.

Se calcula la demanda para 628.23 Hectáreas, las cuales son ocupadas por tierras para cultivo en limpio, y tierras aptas para pastos tal como se mostró en la Tabla N°10. Asimismo, se muestra las áreas designadas para cada tipo de cultivo.

**TABLA 222: AREA OCUPADA POR LOS CULTIVOS**

CULTIVO	AREA (Ha)	
	MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	QUEBRADA HUAYRACHAPI-MISKIUNU
PAPA	84.32	52.58
HABA	23.4	22.9
QUINUA	32.4	35.1887875
TRIGO	483	85.4
AVENA	232	155.4
CEBADA	329.8	153.85

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para calcular la demanda de agua para uso agrícola nos basamos en el cálculo de diferentes factores, los cuales serán desarrollados a continuación:

### 10.2.3.1. COEFICIENTE DE CULTIVO Kc.

Indica el grado de desarrollo o cobertura del cultivo, los factores que afectan sus valores son las características del cultivo, desarrollo del cultivo, duración del período vegetativo, clima y precipitación o riego. Este tendrá una variación estacional en función a la fase de desarrollo del cultivo.

**TABLA 223: COEFICIENTE Kc PARA LOS DIFERENTES CULTIVOS**

CULTIVOS	VALOR DE Kc
PAPA	0.71
HABA VERDE	0.71
TRIGO	0.82
AVENA	0.65
CEBADA	0.63
QUINUA	0.94

FUENTE: HURTADO, LOPEZ Y HERMAN, 2003, GEERTS 2008

Para cuantificar el requerimiento de riego se considera los tipos de zona y los diferentes periodos de siembra asimismo es necesario saber cuáles son las zonas donde existe bajo riego y las cuales son zonas en secano es decir que no tienen riego

Asimismo, se realiza procedimientos matemáticos para el cálculo de los diferentes factores necesarios, tales como:

$$Kc \text{ ponderado} = \frac{(Kc \text{ enero} * An) + (Kc \text{ febrero} * Ax)}{\sum A}$$

Donde:

Kc. Coeficiente de cultivo

An, Ax: área utilizada por un cultivo en específico

$\sum A$ : área total

$$Etr = Kc * Eto(mm)$$

Donde:

Kc: coeficiente de cultivo

Eto: Evapotranspiración (mm)

$$Rrn = Etr - PP \text{ al } 75\%$$

Rrn. Requerimiento de riego neto

Etr: Evapotranspiración real

PP al 75%: Precipitación confiable al 75 % en mm

$$Rrb = \frac{Rrn * 100}{Er \text{ as}}$$

Rrb: Requerimiento de riego bruto

Rrn: Requerimiento de riego neto

Er as: Eficiencia de riego por aspersión.

$$VOLUMEN \text{ REQUERIDO} = Rrb * A \text{ xmes}$$

Donde.

Rrb: Requerimiento de riego bruto

Ax mes: Área a regarse por mes

**TABLA 224: DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRICOLA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

METODO SAMANI - HARGREAVES														
REFERENCIAS CULTIVOS	AREA		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	ha	%												
QUINUA	22.50475	9.31	0.6	0.92	1.4	1.27							0.87	0.6
CEBADA	1.75	0.72	0.35	0.46	0.53								0.24	0.31
MAIZ	23	9.52				0.1	0.38	0.75	0.93	0.97	0.87			
TRIGO	1.600970275	0.66	0.55	0.75	0.87	0.45							0.1	0.33
PASTOS	129.1163953	53.43	1.10	0.90	1.20	1.40	0.85	0.74	0.65	1.20	1.10	1.00	1.00	1.00
HABA	12.89427973	5.34	0.57	0.73	0.85	0.7	0.5					0.1	0.26	0.41
OCA,OLLUCO	13.29861525	5.50					0.19	0.48	0.59	0.53	0.64			
PAPA	37.5	15.52	0.94	0.71	0.25	0.85	0.75					0.11	0.48	0.87
<b>TOTAL</b>	<b>241.6650105</b>	<b>100.00</b>												
mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic		
AREA A REGARSE POR MES (ha)	24.10572027	24.10572027	32.4	24.60097027	23	23	24.75	26.35097027	26.35097027	47.25475	24.25475	24.25475		
Kc PONDERADO	0.25	0.28	0.30	0.38	0.25	0.11	0.03	0.11	0.09	0.56	0.71	0.75		
Eto (mm)	117.404	105.324	112.915	111.421	105.475	91.615	97.511	113.164	123.084	136.733	135.385	122.408		
Etr (mm) (B°C)	29.10	29.41	33.37	42.23	25.93	10.01	3.17	12.47	11.21	76.12	95.59	91.98		
PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL (mm)	159.149	141.057	123.264	51.760	8.653	4.583	4.898	7.225	18.857	56.702	86.441	125.915		
DESVIACIÓN ESTANDAR (SD)	42.313	31.679	34.135	22.076	5.323	6.288	6.611	6.687	13.883	21.905	45.435	24.558		
PRECIPITACIÓN CONFIABLE AL 75% (mm)	130.588	119.673	100.223	36.859	5.060	0.339	0.435	2.712	9.486	41.916	55.773	109.339		
REQUIMIENTO DE RIEGO NETO (mm) (D-G)	0.00	0.00	0.00	5.37	20.87	9.67	2.73	9.76	1.73	34.20	39.82	0.00		
REQUIMIENTO DE RIEGO NETO (m3/ha) (H°10)	0	0	0	53.70474792	208.69	96.67	27.30	97.57	17.26	342.01	398.17	0.00		
NÚMERO DÍAS DEL MES	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		
JORNADA DE RIEGO (horas)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		
EFICIENCIA DE RIEGO POR ASPERSIÓN (%)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00		
REQUIREMIENTO DE RIEGO BRUTO (m3/ha) (F°100/L)	0.00	0.00	0.00	71.61	278.25	128.89	36.41	130.09	23.02	456.02	530.89	0.00		
VOLUMEN DE DEMANDA REQUERIDA (m3) M°A	0.00	0.00	0.00	1761.59	6399.79	2964.58	901.06	3428.05	606.49	21548.96	12876.53	0.00		
DEMANDA TOTAL DE AGUA (l/seg) (N°1000/(3600*K°J))	0.00	0.00	0.00	1.02	3.58	1.72	0.50	1.92	0.35	12.07	7.45	0.00		
MODULO DE RIEGO (lt/seg/ha) ((M°1000/(J°K3600))	0.00	0.00	0.00	0.04	0.16	0.07	0.02	0.07	0.01	0.26	0.31	0.00		
<b>DEMANDA UNITARIA TOTAL lt/seg/ha</b>	<b>0.31</b>													
DEMANDA HIDRICA DEL PROYECTO														
DEMANDA TOTAL DE AGUA DE LA ZONA (Lt/seg)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
DEMANDA TOTAL DE AGUA DE LA ZONA (m3/seg)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0010194	0.0035841	0.0017156	0.0005046	0.0019198	0.0003510	0.0120682	0.0074517	0.0000000		
DEMANDA TOTAL	28.61 Lt/mes													
	0.0286145 m3/mes													

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

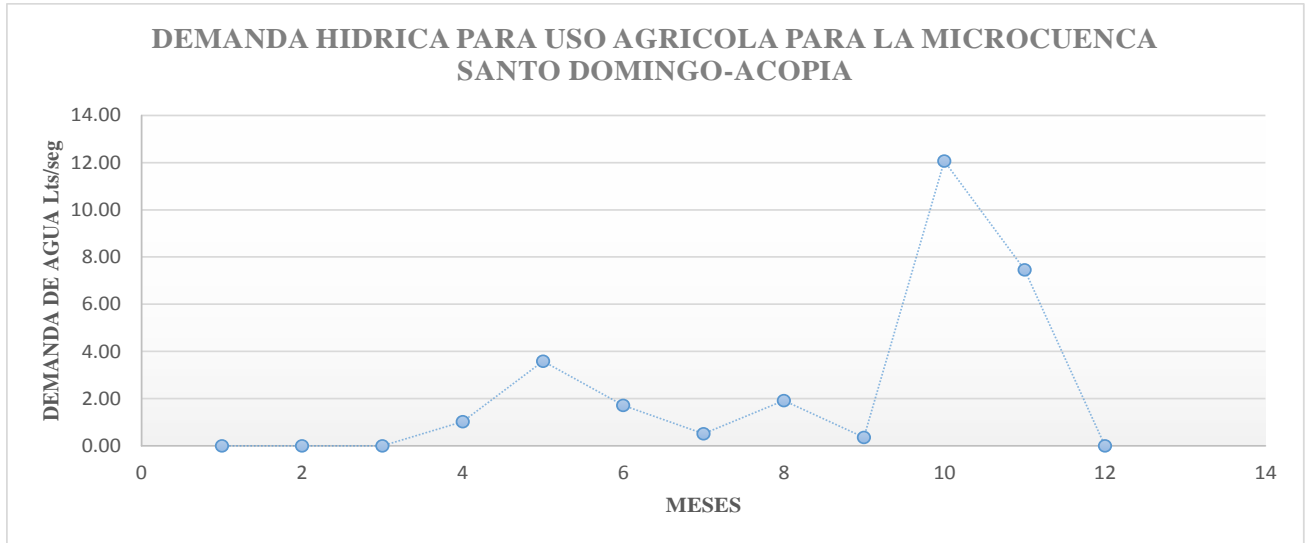


**TABLA 225: DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRICOLA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

METODO SAMANI - HARGREAVES														
REFERENCIAS CULTIVOS	AREA		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	Ha	%												
QUINUA	5.993	3.76	0.6	0.92	1.4	1.27							0.87	0.6
CEBADA	1.577289	0.99	0.35	0.46	0.53								0.24	0.31
MAIZ	5.496	3.45				0.1	0.38	0.75	0.93	0.97	0.87			
TRIGO	2.089075	1.31	0.55	0.75	0.87	0.45							0.1	0.33
PASTOS	104.002922	65.31	1.14	1.00	1.30	1.60	0.95	0.84	0.74	1.20	1.10	1.00	1.00	1.00
HABA	14	8.79	0.57	0.73	0.85	0.7	0.5					0.1	0.26	0.41
OCA,OLLUCO	8.688825	5.46					0.19	0.48	0.59	0.53	0.64			
PAPA	17.3975	10.93	0.94	0.71	0.25	0.85	0.75					0.11	0.48	0.87
<b>TOTAL</b>	<b>159.244611</b>	<b>100</b>												
mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic		
AREA A REGARSE POR MES (ha)	8.082075	8.082075	2.089075	7.585075	5.496	5.496	7.073289	9.162364	9.162364	13.066289	7.570289	7.570289		
Kc PONDERADO	0.19	0.19	0.17	0.21	0.15	0.05	0.06	0.06	0.06	0.02	0.11	0.16		
Eto (mm)	116.328	104.345	111.900	110.777	104.865	91.074	96.965	112.457	122.232	135.571	134.180	121.180		
Etr (mm) (B°C)	21.65	19.91	19.18	23.44	15.66	4.74	6.23	7.02	7.94	2.82	14.99	19.52		
PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL (mm)	158.346	140.980	123.135	51.595	8.635	4.591	4.889	7.275	18.910	56.971	86.304	125.917		
DESVIACIÓN ESTANDAR (SD)	37.621	28.720	28.421	19.962	4.838	5.466	5.799	6.108	12.819	19.854	40.989	22.917		
PRECIPITACIÓN CONFIABLE AL 75% (mm)	132.952	121.594	103.951	38.121	5.370	0.902	0.975	3.152	10.257	43.570	58.636	110.448		
REQUIMIENTO DE RIEGO NETO (mm) (D-G)	0.00	0.00	0.00	0.00	10.29	3.84	5.26	3.86	0.00	0.00	0.00	0.00		
REQUIMIENTO DE RIEGO NETO (m3/ha) (H°10)	0	0	0	0	102.95	38.41	52.59	38.65	0.00	0.00	0.00	0.00		
NUMERO DIAS DEL MES	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		
JORNADA DE RIEGO (horas)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		
EFICIENCIA DE RIEGO POR ASPERSIÓN (%)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00		
REQUIREMIENTO DE RIEGO BRUTO (m3/ha) (F°100/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	137.26	51.21	70.11	51.53	0.00	0.00	0.00	0.00		
VOLUMEN DE DEMANDA REQUERIDA (m3) M°A	0.00	0.00	0.00	0.00	754.39	281.46	495.93	472.12	0.00	0.00	0.00	0.00		
DEMANDA TOTAL DE AGUA (l/seg) (N°1000/(3600*K°J))	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.16	0.28	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00		
MODULO DE RIEGO (lt/seg/ha) (M°1000/(J°K3600))	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.03	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00		
<b>DEMANDA UNITARIA TOTAL lt/seg/ha</b>	<b>0.08</b>													
DEMANDA HIDRICA DEL PROYECTO														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
DEMANDA TOTAL DE AGUA DE LA ZONA (Ll/seg)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.16	0.28	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00		
DEMANDA TOTAL DE AGUA DE LA ZONA (m3/seg)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0004225	0.0001629	0.0002777	0.0002644	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000		
DEMANDA TOTAL	1.13 Ll/mes													
	0.0011275 m3/año													

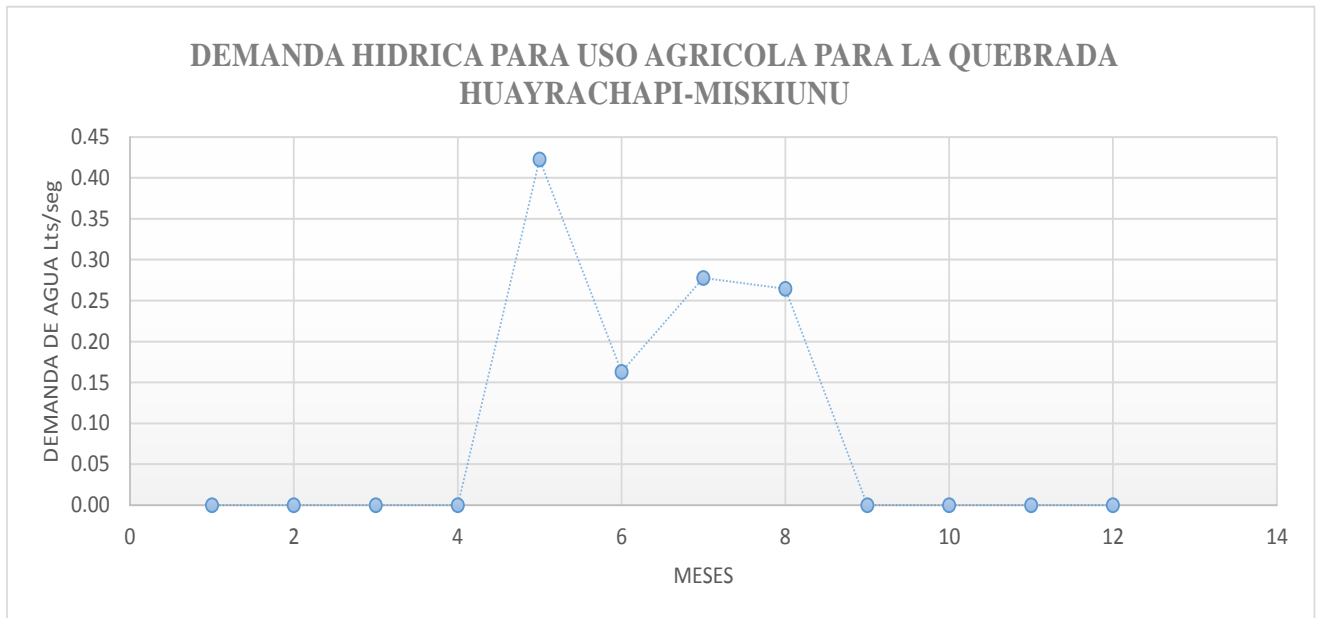
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**IMAGEN 100: DEMANDA HIDRICA PARA USO AGRICOLA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**IMAGEN 101: DEMANDA HIDRICA PARA USO AGRICOLA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De las Imágenes N° 100 y N° 101 podemos interpretar que los meses donde se necesita o se demanda del recurso hídrico son los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, setiembre y octubre y en menor cantidad en noviembre, lo cual concuerda con los meses de sequía donde la precipitación es mínima y la evapotranspiración es alta.

### **10.3. OFERTA DE AGUA.**

Para determinar la oferta real de las microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi - Miskiunu, se ha excluido el Manante Phosqo Pucyu debido a su alto contenido de Carbonato de Calcio (tomando en referencia los valores obtenidos del análisis Hidroquímico) en donde lo califica como no apto para consumo humano ni para el riego. Asimismo, se excluyeron los diversos reservorios que se tienen en las dos microcuencas

Recordemos de la misma forma que de acuerdo al análisis hidrogeológico, las rocas de la formación Anta son consideradas como buen acuífero al igual que las rocas del Grupo Mitu, por otro lado, las rocas calizas de la formación arcuquina son acuíferos kársticos y por ende contiene agua que no es apta para ser aprovechada por los pobladores en usos principalmente agrícolas y pecuarios.

Para realizar el análisis de oferta de agua se tuvo en consideración (análisis Hidroquímico) la utilidad de los diversos manantes, en donde se concluyó que la Microcuenca Santo Domingo-Acopia abastece al sector agropecuario, mientras que la Microcuenca Huayrachapi-Miskiunu abastece a la población (agua apta de consumo humano).

#### **10.3.1. OFERTA DE AGUA EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**

En dicha microcuenca se tiene una totalidad de 36 manantes de los cuales: 25 son permanentes 3 temporales, 6 intermitentes y 2 secos. .

Para el análisis de la oferta de agua en esta microcuenca se tuvo en consideración los manantes permanentes los cuales nos dan un caudal total de 10.5 Lt/seg y la demanda que debe llegar a cubrir será en base a las zonas agrícolas y pastizales de las dos microcuencas.

**TABLA 226: OFERTA DE AGUA EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**

FUENTE DE AGUA	MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MANANTES	DIAS POR MES	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	VOLUMEN m <sup>3</sup> /mes	28123.2	25401.6	28123.2	27216	28123.2	27216	28123.2	28123.2	27216	28123.2	27216	28123.2
	VOLUMEN TOTAL ANUAL m <sup>3</sup>	28123.2											
CAUDAL	10.5	Lt/seg											
	27,594,000.00	Lt/mes											
SANTO DOMINGO													

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 10.3.2. OFERTA EN LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU.

Esta microcuenca presenta una totalidad de 16 amantes de los cuales todos son 11 permanentes, 3 temporales, 2 intermitentes y de acuerdo a inventario de manantes y su respectivo cálculo de caudales nos dan sumados un caudal total de 2.1 Lt/seg, y la demanda que debe llegar a cubrir será en base a toda la población ubicada dentro de ambas microcuencas.

**TABLA 227: OFERTA HIDRICA EN LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

FUENTE DE AGUA	MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MANANTES	DIAS POR MES	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	VOLUMEN m <sup>3</sup> /mes	5624.64	5080.32	5624.64	5443.2	5624.64	5443.2	5624.64	5624.64	5443.2	5624.64	5443.2	5624.64
	VOLUMEN TOTAL ANUAL m <sup>3</sup>	66225.6											
CAUDAL	2.1	Lt/seg											
	5,519,000.00	Lt/mes											
HUAYRACHAPI													

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 10.4. BALANCE HIDRICO AGROPECUARIO.

Para realizar el cálculo de balance hídrico se determinó tanto la demanda y oferta de agua presente en la zona estudio y para fines más convenientes se dividió a las dos microcuencas según el tipo de uso de estos manantes, esta clasificación se hizo de acuerdo a las características geológicas, interpretaciones geo-eléctricas, clasificación de acuíferos, cálculo de potencial hídrico y muestras analizadas (Hidroquímica), en donde todos estos datos nos indican que los manantes de la microcuenca Santo Domingo-Acopia, son de mejor uso para cubrir la demanda agrícola y pecuario.

**TABLA 228: BALANCE HIDRICO DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

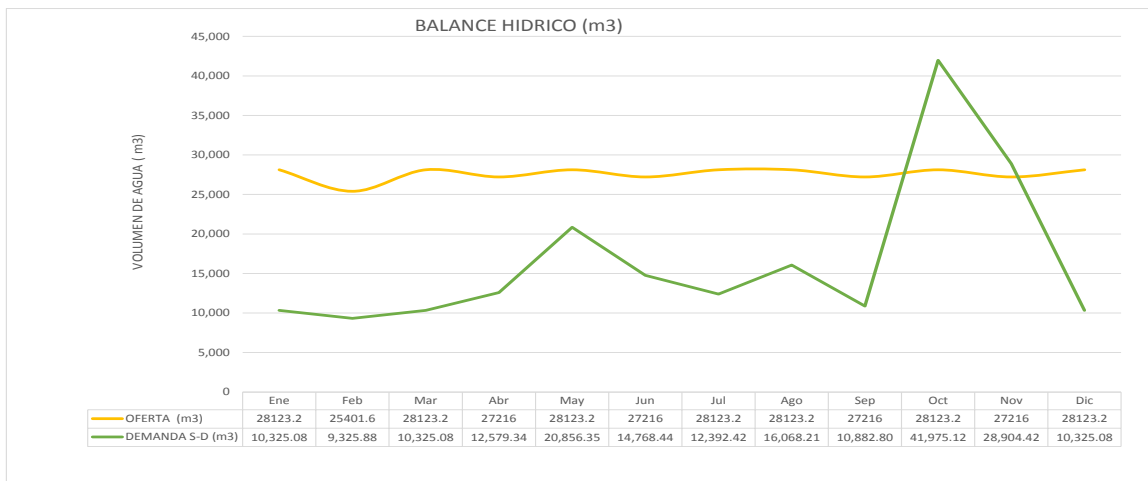
PARAMETROS	BALANCE HIDRICO MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA (m3)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
OFERTA (m <sup>3</sup> )	28123.2	25401.6	28123.2	27216	28123.2	27216	28123.2	28123.2	27216	28123.2	27216	28123.2
DEMANDA S-D (m <sup>3</sup> )	10,325.08	9,325.88	10,325.08	12,579.34	20,856.35	14,768.44	12,392.42	16,068.21	10,882.80	41,975.12	28,904.42	10,325.08
SUPERAVIT (m <sup>3</sup> )	17,798.12	16,075.72	17,798.12	14,636.66	7,266.85	12,447.56	15,730.78	12,054.99	16,333.20			17,798.12
DEFICIT (m <sup>3</sup> )	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13,851.92	1,688.42	0.00
OFERTA (L/S)	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50
SUPERAVIT (m3)	17,798.12	16,075.72	17,798.12	14,636.66	7,266.85	12,447.56	15,730.78	12,054.99	16,333.20			17,798.12
DEFICIT (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13,851.92	1,688.42	0.00
												-132,399.79

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De la tabla N° 228, podemos mencionar que existe un déficit de agua de 15540.34 m<sup>3</sup> en los meses de mayo, junio, agosto, octubre y noviembre debido a la ausencia de lluvias y además que en estas fechas se realiza la siembra de diversos productos mencionados anteriormente; contrariamente a este problema se observa que en los meses de enero febrero marzo abril julio setiembre y diciembre existe un superávit de 147940.13 m<sup>3</sup>.

Realizando una comparación entre el Superávit y el déficit observamos que existe un exceso de 132399.79 m<sup>3</sup>, entonces realizando buenas gestiones del recurso hídrico podemos equilibrar el consumo de agua en donde en los meses de lluvia (Diciembre, Enero, Febrero y Marzo) el superávit es positivo, este excedente de agua se puede retener o embalsar, mediante diversas obras hidráulicas o acciones de recarga y así pueda ser usado en los meses donde haya déficit del recurso hídrico pudiendo llegar a cubrir esta necesidad de agua existente en la zona de estudio.

**IMAGEN 102: BALANCE HIDRICO EN LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 10.5. BALANCE HIDRICO POBLACIONAL.

Como ya se indicó en el acápite anterior por fines convenientes se dividió a las dos microcuencas de acuerdo al uso del recurso hídrico y además analizando diferentes características ya mencionadas, es por ello que los manantes existentes de la microcuenca Huayrachapi – Miskiunu, son exclusivamente aptos para el consumo humano.

Para lo cual utilizamos la totalidad de los manantes, y al realizar el cálculo del balance hídrico obtuvimos los siguientes valores:

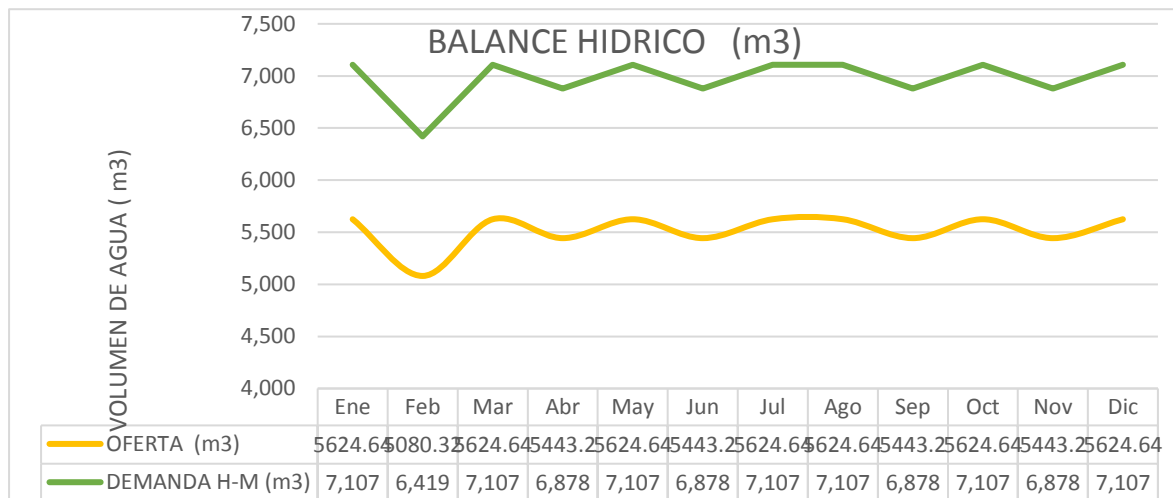
**TABLA 229: BALANCE HIDRICO DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

PARAMETROS	BALANCE HIDRICO MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU (m3)											
	Ene 31	Feb 28	Mar 31	Abr 30	May 31	Jun 30	Jul 31	Ago 31	Sep 30	Oct 31	Nov 30	Dic 31
OFERTA (m <sup>3</sup> )	5624.64	5080.32	5624.64	5443.2	5624.64	5443.2	5624.64	5624.64	5443.2	5624.64	5443.2	5624.64
DEMANDA H-M (m <sup>3</sup> )	7,107.25	6,419.45	7,107.25	6,877.98	7,107.25	6,877.98	7,107.25	7,107.25	6,877.98	7,107.25	6,877.98	7,107.25
SUPERAVIT (m <sup>3</sup> )												
DEFICIT (m <sup>3</sup> )	1,482.61	1,339.13	1,482.61	1,434.78	1,482.61	1,434.78	1,482.61	1,482.61	1,434.78	1,482.61	1,434.78	1,482.61
OFERTA (L/S)	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
SUPERAVIT (m3)												0.00
DEFICIT (m3)	1,482.61	1,339.13	1,482.61	1,434.78	1,482.61	1,434.78	1,482.61	1,482.61	1,434.78	1,482.61	1,434.78	1,482.61
												17,456.49

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Del análisis de la tabla N° 229 observamos que existe un déficit en todos los meses del año de 17455.49 m<sup>3</sup>, para lo cual se puede hacer una gestión hídrica en la zona de estudio, así como obras civiles para acciones de recarga u otros métodos como zanjas de infiltración, etc.

**IMAGEN 103: BALANCE HIDRICO DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



## 11. CAPITULO XI: ACCIONES DE RECARGA

### 11.1. ESTIMACION DE RECARGA Y DESCARGA.

Para conocer las zonas de recarga de los acuíferos en este caso fisurados (ocupan mayor área en las microcuencas), se determina diferentes modelos numéricos para conocer la recarga directa e indirecta.

#### 11.1.1. RECARGA DIRECTA.

Una forma de recarga directa que tienen los acuíferos en la zona de estudio es la recarga directa mensual procedente de las precipitaciones es decir del agua de lluvia.

Para lo cual se tomó en cuenta las precipitaciones regionalizadas para cada microcuenca, procediendo a calcular el volumen con la siguiente formula:

$$V = 100 * PP * Ce * Ac$$

Donde:

V: Volumen (m<sup>3</sup>)

PP: Precipitación (mm)

Ce: Coeficiente de escurrimiento

Ac: Área de la cuenca (m<sup>2</sup>).

Asimismo, se calcula la recarga efectiva en metros cúbicos, con la siguiente formula:

$$R.E. = \frac{V}{n}$$

Donde:

R.E.: Recarga efectiva (m<sup>3</sup>)

V: Volumen (m<sup>3</sup>)

n: porosidad efectiva

Del análisis matemático realizado se tiene:

**TABLA 230: VOLUMEN DE RECARGA DIRECTA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA.**

<b>ESTIMACION DE VOLUMEN DE RECARGA DIRECTA PARA LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO -ACOPIA</b>			
<b>MES</b>	<b>PRECIPITACION (mm)</b>	<b>V (m3)</b>	<b>RECARGA EFECTIVA</b>
ENERO	159.15	1936572.067	107311.3305
FEBRERO	141.06	1716416.598	95111.84842
MARZO	123.26	1499910.355	83114.58097
ABRIL	51.76	629830.4095	34900.81284
MAYO	8.65	105291.2832	
JUNIO	4.58	55763.57236	
JULIO	4.90	59601.06962	
AGOSTO	7.23	87919.53906	
SEPTIEMBRE	18.86	229459.2821	
OCTUBRE	56.70	689962.2595	38232.90099
NOVIEMBRE	86.44	1051842.62	58285.78913
DICIEMBRE	125.92	1532167.715	84902.05914
<b>TOTAL</b>	<b>788.5052399</b>	<b>9594736.77</b>	<b>501859.322</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De donde se tiene que en la microcuenca Santo Domingo-Acopia existe 9594736.77 m<sup>3</sup> de volumen de agua por precipitación del cual la recarga efectiva representa el 5% del caudal circulante con un 501859.322 m<sup>3</sup>

**TABLA 231: VOLUMEN DE RECARGA DIRECTA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

<b>ESTIMACION DE VOLUMEN DE RECARGA DIRECTA PARA LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU</b>			
<b>MES</b>	<b>PRECIPITACION (mm)</b>	<b>V (m3)</b>	<b>RECARGA EFECTIVA</b>
ENERO	158.35	864037.1155	52022.86186
FEBRERO	140.98	769257.6731	46316.28081
MARZO	123.14	671913.6748	40455.29024
ABRIL	51.59	281500.9459	16948.90713
MAYO	8.64	47144.17858	
JUNIO	4.59	25045.34487	
JULIO	4.89	26682.29551	
AGOSTO	7.28	39723.33565	
SEPTIEMBRE	18.91	103182.4557	
OCTUBRE	56.97	310856.9275	18716.40316
NOVIEMBRE	86.30	470896.1355	28352.21332
DICIEMBRE	125.92	687082.7507	41368.60604
<b>TOTAL</b>	<b>787.56</b>	<b>4297322.83</b>	<b>244180.563</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con respecto a la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu se tiene que existe 4297322.83 m<sup>3</sup> de volumen de agua por precipitación donde la recarga efectiva representa el 5% del caudal circulante con un 244180.563 m<sup>3</sup>.

#### **11.1.2. ACCION DE RECARGA POR GESTION HIDRICA.**

Para aprovechar el volumen de recarga efectiva en la zona, se debe incentivar un plan de gestión hídrica debido a que se tiene un desconocimiento acerca del buen aprovechamiento del recurso hídrico.

Para lo cual se propone una mejor gestión es decir reparación de obras de irrigación, así como reservorios. Esta gestión del recurso hídrico se tiene que realizar conjuntamente con las municipalidades, dirigentes vecinales y pobladores de las zonas que están siendo beneficiadas por este recurso.

#### **11.1.3. RECARGA INDIRECTA.**

Se tiene en conocimiento que para este tipo de acuíferos no existe un flujo de retorno a los puntos de agua, debido a que las zonas de recarga se localizan principalmente en las partes de las cabeceras de las microcuencas mientras las zonas de retorno directo (zonas de regadío) se encuentran muy por debajo del acuífero. Por tanto, concluimos que en las microcuencas no existe una recarga indirecta.

#### **11.1.4. RECARGA ARTIFICIAL.**

En las microcuencas no se aprecian este tipo de recargas. Pero al realizar diversas actividades podemos incrementar el volumen sustancial del sistema acuífero, de esa forma poder abastecer la demanda encontrada en las microcuencas.

### **11.2. ACCIONES DE RECARGA DE ACUIFEROS:**

#### **11.2.1. ZANJAS DE INFILTRACION.**

Son canales sin desnivel construidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, evitando procesos erosivos de manto, permitiendo la infiltración del agua en el suelo. El volumen de agua que escurre por una ladera es la que causa los principales problemas de erosión y, por lo tanto, las obras construidas deberán ser capaces de capturar y/o controlar esta agua.

Asimismo, nos permite cosechar agua, recolectar suelo y nutrientes, mejorar las condiciones de humedad del suelo, permitir el desarrollo de una vegetación forestal y revertir el proceso de desertificación por aridez edáfica (Según Martínez de Azagra, 2005)

### 11.2.1.1. DISEÑO DE LAS ZANJAS DE INFILTRACION.

Para realizar la implementación de las zanjas de infiltración se utilizó la metodología de diseño de canales de desviación y zanjas de infiltración y el programa MAUCO 2006 diseñado por Mauricio Lemus Vera y Guillermo Navarro Vidal ambos Ingenieros forestales, en conjunto con el mapa de pendientes, información pluviométrica de intensidades de 24 horas (SENAMHI), criterios constructivos de zanja de infiltración (MINAGRI).

### 11.2.1.2. ANALISIS DE PRECIPITACIONES:

La información pluviométrica puede ser expresada de dos formas, según Espíldora (1979) magnitud de lluvia, lámina de agua (mm) que se produce en un cierto intervalo de tiempo o duración, o en términos de intensidad, es decir, lámina de agua por hora (mm/hr)

**TABLA 232: REGISTRO DE INTENSIDADES DE PRECIPITACION.**

N°	AÑO	PP
1	1987	223.3
2	1988	166.5
3	1989	151.4
4	1990	168
5	1991	163.6
6	1992	117.4
7	1993	206.7
8	1994	177
9	1995	122
10	1996	131.9
11	1997	201.5
12	1998	156.2
13	1999	92.2
14	2000	197.4
15	2001	233
16	2002	184.6
17	2003	163.9
18	2004	173.7
19	2005	140.8
20	2006	203.4
21	2007	140.8
22	2008	109.2
23	2009	112.5
24	2010	268.6
<b>Numero de registros</b>		<b>24</b>
<b>Promedio</b>		<b>166.90</b>
<b>Desviación standard</b>		<b>43.09</b>

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA.

### 11.2.1.3. CALCULO DE PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS CON PERIODO DE RETORNO ASOCIADO.

Para el análisis de precipitaciones, la información básica es un registro anual de máximas precipitaciones en 24 Horas ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ), valores de entrada para el estudio de lluvias asociadas a un periodo de retorno, utilizándose la distribución de *Valores extremos o Gumbel*, comúnmente usada para análisis de frecuencia de variables hidrológicas (Monsalve, 1999).

**TABLA 233: VALORES EXTREMOS O DE GUMBEL PARA EL ANALISIS DE VARIABLES HIDROGEOLÓGICAS**

n	my	sy	n	my	sy	n	my	sy
3	0.4286	0.6435	10	0.4952	0.9497	17	0.5181	1.0411
4	0.4458	0.7315	11	0.4996	0.9676	18	0.5202	1.0493
5	0.4558	0.7928	12	0.5035	0.9833	19	0.522	1.0566
6	0.469	0.8388	13	0.507	0.9972	20	0.5236	1.0628
7	0.4774	0.8749	14	0.51	1.0095	21	0.5252	1.0696
8	0.4843	0.9043	15	0.5128	1.0206	22	0.5268	1.0754
9	0.4902	0.9288	16	0.5157	1.0316	23	0.5283	1.0811

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

Para el cálculo de parámetros en función de Gumbel (Milan et. Al., 2000), se utiliza las siguientes formulas:

$$\alpha = \frac{\sigma\gamma}{s}$$

$$\beta = x - \frac{\mu\gamma}{\alpha}$$

En donde:

**x:** Promedio de Precipitaciones en 24 horas (mm).

**s:** Desviación estándar de Precipitaciones en 24 horas.

**$\gamma$ :** Número de registro ( $P_p$  máximas en 24 horas).

### 11.2.1.4. ESTIMACION DE MAXIMAS DIARIAS PARA UN PERIODO DE RETORNO T.

**TABLA 234: ESTIMACION MAXIMA PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS**

<b>my</b>	0.5283
<b>sy</b>	1.0811
En donde	
<b>a</b>	0.025091841
<b>b</b>	145.8453473
<b>T</b>	10

*FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA*

Por tanto, tenemos que la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años de 259.08 mm.

**IMAGEN 104: CALUCLO DE LA BONDAD DE AJUSTE.**

<b>BONDAD DE AJUSTE (Funcion de Gumbel)</b>		
<b>Coefficiente Correlacion R2</b>		
R2 :	0.9777	
<b>Test de Kolmogorov Smirnov</b>		
D supremo :	0.110	
D tabla 95 :	0.269	<b>Significativo al 95 %</b>

*FUENTE: PROCESADO PROGRAMA MAUCO, ELABORACIÓN PROPIA*

De lo cual tenemos que el coeficiente de correlación 0.9977 es calificado como buena dándole una buena bondad y certeza a la información obtenida.

### 11.2.1.5. CALCULO DE MAGNITUDES E INTENSIDADES.

Magnitudes de precipitación máximas (mm) según el periodo y duración estimada. Para el cálculo de Precipitación Máxima (Millán et al, 2000) se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_{max} = \beta - \left(\frac{1}{\alpha}\right) * \ln \left[ \ln \left( \frac{R}{R-1} \right) \right]$$

Donde:

$P_{m\acute{a}x}$ : Precipitación máxima en 24 horas asociado a un periodo de retorno R.

R: Periodo de retorno.

$\alpha, \beta$ : Parámetros de calculo

**TABLA 235: INTENSIDADES MÁXIMAS (MM) SEGÚN EL PERIODO Y DURACIÓN ESTIMADA**

Tiempo	5	10	15	30	45	60	120	24 Horas
Coef. De Duración	0.26	0.4	0.53	0.7	0.86	1	1.41	4.9
Periodo de retorno								
2	9.37	14.41	19.09	25.21	30.98	36.02	50.79	176.50
5	12.00	18.46	24.46	32.31	39.70	46.16	65.09	226.19
10	13.75	21.15	28.02	37.01	45.47	52.87	74.55	259.08
15	14.73	22.66	30.03	39.66	48.73	56.66	79.89	277.64
20	15.42	23.73	31.44	41.52	51.01	59.31	83.63	290.64

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

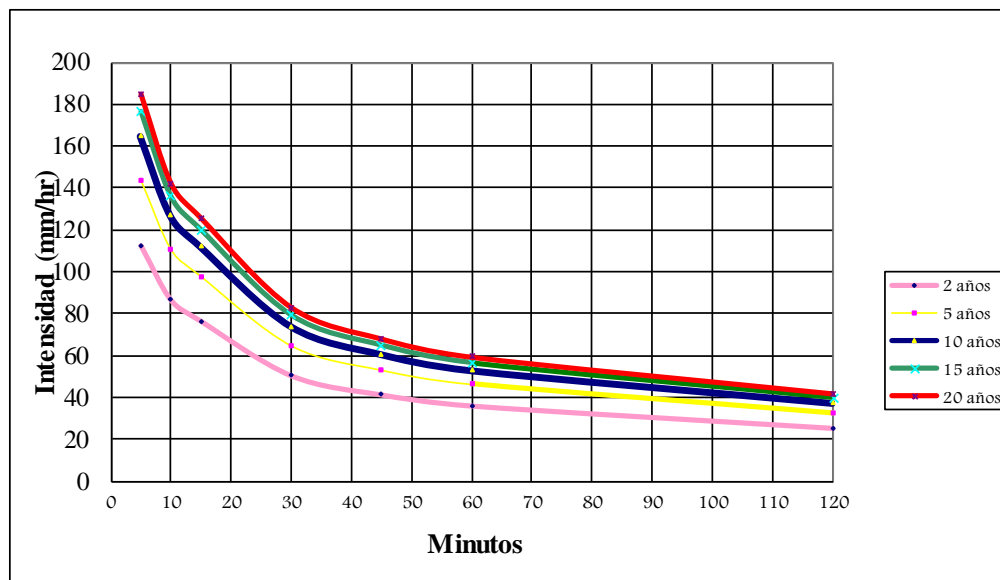
**TABLA 236: CALCULO DE LA INTENSIDAD DE DISEÑO**

Tiempo	5	10	15	30	45	60	120	24 Horas
Coef. De Duración	0.26	0.4	0.53	0.7	0.86	1	1.4	4.9
Periodo de retorno								
2	112.38	86.45	76.36	50.43	41.30	36.02	25.39	176.50
5	144.02	110.78	97.86	64.62	52.93	46.16	32.54	226.19
10	164.97	126.90	112.09	74.02	60.63	52.87	37.28	259.08
15	176.79	135.99	120.12	79.33	64.97	56.66	39.95	277.64
20	185.06	142.35	125.75	83.04	68.01	59.31	41.82	290.64

FUENTE.ELABORACIÓN PROPIA

En donde la intensidad de precipitación de diseño es 52.87 mm/h.

**IMAGEN 105: CURVA DE DURACIÓN INTENSIDAD – FRECUENCIA.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, BASADO EN EL PROGRAMA MAUCO.



### 11.2.1.6. DISEÑO DE ZANJA DE INFILTRACION.

En el caso de la zona de estudio el diseño de las zanjas de infiltración se realizará en las zonas de cabecera (partes altas) comprendidas en cada microcuenca, por lo tanto, el coeficiente de escorrentía de la zona donde se realizará la zanja de infiltración depende de la pendiente, cobertura vegetal y tipo de suelo.

**TABLA 237: COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DEPENDIENDO DE LA COBERTURA VEGETAL Y TIPO DE SUELO.**

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	>50%	20-50 %	5-20%	1-5%	0-1%
Sin Vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos	Impermeable	0.7	0.55	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pastos, Veg ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierba, Grama	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosque, Densa Veg.	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

FUENTE: BENITES ET AL, 1980

Para el caso de las microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu se tiene que en las cabeceras se encuentran cubiertas con pastos y vegetación ligera, son suelos impermeables y presentan pendientes entre 20-50 %.

Según las anteriores variables se tiene que el coeficiente de escurrimiento es de 0.5 y se trabajara con un periodo de retorno de 10 años.

**TABLA 238: PRECIPITACION EFECTIVA PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS**

Precipitación Máxima en 1 Horas (mm)	52.87
Periodo de retorno 10 años	
Precipitación Infiltrada (mm)	26.44
Precipitación Efectiva (mm)	26.44

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 11.2.1.7. DIMENSIONES DE ZANJA DE INFILTRACION.

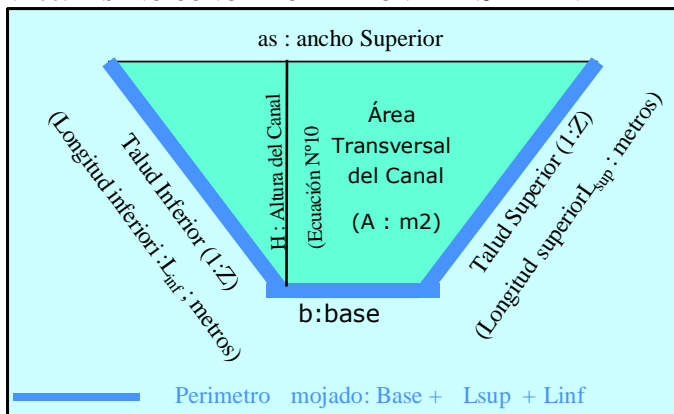
Tenemos que, según las características de precipitación, coeficiente de escorrentía, el distanciamiento de las zanjas de infiltración será de 20.04 m, pero para fines constructivos se redondeara a 20 metros

**TABLA 239: DIMENSIONES DE LAS ZANJAS DE INFILTRACION**

Base (m)	Altura (m)	Ancho Superior (m)
0.4	0.629151005	1.280811407

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, BASADO EN EL PROGRAMA MAUCO

**IMAGEN 106: DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA ZANJA DE INFILTRACION.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 240: DIMENSIONES DE LOS TALUDES DE LAS ZANJAS.**

Talud superior (aguas arriba)			Talud Inferior (aguas abajo)		
1:Z	Angulo	Logitud	1:Z	Angulo	Longitud
0.7	34.9920202	0.767976674	0.7	34.9920202	0.767976674

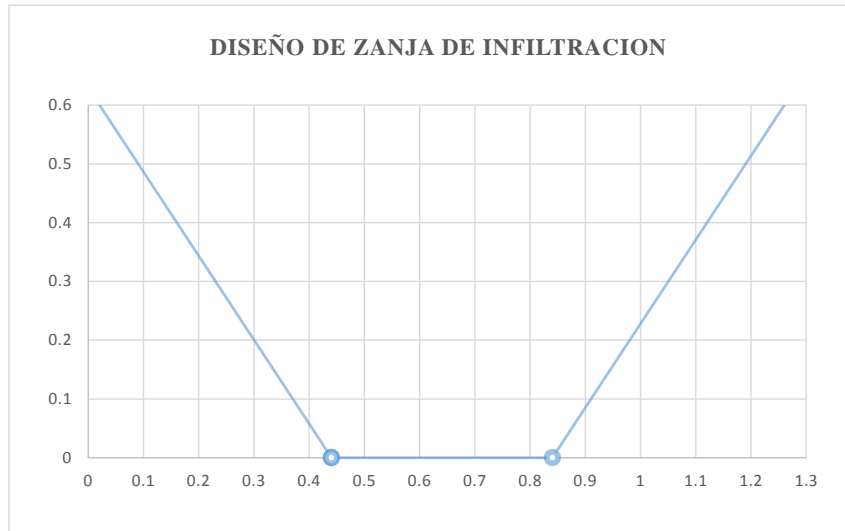
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 241: AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL Y VOLUMENES TOTAL E INDIVIDUALES DE LAS ZANJAS**

Area Zanja Seccion Transversal (m <sup>2</sup> )	0.73788
Volumen Total de Zanjias (m <sup>3</sup> )	2.21364
Volumen Zanja Individual (m <sup>3</sup> )	2.21364

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**IMAGEN 107: MODELO DE DISEÑO DE LA ZANJA DE INFILTRACION.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 11.2.1.8. COSTOS DE CONSTRUCCION.

Se ha propuesto la construcción de zanjas de infiltración en 628.23 ha, correspondientes a las cabeceras de las microcuencas, tomando en cuenta las especificaciones dadas por el Ministerio de Agricultura (MINAGRI).

**TABLA 242: ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS, ACTIVIDAD TRAZO Y REPLANTEO.**

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PROYECTO	" Estudio hidrogeologico para la captacion de aguas subterraneeas en las microcuencas Santo Domingo-Acofia y Huayrachapi-Miskiunu"					
ACCION	ZANJAS DE INFILTRACION					
ACTIVIDAD	TRAZO Y REPLANTEO					
UNIDAD	Ha					
CANTIDAD	1					
PARTIDA	1					
INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	TOTAL	FINANCIAMIENTO	
					MUNICIPALIDAD	COMUNIDADES
<b>MANO DE OBRA</b>						
Tecnico Agropecuario	Mes	0.003	2500	7.5	7.5	
Peon Comunal	Jornal	1	25	25	15	10
INSUMOS	0					
Yeso x 25 Kg	Bolsa	0.05	7	0.35	0.35	
<b>HERRAMIENTAS MANUALES</b>						
Cordel x 100 m	Ovillo	0.01	14	0.14	0.14	
Zapapico co mango	Unid	0.01	30	0.3	0.3	
Nivel A	Unid	0.01	15	0.15	0.15	
Wincha de 50 m	Unid	0.01	45	0.45	0.45	
<b>MATERIALES DE OFICINA</b>						
Libreta de campo	Unid	0.05	2.5	0.125	0.125	
Lapiceros	Unid	0.02	2	0.04	0.04	
<b>TOTAL</b>				<b>34.055</b>	<b>24.055</b>	<b>10</b>
<b>%</b>				<b>100</b>	<b>70.63573631</b>	<b>29.36426369</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 243: ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS, ACTIVIDAD EXCAVACION DE ZANJAS.**

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PROYECTO	" Estudio hidrogeologico para la captacion de aguas subterranas en las microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu"					
ACCION	ZANJAS DE INFILTRACION					
ACTIVIDAD	EXCAVACION DE ZANJAS DE INFILTRACION					
UNIDAD	Ha					
CANTIDAD	1					
PARTIDA	2					
INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	TOTAL	FINANCIAMIENTO	
					MUNICIPALIDAD	COMUNIDADES
MANO DE OBRA						
Tecnico Agropecuario	Mes	0.003	2500	7.5	8.35	
Peon comunal	Jornal	15	25	375	275	100
HERRAMIENTAS MANUALES						
Zapapico con mango	Unid	0.1	30	3	3	
pala recta	Unid	0.1	28	2.8	2.8	
pala cuchara	Unid	0.1	26	2.6	2.6	
Barretea de fierro 1 <sup>1/4</sup> x 1.50	Unid	0.1	70	7	0.7	
Comba de 8 lib	Unid	0.1	30	3	0.3	
Nivel A	Unid	0.1	15	1.5	0.15	
Wincha de 50 m	Unid	0.1	45	4.5	0.45	
Wincha metalica de 5 m	Unid	0.1	10	1	0.1	
MATERIALES DE OFICINA						
Libreta de campo	Unid	0.01	2.5	0.025	0.025	
Lapiceros	Unid	0.02	1	0.02	0.02	
SERVICIO DE TERCEROS						
Mantenimiento de camioneta	Unid	0.005	2400	12	10.99	
Mantenimiento de motos	Unid	0.005	2750	13.75	12.73	
Viaticos	Unid	0.005	4800	24	22.219	
<b>TOTAL</b>				<b>457.695</b>	<b>339.434</b>	<b>100</b>
<b>%</b>				<b>100</b>	<b>74.16161418</b>	<b>21.84861097</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 244: ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS, ACTIVIDAD CONSOLIDACION DE ZANJAS**

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PROYECTO	" Estudio hidrogeologico para la captacion de aguas subterranas en las microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu"					
ACCION	ZANJAS DE INFILTRACION					
ACTIVIDAD	CONSOLIDACION DE LAS ZANJAS DE INFILTRACION					
UNIDAD	Ha					
CANTIDAD	1					
PARTIDA	3					
INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	TOTAL	FINANCIAMIENTO	
					MUNICIPALIDAD	COMUNIDADES
MANO DE OBRA						
Tecnico Agropecuario	Mes	0.003	2500	7.5	7.5	
Peon comunal	Jornal	4	25	100	80	20
HERRAMIENTAS MANUALES						
Pala cuchara	Unid	0.01	26	0.26	0.26	
Wincha metalica de 5m	Unid	0.5	10	5	5	
MATERIALES DE OFICINA						
Libreta de campo	Unid	0.01	2.5	0.025	0.025	
<b>TOTAL</b>				<b>112.785</b>	<b>92.785</b>	<b>20</b>
<b>%</b>				<b>100</b>	<b>82.26714545</b>	<b>17.73285455</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 245: RESUMEN POR PARTIDAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

M.F. 1	MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA	AREA		COSTOS S/	
ACCION 01	CONSTRUCCION DE ZANJAS DE INFILTRACION	Ha	983.8005	S/.	594,741.84
PARTIDA 1	TRAZO Y REPLANTEO	Ha	983.8005	34.055	33503.32603
PARTIDA 2	EXCAVACION DE ZANJAS DE INFILTRACION	Ha	983.8005	457.695	450280.5698
PARTIDA 3	CONSOLIDACION DE LAS ZANJAS DE INFILTRACION	Ha	983.8005	112.785	110957.9394

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 246: RESUMEN POR PARTIDAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

RESUMEN M.F.1	" Estudio hidrogeologico para la captacion de aguas subterranas en las microcuencas Santo Domingo-Acopia y Huayrachapi-Miskiunu"	Ha		COSTOS S/	
PARTIDA 1	EXCAVACION DE ZANJAS DE INFILTRACION	1306.5823	Ha	457.695	598016.1858
PARTIDA 2	CONSOLIDACION DE LAS ZANJAS DE INFILTRACION	1306.5823	Ha	112.785	147362.8847
<b>TOTAL</b>		<b>1306.5823</b>	<b>Ha</b>	<b>S/.</b>	<b>745,379.07</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## 11.2.2. REFORESTACION.

Para la recarga de acuíferos, la reforestación es una actividad eficiente y de muy bajo costo,

### 11.2.2.1. FORESTACION CON PLANTAS NATIVAS.

Esta propuesta es el más eficiente y de bajo costo, esta es una segunda opción como propuesta para la recarga de los acuíferos debido a que se regula el escurrimiento superficial a través de la interceptación de lluvia e infiltración de estas, contribuye con el control de erosión de los suelos, mejora la capacidad de retención de agua creando un microclima favorable.

### 11.2.2.2. CONSIDERACIONES EDAFOLOGICAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES NATIVAS.

Se toma en cuenta diversos factores para realizar la plantación de estas especies nativas, se toma en cuenta el piso altitudinal, rangos de temperatura, tipos de suelo, requerimiento de agua, resistencia a heladas, etc. Esto se encuentra descrito a continuación:

**TABLA 247: DESCRIPCION DE ESPECIES NATIVAS CON RANGO ALTITUDINAL**

DESCRIPCION	ESPECIE NATIVA				
	QUEUÑA	QOLLE	QUSHUAR	CHACHACOMO	MUTUY
RANGO ALTITUDINAL (msnm)	2800 a 4700	3400 a 4500	2300 a 3900	2600 a 4000	2500 a 4000
RANGO DE TEMPERATURA (°C)	3 - 12	3 - 10	9 - 17	6 - 14	3 - 10
RESISTENCIA A HELADAS	Soporta	Soporta	Eventual	Soporta	Soporta
TENDENCIA DEL SUELO	Alcalina	Alcalina	Alcalina	Variada	Variada
PROFUNDIDAD REQUERIDA	Media - Baja	Media	Media - Escasa	Escasa	Media
TOLERANCIA A LA PEDREGOSIDAD	Alta	Media	Alta	Media - Alta	Media
REQUERIMIENTO DE AGUA	Bajo	Medio - Bajo	Medio	Bajo	Medio

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Se tomó en consideraciones sobre la cantidad de plantaciones que deberían de existir, según datos del INIA es recomendable la plantación de 1111 plantones de especies arbóreas nativas por hectárea.

### 11.2.2.3. COSTOS DE FORESTACION:

Como tercera propuesta se tiene la forestación de especies arbóreas nativas en 678.3523 Ha, en las cabeceras de las microcuencas.

**TABLA 248: ANALISIS DE COSTOS DE FORESTACION**

ITEM	ELEMENTO DEL COSTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIOS DEL MERCADO	
				COSTO UNITARIO (S/)	TOTAL
1.0	<b>PRODUCCION DE PLANTONES</b>				
1.1.0	<b>PROPAGACION DE PLANTONES</b>				
1.1.1	Adquisicion de semillas	Kg	7.64083216	2240	17115.46405
1.1.2	Apertura de cama de recria	m3	91.689986	8.53	782.1155803
1.1.3	Adquisison de esquejes	mil	38.2041608	1.65	63.03686535
1.1.4	Adquisicion de sustrato	m3	76.4083216	157.34	12022.08533
1.1.5	Almacigo	m2	76.4083216	255.45	19518.50576
1.1.6	Relleno de bolsas	mil	76.4083216	126.18	9641.202024
1.1.7	Repique de plantulas	mil	76.4083216	7.73	590.6363263
1.1.8	Labores culturales	glb	91.689986	310	28423.89565
1.1.9	Riego	m2	229224.965	0.34	77936.48807
2.0	<b>PLANTACIONES EN CAMPO DEFINIDO</b>				
2.1.0	<b>PLANTACIONES EN CAMPO DEFINIDO</b>				
2.1.1	Trazo y marcacion de terreno	m2	76408.3216	1.04	79464.6545
2.1.2	Apertura de hoyos	u	76408.3216	0.75	57306.24123
2.1.3	Distribucion de plantones	viaje	45.844993	1811.8	83061.95829
2.1.4	Plantacion de plantones	c	764.083216	137.33	104931.5481
2.2.0	<b>MITIGACION DE IMPACTOS</b>				
2.2.1	Medidas de mitigacion de Impactos Ambientales				
2.2.2	Recojo de bolsas forestales	glb	22.9224965	370.8	8499.661699
2.2.3	Transporte de bolsas forestales	glb	22.9224965	2268.8	52006.56004
2.2.4	Equipos forestales	unid	76.4083216	2985	228078.8401
<b>TOTAL</b>					<b>S/. 779,442.89</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### **11.2.3. IMPLEMENTACION DE AMUNAS:**

Se planteó el incremento de extracción mediante recarga directa y recarga artificial está a través de diferentes acciones como zanjas de infiltración y reforestación a esto se suma una propuesta la cual es económica y de fácil practica la cual es una técnica catalogada como una obra hidráulica prehispánica las cuales son las amunas.

Las Amunas, palabra de origen quechua que significa “retener”, son un sistema prehispánico de recarga artificial de acuíferos mediante la siembra y cosecha de agua, que aún es implementado por algunas comunidades campesinas andinas del Perú, entre la zona de puna (a más de 4000 m.s.n.m.) y la zona quechua (entre los 2300 y los 3500 m.s.n.m.).

El funcionamiento del sistema empieza entre los meses de diciembre y abril con la “captura de las lluvias” en la parte alta de la cuenca, en la zona de estudio estos son los meses donde existe precipitaciones máximas, donde no hay cultivos sino laderas de piedras y pastos. Estas aguas son conducidas a través de una red de acequias y/o canales (sin revestimiento), a superficies fracturadas, porosas y rocosas, a partir de las cuales se infiltran en los acuíferos montañosos en nuestro caso se tiene los acuíferos Anta y Mitu.

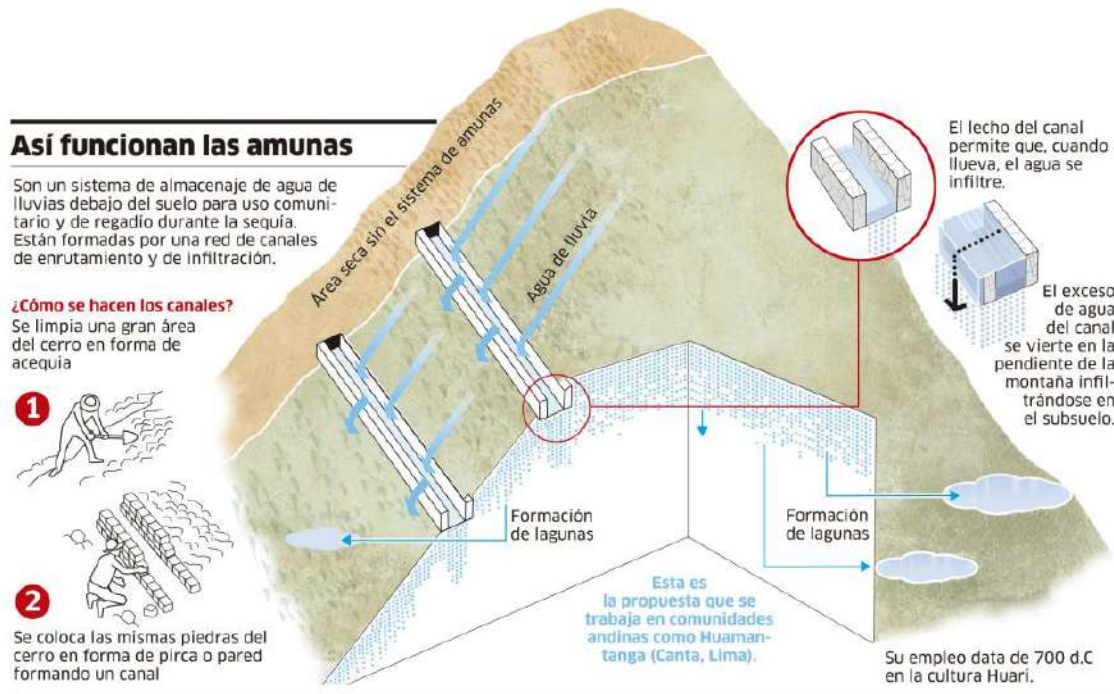
El trabajo realizado en la parte alta, permite alimentar, gradual e ininterrumpidamente, los manantiales existentes aguas abajo y disponer de este recurso durante los meses de agosto, setiembre y octubre (época de estiaje), justo al comenzar la siembra. De ese modo las familias campesinas disponen de mayor cantidad de agua de la que tendrían por infiltración natural.

La cosecha del agua de los puquios o manantiales es de carácter familiar o grupal, a diferencia de la organización y reparto que es particular pero equitativa, ya que responde a consensos, teniendo en cuenta el nivel de participación o involucramiento en todo el proceso.

Es así que el presupuesto total asignado para la reconstrucción o construcción de estas, del 100% el 70% esta designado al pago de mano de obra y dirección técnica, lo cual genera un ingreso económico importante para los pobladores de la zona. Asimismo, estas estructuras ayudan a la prevención de diferentes peligros tales como huaycos y/o deslizamientos.



IMAGEN 108: FUNCIONAMIENTO DE LAS AMUNAS.



FUENTE: IMPERIAL COLLEGE LONDON, CONDESAN, IMHEA.

De la imagen N° 108, se tiene que las amunas tienen diferentes beneficios de los cuales el principal es la reducción del impacto ambiental generado en comparación con otras obras hidráulicas debido a que no se utiliza maquinarias para la remoción de tierras, uso de cemento y/o aditivos para la construcción de estas estructuras, y como se menciona anteriormente este genera un ingreso económico a las comunidades debido a que para su construcción solo es necesario el uso de mano de obra calificada en menor proporción y no calificada casi en su totalidad.

## CONCLUSIONES.

1. Al realizar el estudio hidrogeológico se ubicaron e identificaron diferentes en el sector Qhapaq Ñan (microcuenca Santo Domingo-Acopia) se identificó el acuífero Anta, en el sector de la Pampa (microcuenca Santo Domingo-Acopia) se identificó el acuífero fisurado diorítico, en el sector de Huarasayco (microcuenca Santo Domingo-Acopia) se tiene el Acuífero kárstico Arcurquina en donde destaca un pequeño manante de composición cálcica y de sabor salado Phosqo Pucyu de 8.5 Lt/seg. En el sector de Miskiunu (microcuenca Huayrachapi-Miskiunu) se tiene el acuífero volcanosedimentario fisurado Mitu. Finalmente se tiene el acuífero poroso aluvial el cual se extiende en las faldas de cerros y fondos de valle de las comunidades campesinas de Huarasayco y Santo Domingo.
2. Se determinó que, a partir del estudio Geomorfológico, se identificaron geformas que favorecen al direccionamiento de los flujos de agua, como por ejemplo valles delimitados por montañas con pendientes empinadas (Microcuenca Huayrachapi-Miskiunu) a moderadamente empinadas (Microcuenca Santo Domingo-Acopia). Respecto al estudio Geológico se indica que la unidades litológicas como la formación Anta (Microcuenca Santo Domingo-Acopia) y Mitu (Microcuenca Huayrachapi-Miskiunu) favorecen la acumulación de agua y funcionan como acuíferos porosos consolidados y que en algunos casos como acuíferos fisurados, además el intrusivo diorítico (ambas microcuencas) y respecto a las calizas de la formación Arcurquina existen evidencias de estructuras de disolución (Klint y Grikes) que en su interior almacenarían agua.  
Con ayuda del análisis geológico estructural mediante el mapeo geomecánico de los macizos rocosos, la recolección de datos de dirección y buzamiento de estratificación, discontinuidades, diaclasas, fallas y pliegues y el posterior análisis e interpretación cinemático se pudo identificar que: la Formación Anta, presenta una tendencia principal SW-NE Por otro lado, en los afloramiento rocosos del Grupo Mitu se evidencia que las fracturas y/o diaclasas presentan una tendencia principal NE-SW siendo casi perpendiculares a la estratificación entonces se indica que en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu el control estructural se da por fallamiento, estratificación y fracturamiento favoreciendo el control y dirección de los flujos de agua subterránea siendo estas en sentido favorable de la pendiente de esta microcuenca.
3. Se identificó sectores aprovechables hídricamente como la Pampa y Qhapaq Ñan (microcuenca Santo Domingo-Acopia), con espesores saturados que varían entre 5 a 50 metros de espesor,

observándose condiciones favorables a partir de los 14 y 40 metros. Por otro lado, los sectores de Huarasayco bajo (microcuenca Santo Domingo-Acopia) con espesores hasta de 40 metros, encontrándose estos favorables a partir de los 15 metros; observándose así una zona donde existe un buen espesor, pero este sería por aporte del río Millera. En los sectores de Markuyo y Santo Domingo (microcuenca Santo Domingo-Acopia), se encontró sectores en donde el horizonte saturado llega hasta los 15 metros, siendo estos sectores donde se presenta la menor potencia de agua.

Por otro lado, en el sector de Miskiunu (microcuenca Huayrachapi-Miskiunu) se tiene horizontes saturados donde la resistencia de la roca varía entre 20 a 40 Ohm.m. Por otro lado, en el sector Hyruyoc (microcuenca Huayrachapi-Miskiunu) los espesores varían entre 5 y 30 metros y las condiciones favorables se encuentran entre 20 y 30 metros de profundidad donde se aprecia un moderado fracturamiento.

En los sectores de Ccatawi y Uypiña (microcuenca Huayrachapi-Miskiunu), el horizonte saturado tiene un espesor de 10 a 25 metros, y una resistencia que varía entre 105-115 Ohm.m. De lo mencionado anteriormente se tiene que existe bolsonadas de agua que se encuentran en el subsuelo, en donde el fracturamiento de algunas formaciones favoreció en el almacenamiento y distribución del recurso hídrico.

4. Al realizar las secciones geoelectricas, estas nos ayudaron a delimitar y definir de una manera indirecta el nivel saturado el cual se encuentra de manera superficial y varía desde los 10 a 15 metros de profundidad asimismo se realizó el cálculo del potencial hídrico del acuífero se calculó con ayuda de las secciones en forma conjunta con las estimaciones de volumen de recarga directa de lo cual se tiene que en la microcuenca de Santo Domingo-Acopia tiene 501859.322 m<sup>3</sup> de potencial hídrico mientras que la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu tiene 244180.563 m<sup>3</sup>.
5. Se realizó el análisis hidroquímico de los sistemas acuíferos se concluye que el agua proveniente de la microcuenca Santo Domingo-Acopia tiene que ser destinada para el uso agropecuario y el agua proveniente de la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu para el consumo humano.
6. Se identificaron los siguientes tipos de acuíferos:

El acuífero Anta que es un acuífero poroso y fisurado, el acuífero fisurado diorítico, el acuífero Mitu es un acuífero poroso y fisurado, el acuífero Arcurquina que es un acuífero kárstico, los acuíferos aluviales. Asimismo, se tiene el acuitardo Murco y lacustre.

7. Al realizar el balance hídrico de las microcuencas se concluyó que en la microcuenca Santo Domingo-Acopia, existe un déficit de agua de 15540.34 m<sup>3</sup> en los meses de mayo, junio, agosto, octubre y noviembre debido a la ausencia de lluvias; contrariamente a este problema se observa que en los meses de enero, febrero, marzo, abril, julio, setiembre y diciembre existe un superávit de 147940.13 m<sup>3</sup>. Lo cual compensa satisfactoriamente el déficit existente.

Por otro lado, en la microcuenca Huayrachapi-Miskiunu existe un déficit en todos los meses del año de 17455.49 m<sup>3</sup>, para lo cual se puede hacer una gestión hídrica en la zona de estudio, así como obras civiles para acciones de recarga u otros métodos como zanjas de infiltración, etc.

8. La dirección de flujo predominante que se determinó en la Microcuenca Santo Domingo-Acopia tiene un gradiente general de flujo con dirección SW a NE paralela al río principal, además se observa que estas direcciones de flujo se concentran hacia el centro del valle de esta microcuenca. Por otro lado, la Microcuenca Huayrachapi-Miskiunu tiene un gradiente de flujo con dirección NE-SW y EW, a favor de la pendiente en este sector.

## RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda realizar un estudio más detallado utilizando métodos directos para tener un mejor enfoque de los diferentes parámetros hidrodinámicos y conocer con mejor precisión el volumen de agua, por lo cual se tiene que hacer pozos de agua para hacer pruebas de bombeo, instalación de piezómetros y extracción de agua, etc.
2. Realizar una amplia campaña de mapeo Geomecánico y/o Geología Estructural con el fin de delimitar y determinar con mayor exactitud los dominios Geomecánicos del macizo rocoso a nivel de RQD (grado de fracturamiento de la roca), estructuras geológicas, los cuales nos ayudarían a ajustar un futuro modelo Numérico Hidrogeológico.
3. Realizar tomografías eléctricas para modelar y conocer de manera precisa las capas saturadas existentes en el subsuelo.
4. Proponer una campaña de potabilización del agua para el consumo humano, así como un plan integral de sembrío y riego de especies (cultivos) que aguanten los límites de salinidad.
5. Concientizar a la población sobre el uso racional, adecuado y sostenible del recurso hídrico (superficial y subterráneo), evitando de esta manera la sobreexplotación del recurso consecuentemente produciendo el agotamiento de este.
6. Realizar un nuevo censo Agropecuario o recolectar data más actualizada sobre la población pecuaria y áreas agrícolas en uso, nueva campaña de monitoreo de fuentes de agua con el fin de verificar y tener datos más precisos sobre los regímenes de estos, para de esta manera ajustar el balance hídrico de la zona.
7. Mediante el aporte de información de esta tesis y adicionando información y datos más detallados sobre perforación de pozos de agua, instalación de Piezómetros, ensayos de permeabilidad tipo Lugeon, pruebas de bombeo, etc., ayudarían a determinar el tipo de flujo subterráneo y en la generación de un Modelo Numérico Hidrogeológico en 2D-3D.
8. Se recomienda realizar las zanjas de infiltración siguiendo las curvas de nivel, de la misma forma se recomienda la construcción de estas de manera nivelada teniendo en cuenta que se pueden dejar tabiques de tierra cada 4 a 7 metros por criterios o estándares de seguridad, asimismo, capacitar a la población sobre el mantenimiento de las zanjas de infiltración, así como de los reservorios.

## BIBLIOGRAFÍA.

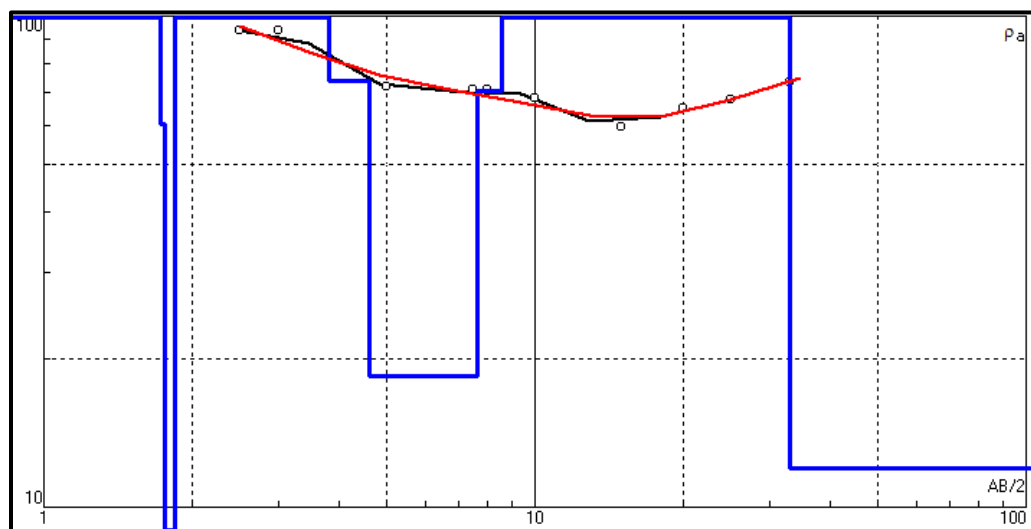
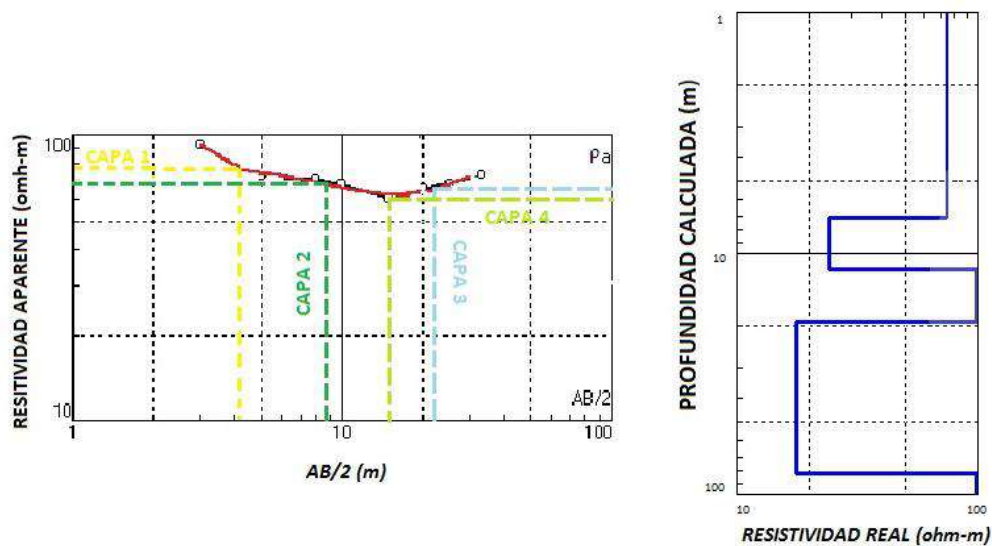
- Aparicio, F. (1996). Fundamentos de Hidrología de Superficie. 4ta. Edición. México. Editorial Limusa S.A. PP 303.
- Asociación Arariwa (2004): Plan de Intervención Quinquenal para la Micro región de Cuatro Lagunas 2004-2008. Perú, Cusco.
- Bateman Allen (2007) Hidrología básica y aplicada Grupo de Investigación en UPC Disponible en: [www.gits.ws](http://www.gits.ws).
- Bear Jacob, Cheng Alexander H.D. (2016) Modeling Groundwater Flow and Contaminant Transport, page 118.
- Benavente C, Delgado F, Taipe E, Audin L (2013) C055 Mapa Neotectónico de Cusco 2013. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico INGEMMET.
- Bol. Soc. Geol. Perú 103 (2009) Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú -: 1-89
- Charvet, G., (2009), Exploration, modeling and management of groundwater resources in northern Quintana Roo, Mexico: Denmark, Technical University of Denmark, MSc Thesis, 94 pp + apendices.
- Custodio Gimena, Emilio y Llamas, Román. (1999.) Hidrología Subterránea. Editorial OMEGA. TII 2º edición.
- Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (2012) Cartilla Técnica: Balance Hídrico Superficial Sociedad Geográfica de Lima.
- Dr. Villarroya Fermín (2009) Jornadas Técnicas sobre Aprovechamiento de Aguas Subterráneas para Riego. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos. Universidad Complutense.
- Geología del Cuadrángulo Cusco Hoja 28-s, Boletín N° 138 serie A – Carta Geológica Nacional, a escala 1:50,000.
- Geología del Cuadrángulo de Cusco y Livitaca, Hoja 28-s y 29-s, Boletín N° 58 serie A – Carta Geológica Nacional, a escala 1:100,000.
- Geología del Cuadrángulo de Ocongate y Sicuani, Hoja 28-t y 29t, Boletín N° 25 serie A - Carta Geológica Nacional, a la escala 1:100,000.

- Ing. Crespo Villalaz Carlos (2004) “Mecánica de Suelos y Cimentaciones”. México Editorial Limusa S.A. Quinta edición
- Ing. Moreno Herrera José Luis (2015). “Evaluación Hidrogeológica para el Aprovechamiento de las Aguas Subterráneas en la Microcuenca Lauricocha – Huánuco” Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de San Antonio abad del Cusco.
- López, J.(2015) Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Número 64: 26-34, enero-abril
- M.SC. Huamani Huaccan Alfredo M. (2009) Maestría en Hidrogeología. Unidad de Postgrado de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Universidad Mayor de San Marcos
- Municipalidad Distrital de Acopia (2015) Perfil de proyecto “Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Saneamiento Básico Integral del Centro Poblado de Tactabamba, distrito de Acopia-provincia de Acomayo-Cusco”.
- PhD Padilla Benítez Francisco De Asís (2011) Maestría en Planificación Hidrológica, Hidrología Subterránea, Hidráulica Computacional, Hidráulica e Hidrología, Recursos Hídricos, Ingeniería Hidráulica e Hidrología, Recursos Hídricos y Ciclo del Agua. Universidad de A. Coruña.
- Red de servicios cusco sur micro red Acomayo (2017) Análisis de la situación de salud asis 2017 provincia de Acomayo.
- Rodríguez Rildo, Acosta Harmuth, Cueva Eber, Carlotto Víctor (2010). Dominios y Estilos Estructurales en el Altiplano y Borde Oeste de la Cordillera Oriental del Sur del Perú -), (Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9
- Singhal B.B.S. Gupta R.P (2010) Applied Hydrogeology of Fractured Rocks, page 144
- Villota, H. (1992) El Sistema CIAF de Clasificación Fisiográfica del Terreno. En: Revista CIAF, Vol. 13, No. 1, pp. 55 – 70.

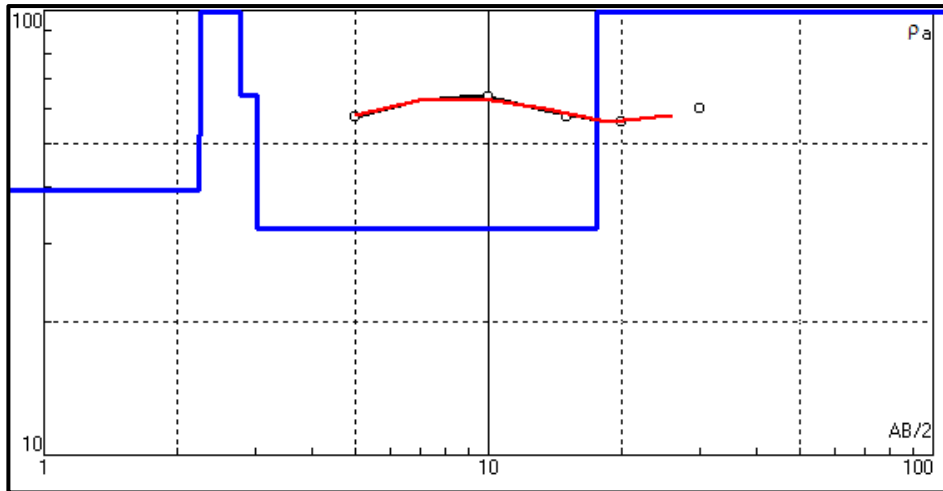


## ANEXOS.

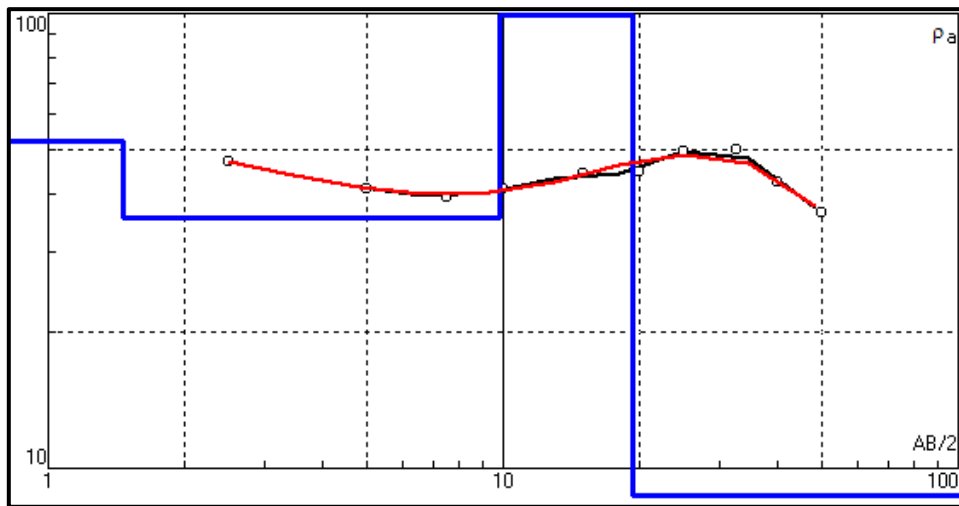
### CURVAS GEOELECTRICAS-ENSAYOS SEV.



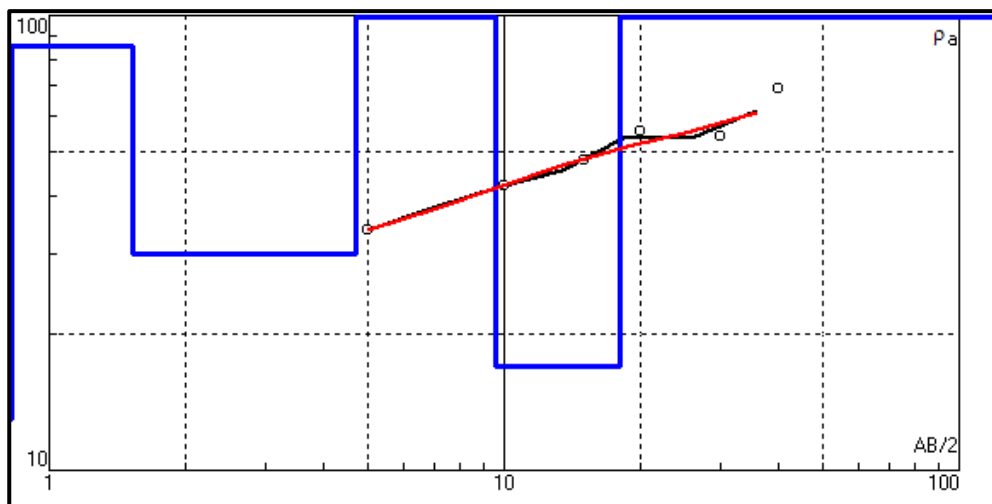
PAMPA 1



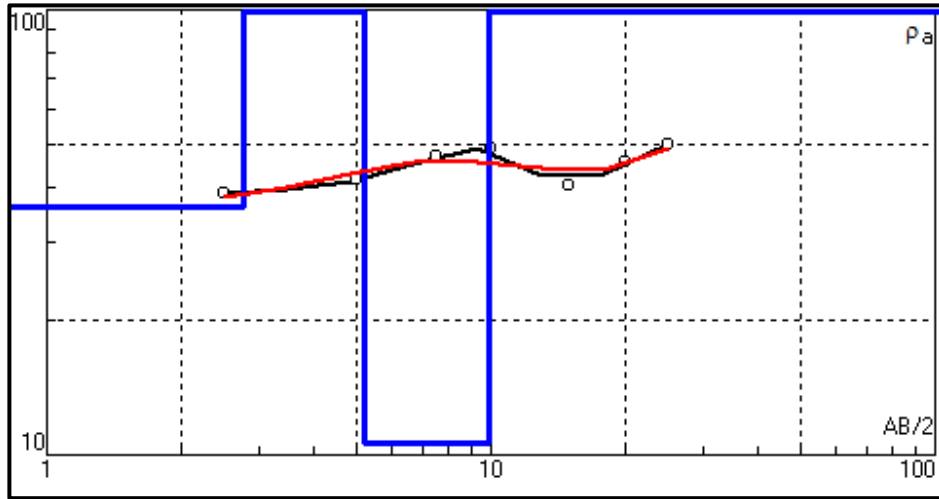
PAMPA 2



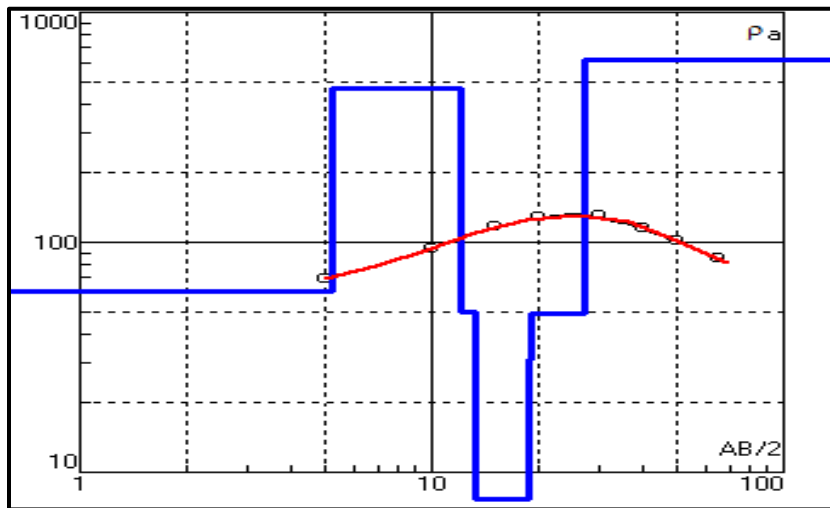
KPÑ 1



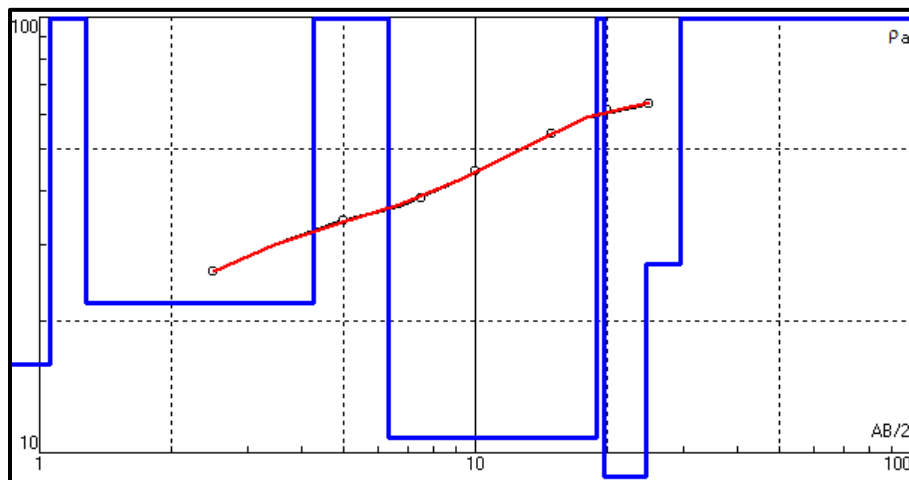
HUARASYACO BAJO 1



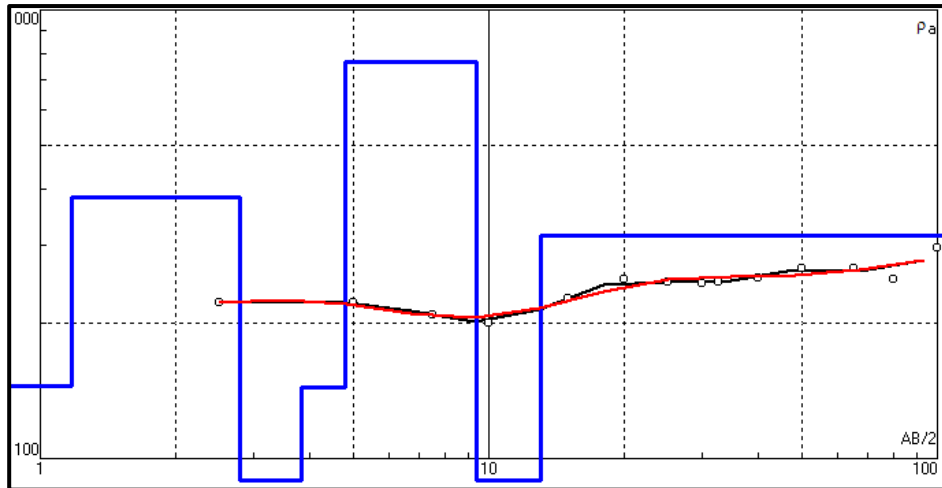
HUARASAYCO BAJO 2



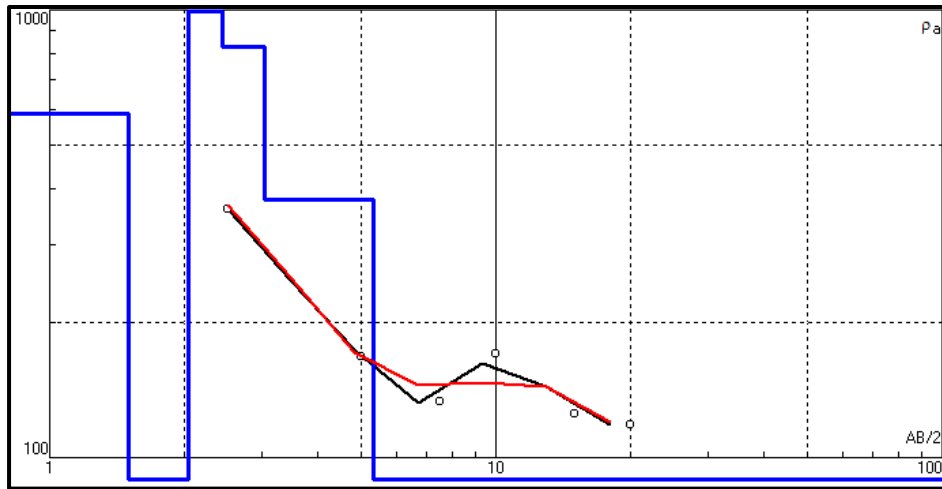
MARKUYO



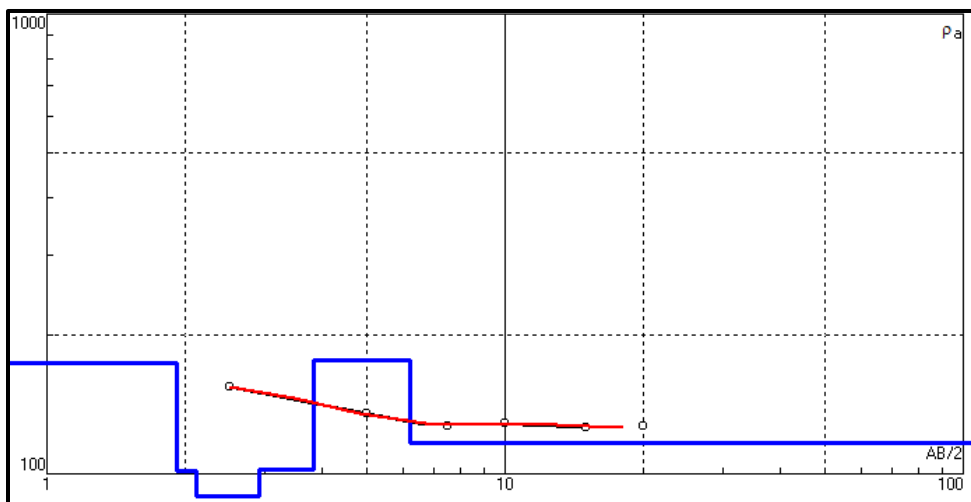
SANTO DOMINGO



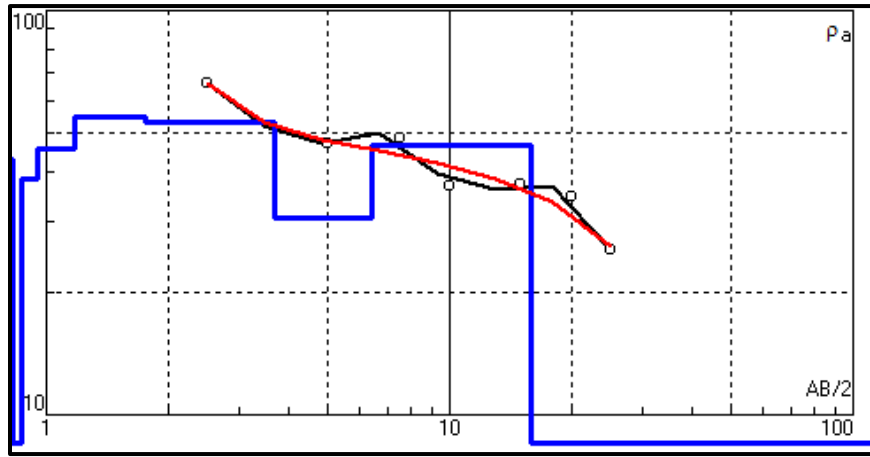
MISKIUNU 1



HYRUIYOC

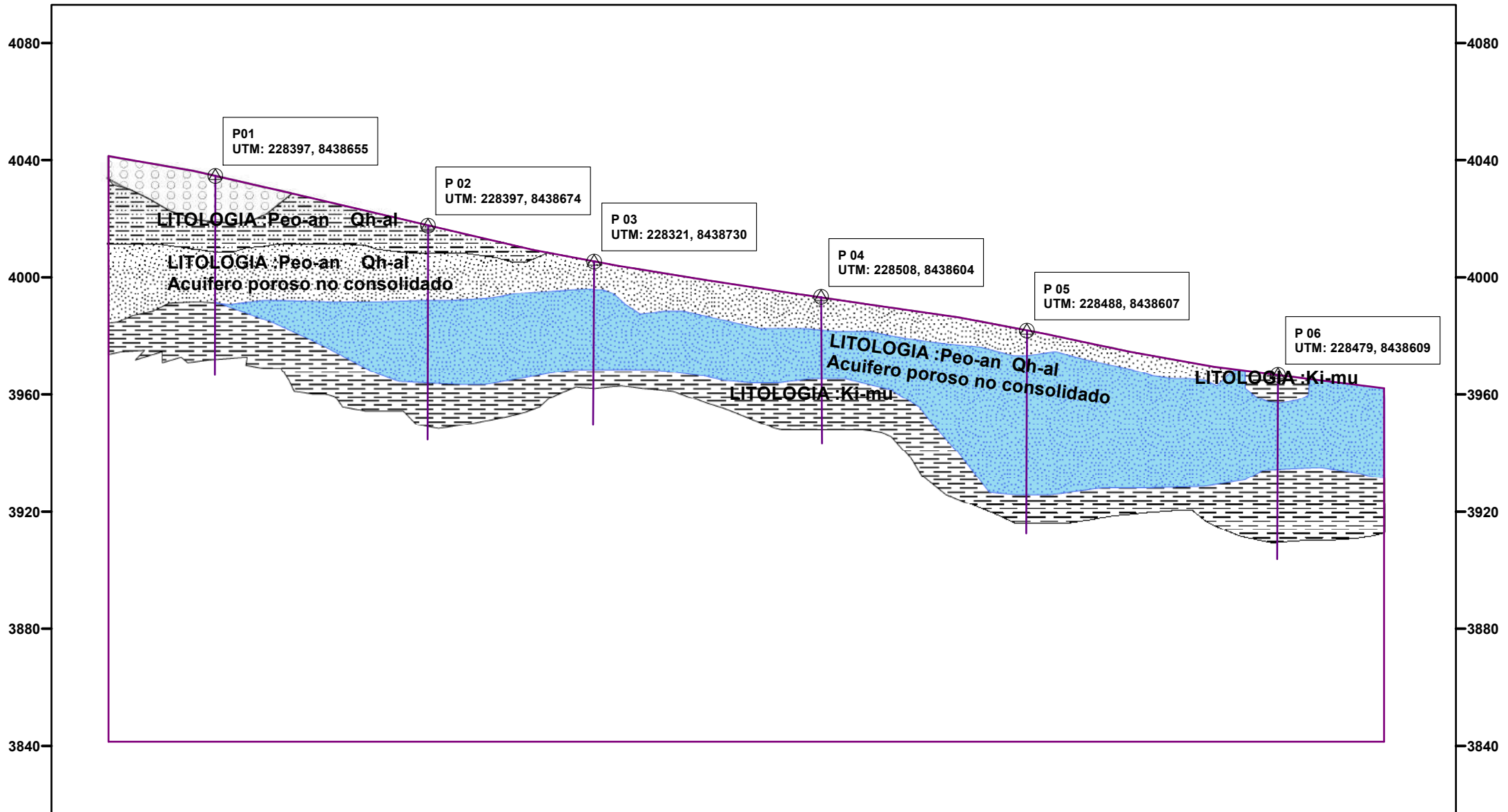


CCATAWI

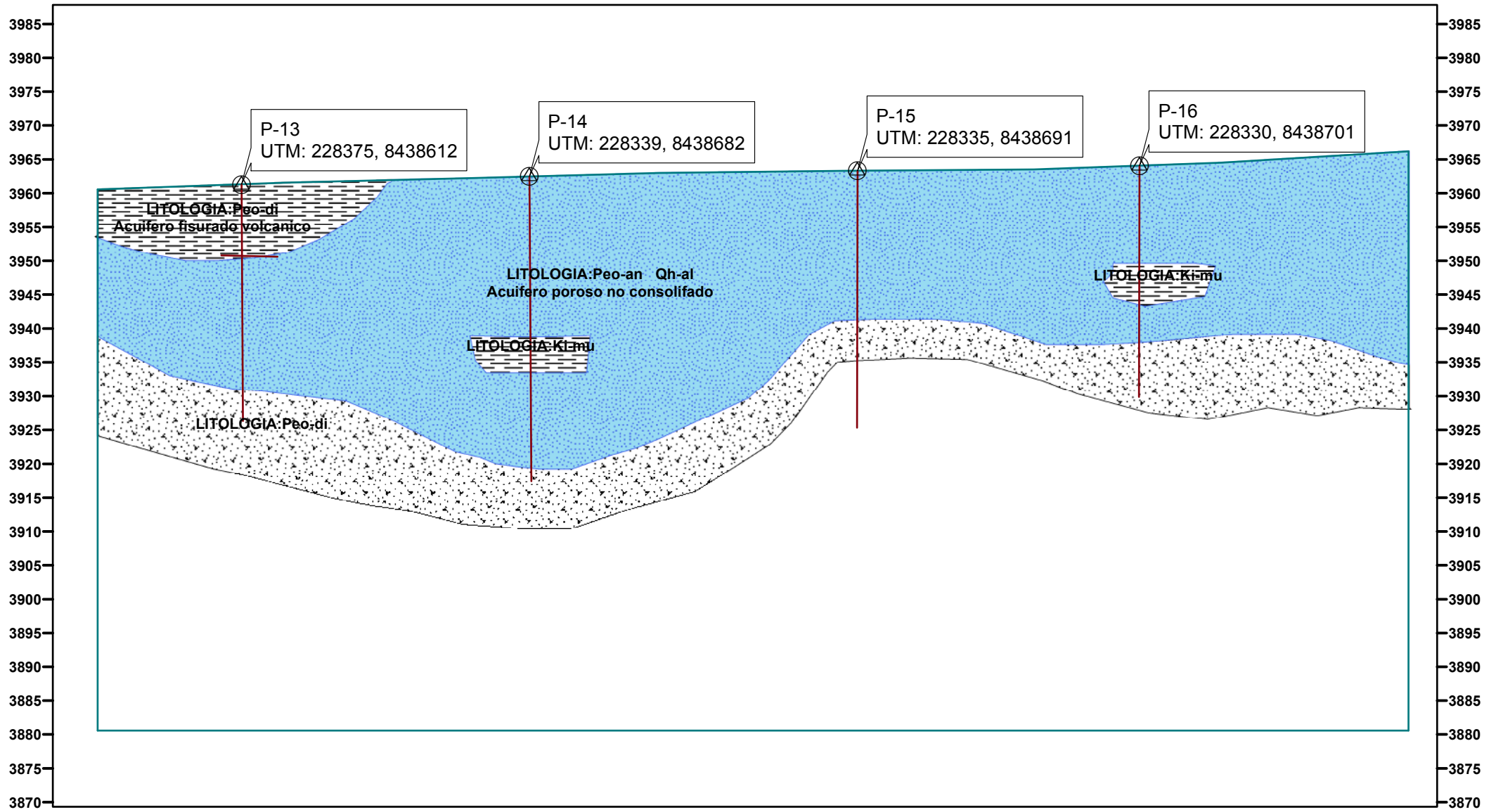


UYPIŃA

# SECCION LA PAMPA 01

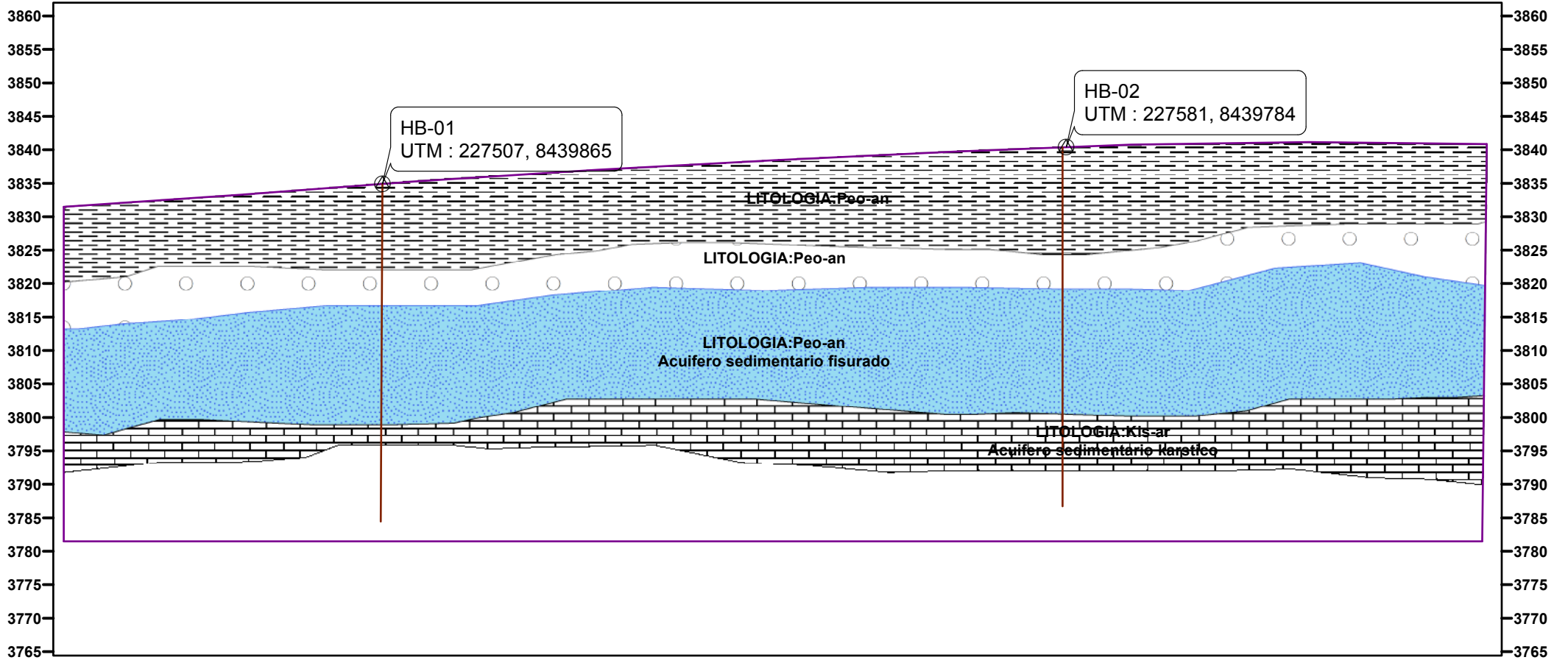


## SECCION LA PAMPA 02

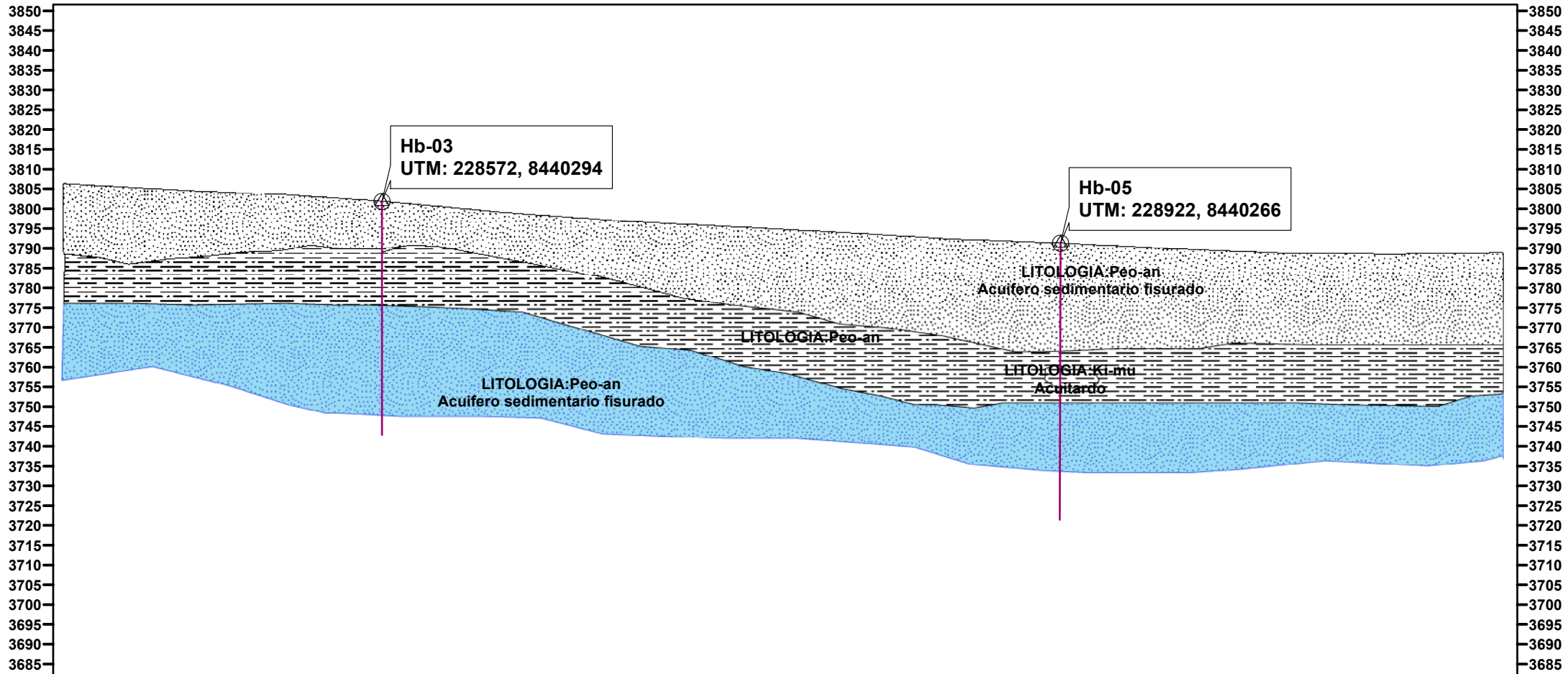




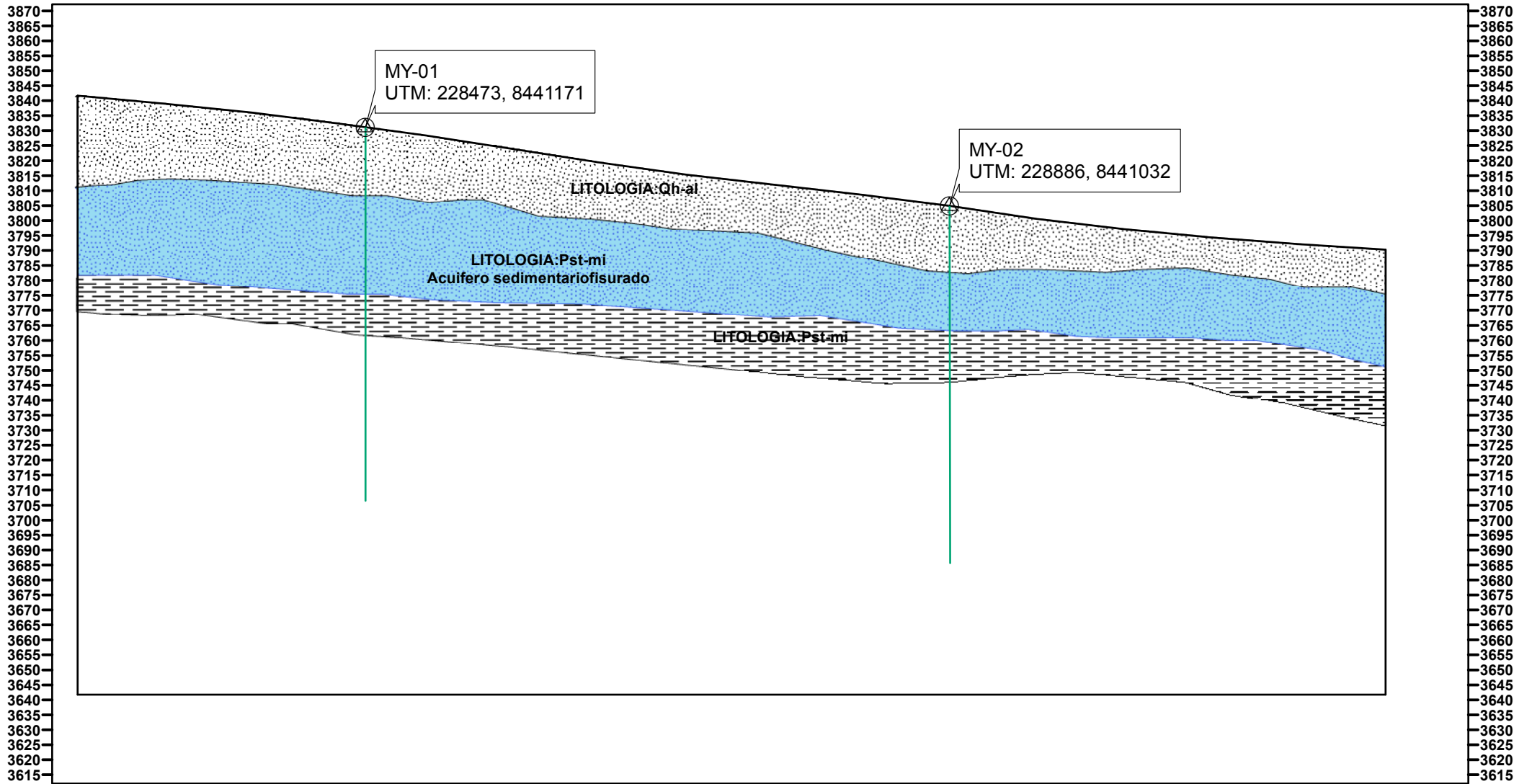
# SECCION HUARASAYCO BAJO 01



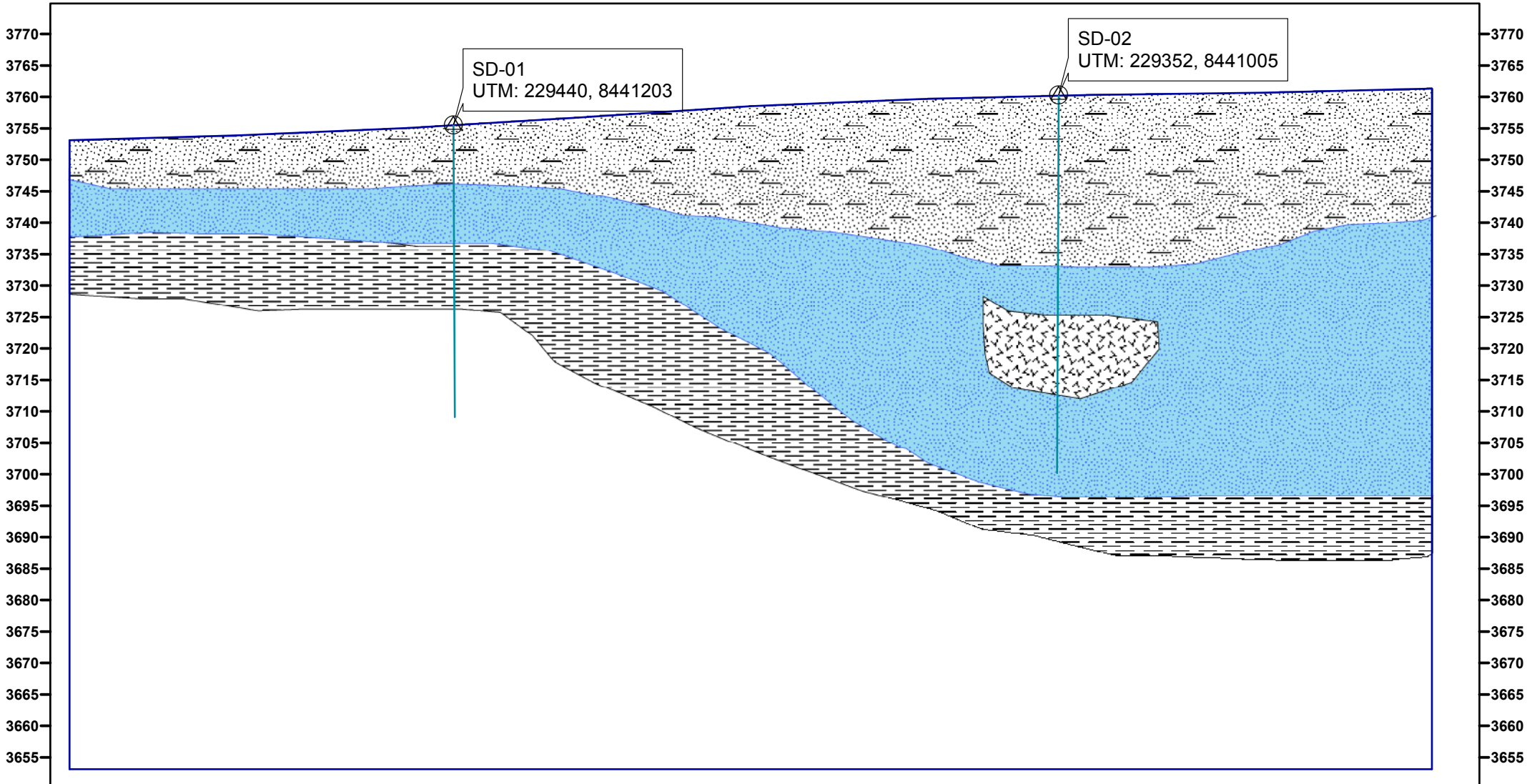
# SECCION HUARSAYCO BAJO 02



# SECCION MARKUYO 01

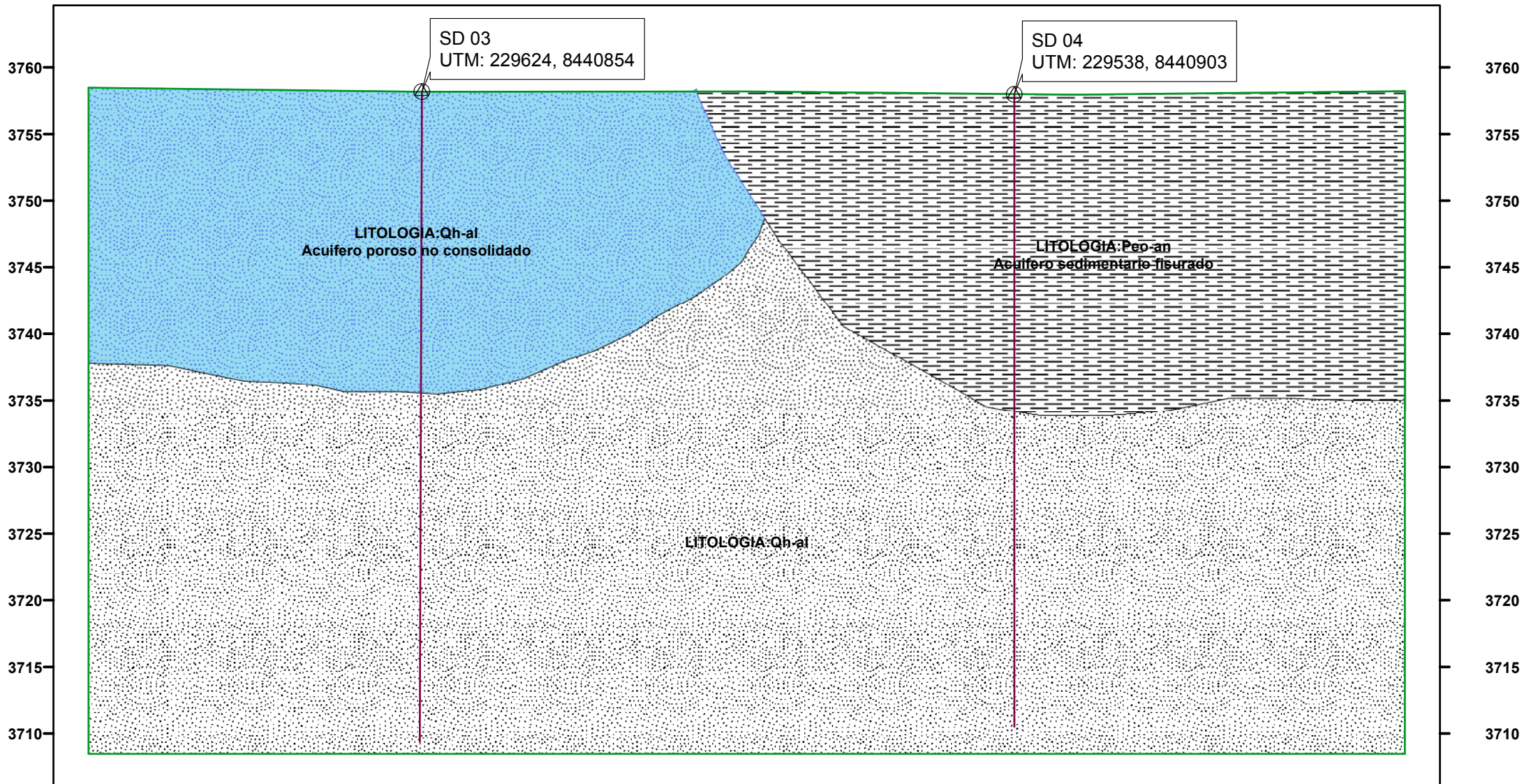


# SECCION SANTO DOMINGO 01

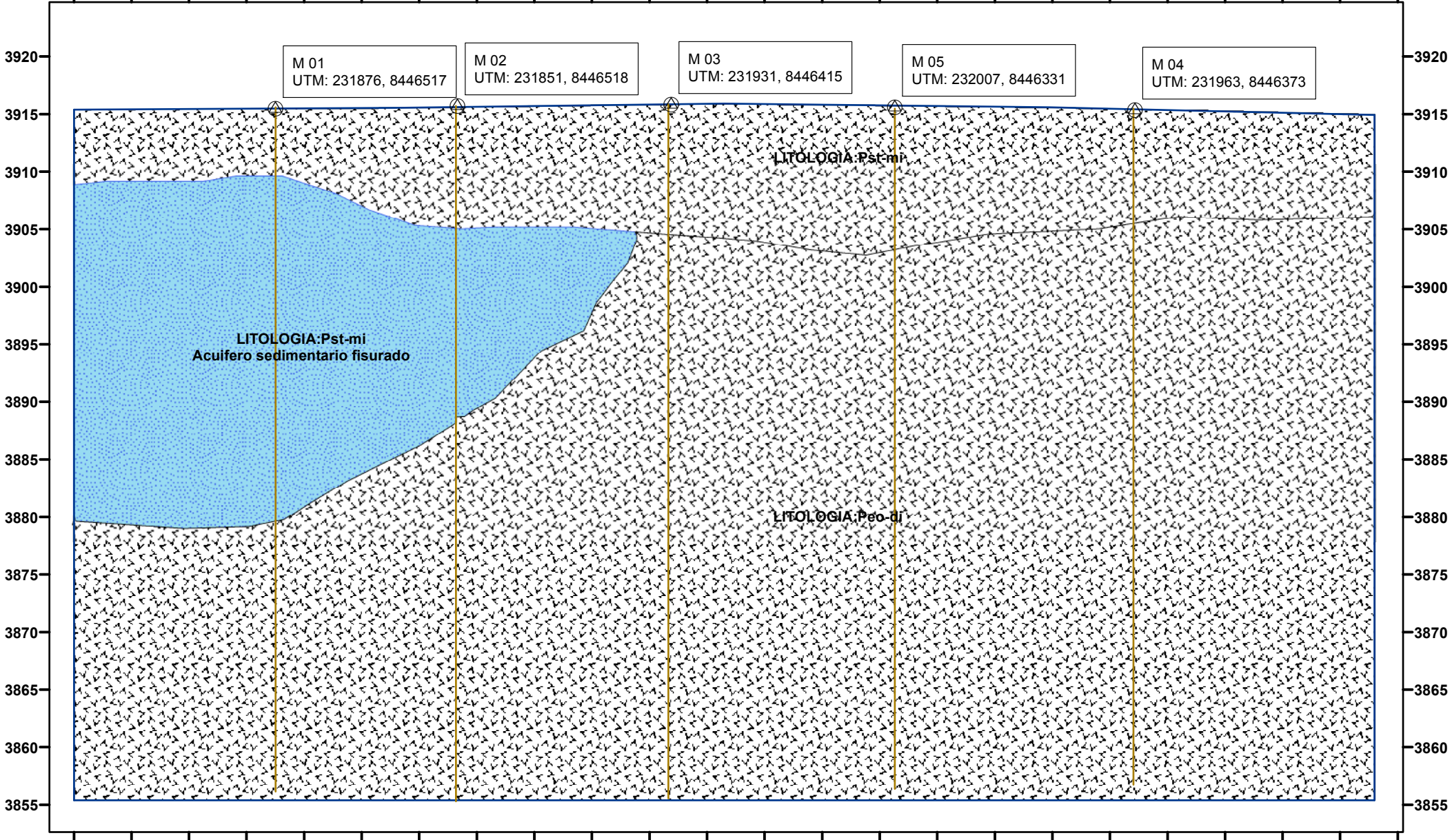




# SECCION SANTO DOMINGO 02

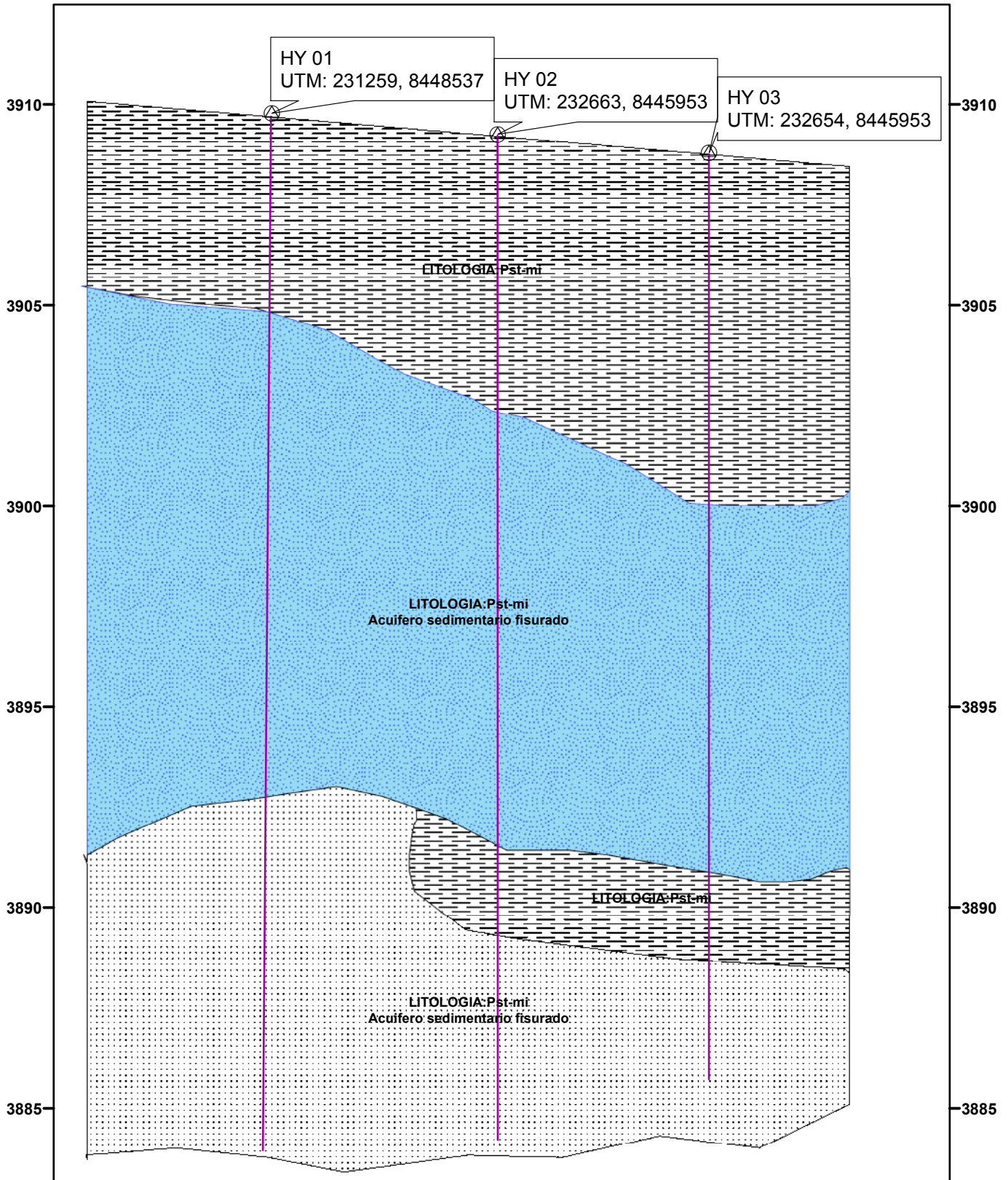


# SECCION MISKIUNU 01



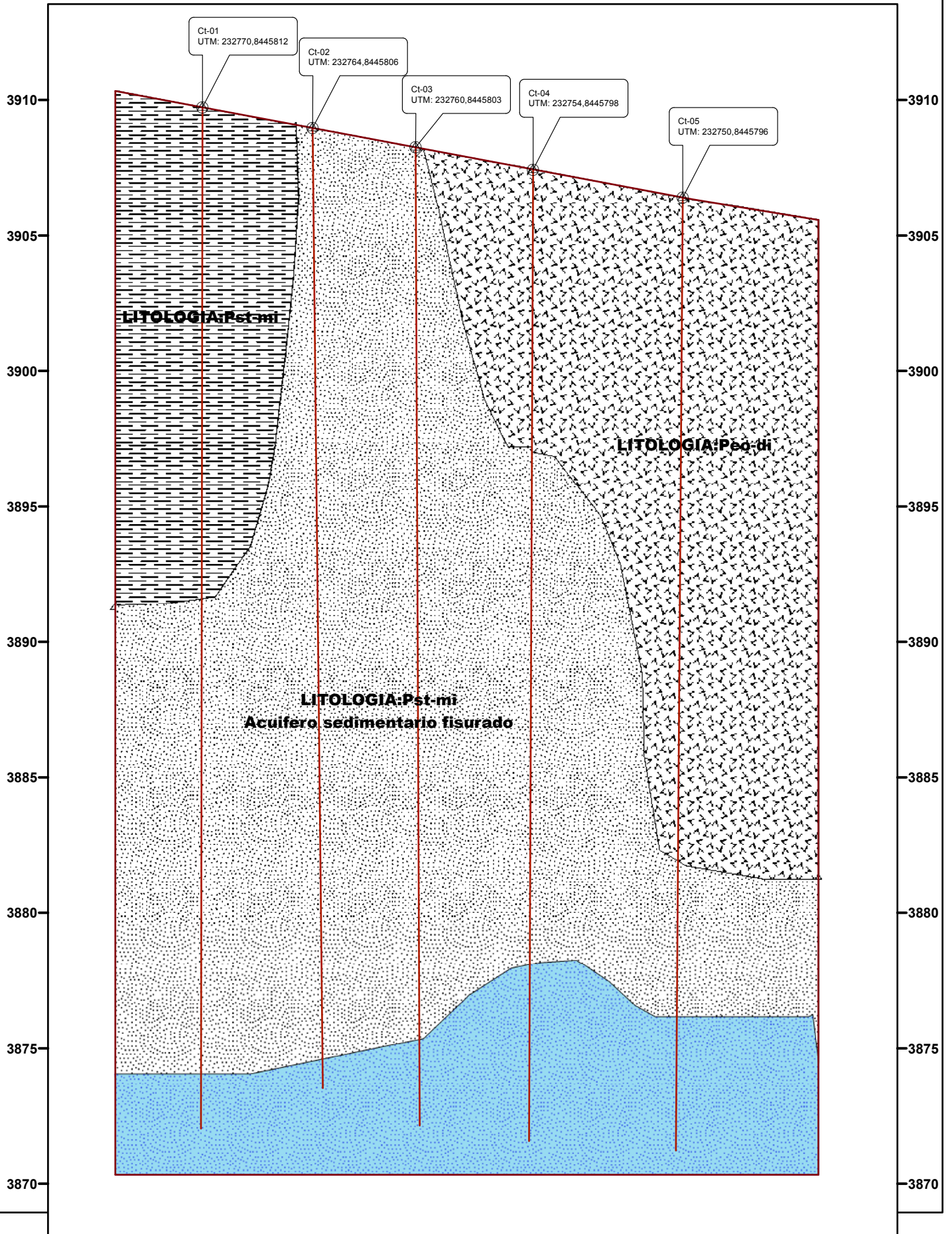


# SECCION HYRUYOC 01





# SECCION CCATAWI 01





**GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO**  
**DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD CUSCO**  
**DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD COMUNITARIA**  
**DIRECCIÓN DE SALUD AMBIENTAL**



"CUSCO CAPITAL HISTORICA DEL PERU"  
 "AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION E IMPUNIDAD"

**INFORME N° 2759 -2019**  
**ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUAS**

**Solicitante: M & H INGENIEROS S.R.L**

**DATOS DE MUESTREO:**

Localidad: <b>MISKI UNO</b>	RECIBO N°: 75191		
Sistema: -----	Fecha/Hora de Muestreo:	28/12/19	12:17hr.
Distrito: <b>ACOPIA</b>	Fecha/Hora de Llegada al Lab.	28/12/19	15:04hr.
Provincia: <b>ACOMAYO</b>	Fecha/Hora de Análisis	28/12/19	15:35hr.
Departamento: <b>CUSCO</b>	Muestreador: Carlos Quillahuaman Muñoz		
Observaciones:			

**RESULTADO**

N° de Código de Muestra	PUNTO DE MUESTREO	Cloro Residual mg/L	U.F.C. Coliformes /100 ml.		L.D.M
			Totales 35°C	Termotolerantes 44.5°C	
				<i>Agua Subterranea:</i>	
888	Manante Miski Uno	-----	<1	<1	<1

<1 y <1.8 Significa ausencia

<b>METODO DE REFERENCIA</b>	Método Estandarizado de Filtro de Membrana Limite de Detección <1
<b>DOCUMENTO DE REFERENCIA</b>	Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales APHA, AWW, WPCF. 21th edition 2005

Cusco, 29 de Diciembre del 2019.

**DIRECCION REGIONAL DE SALUD**  
  
 Blga. Miluska Guzman Cáceres  
 C.B.R. 3694  
 RESPONSABLE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS

**GOBIERNO REGIONAL**  
**DIRECCION REGIONAL DE SALUD CUSCO**  
**DIRECCION DE LABORATORIO DE SALUD PUBLICA**  
  
 Blga. Josefa Cruz Quispe  
 DIRECTOR  
 C.B.R. 4361

JSCQ/MGC





"CUSCO CAPITAL HISTORICA DEL PERU"  
"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION E IMPUNIDAD"

**INFORME N° 2759 - 2019**

**ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS**

Solicitante:	M&H INGENIEROS SRL.
--------------	---------------------

**DATOS DE MUESTREO:**

N° Informe Ensayo	: 002308	Red de Salud	:
Sistema	: -	Fecha/Hora de Muestreo	: 28/12/2019 12:15:00 PM
Localidad	: Miski Uno	Fecha/Hora Llegada al Lab.	: 28/12/2019 03:02:00 PM
Distrito	: Acopia	Fecha/Hora Inicio de Análisis:	29/12/2019 10:00:00 AM
Provincia	: Acomayo	Muestra tomada por	: Carlos Quillahuaman Muñoz
Departamento	: Cusco	Cloro Residual mg/L	:
Punto de Muestreo	: Manante Miski Uno		
Observaciones	: La muestra presenta olor aceptable		

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP*	RESULTADOS
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	---	92.0
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	500	146.3
Dureza Cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	---	83.6
Dureza Magnésica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	---	62.7
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	250	3.9
Acidez	mg/L CaCO <sub>3</sub>	---	1.0
Turbiedad	NTU	5	3.26
Color	UCV Esc.Pt-Co	15	-
Sólidos Totales	mg/L	---	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1,000.0	136.9

PARAMETRO	UNIDAD	LMP*	RESULTADOS
Nitratos	mg/L	50	-
Nitritos	mg/L	3.00	-
Sulfatos	mg/L	250	-
Manganeso	mg/L	0.40	-
Cobre	mg/L	2.00	-
Zinc	mg/L	3.00	-
Hierro	mg/L	0.30	-
Conductividad	µs/cm	1,500.0	274.0
pH (en Lab.)	----	6.5-8.5	8.30
Otros	--	---	---

LMP\*: Limite Máximo Permissible para Agua de Consumo Humano (D.S.N°-031-2010- SA).  
Temperatura de Referencia de la muestra en Laboratorio: T (°C)= 18.0

METODO DE ENSAYO	Procedimientos Normalizados de Operación para Análisis de Aguas Laboratorio de Control de Calidad de Aguas y Alimentos
DOCUMENTO DE LA REFERENCIA	Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, 21 th. Edition, 2005.

Cusco, 29 de diciembre de 2019.

  
Ing. Fabián Requejo Olivera  
Resp. Area Físicoquímica del PVCACH  
CIP N° 107689

GOBIERNO REGIONAL  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD CUSCO  
DIRECCIÓN DE LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA  
  
Blgo. José Santa Cruz Quispe  
DIRECTOR  
CBP. 4361

cc. archivo  
WVC/JSQ/fro

Teléfono/Fax: 581560-Anexo 2135  
Av. De La Cultura s/n  
CUSCO-PERÚ





**GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO**  
**DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD CUSCO**  
**DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD COMUNITARIA**  
**DIRECCIÓN DE SALUD AMBIENTAL**



"CUSCO CAPITAL HISTORICA DEL PERU"  
 "AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION E IMPUNIDAD"

**INFORME N° 2760 -2019**  
**ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUAS**

**Solicitante: M & H INGENIEROS S.R.L**

**DATOS DE MUESTREO:**

Localidad: **SANTO DOMINGO- MARASAICO**      RECIBO N°: 75191  
 Sistema: -----      Fecha/Hora de Muestreo:      28/12/19      10:32hr.  
 Distrito: **ACOPIA**      Fecha/Hora de Llegada al Lab.      28/12/19      15:08hr.  
 Provincia: **ACOMAYO**      Fecha/Hora de Análisis      28/12/19      15:35hr.  
 Departamento: **CUSCO**      Muestreador: Carlos Quillahuaman Muñoz  
 Observaciones:

**RESULTADO**

N° de Código de Muestra	PUNTO DE MUESTREO	Cloro Residual mg/L	U.F.C. Coliformes /100 ml.		L.D.M
			Totales 35°C	Termotolerantes 44.5°C	
	<i>Agua Subterranea:</i>				
889	Manante Yana Uno	-----	39	<1	<1

**<1 y <1.8 Significa ausencia**

<b>METODO DE REFERENCIA</b>	Método Estandarizado de Filtro de Membrana Limite de Detección <1
<b>DOCUMENTO DE REFERENCIA</b>	Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales APHA, AWW, WPCF. 21th edition 2005

Cusco, 29 de Diciembre del 2019.

**DIRECCION REGIONAL DE SALUD**  
  
**Blga. Miluska Guzman Cáceres**  
 C.B.P. 3894  
 RESPONSABLE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS

**GOBIERNO REGIONAL**  
**DIRECCION REGIONAL DE SALUD CUSCO**  
**DIRECCION DE LABORATORIO DE SALUD PUBLICA**  
  
**Blgo. Jose Santa Cruz Quispe**  
 DIRECTOR  
 CBP. 4361

JSCQ/MGC





"CUSCO CAPITAL HISTORICA DEL PERU"  
"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION E IMPUNIDAD"

## INFORME N° 2760 - 2019

### ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS

Solicitante:	M&H INGENIEROS SRL.
--------------	---------------------

**DATOS DE MUESTREO:**

N° Informe Ensayo : 002309	Red de Salud :
Sistema : -	Fecha/Hora de Muestreo : 28/12/2019 10:30:00 AM
Localidad : Santo Domingo - Marasaico	Fecha/Hora Llegada al Lab. : 28/12/2019 03:06:00 PM
Distrito : Acopia	Fecha/Hora Inicio de Análisis: 29/12/2019 10:15:00 AM
Provincia : Acomayo	Muestra tomada por : Carlos Quillahuaman Muñoz
Departamento : Cusco	Cloro Residual mg/L :
Punto de Muestreo : Manante Yana Uno	
Observaciones : La muestra presenta olor aceptable	

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP*	RESULTADOS	PARAMETRO	UNIDAD	LMP*	RESULTADOS
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	---	<b>164.0</b>	Nitratos	mg/L	50	-
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	500	<b>229.9</b>	Nitritos	mg/L	3.00	-
Dureza Cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	---	<b>188.1</b>	Sulfatos	mg/L	250	-
Dureza Magnésica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	---	<b>41.8</b>	Manganeso	mg/L	0.40	-
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	250	<b>6.9</b>	Cobre	mg/L	2.00	-
Acidez	mg/L CaCO <sub>3</sub>	---	<b>4.1</b>	Zinc	mg/L	3.00	-
Turbiedad	NTU	5	<b>1.84</b>	Hierro	mg/L	0.30	-
Color	UCV Esc.Pt-Co	15	-	Conductividad	µs/cm	1,500.0	<b>516.0</b>
Sólidos Totales	mg/L	---	-	pH (en Lab.)	----	6.5-8.5	<b>8.01</b>
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1,000.0	<b>258.0</b>	Otros	--	---	---

LMP\*: Límite Máximo Permissible para Agua de Consumo Humano (D.S.N°-031-2010- SA).  
Temperatura de Referencia de la muestra en Laboratorio: T (°C)= 17.8

METODO DE ENSAYO	Procedimientos Normalizados de Operación para Análisis de Aguas Laboratorio de Control de Calidad de Aguas y Alimentos
DOCUMENTO DE LA REFERENCIA	Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, 21 th. Edition, 2005.

Cusco, 29 de diciembre de 2019.

Ing. Fabián Requejo Olivera  
Resp. Área Físicoquímica del PVCACH  
CIP N° 107689

GOBIERNO REGIONAL  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD CUSCO  
DIRECCIÓN DE LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA

Biga. José Santa Cruz Quispe  
DIRECTOR  
CBP. 4361

cc. archivo  
WVC/JSQ/fro

Teléfono/Fax: 581560-Anexo 2135  
Av. De La Cultura s/n  
CUSCO-PERÚ





"CUSCO CAPITAL HISTORICA DEL PERU"  
"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION E IMPUNIDAD"

**INFORME N° 2761 - 2019**  
**ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS**

Solicitante:	M&H INGENIEROS SRL.
--------------	---------------------

**DATOS DE MUESTREO:**

N° Informe Ensayo	: 002310	Red de Salud	:
Sistema	: -	Fecha/Hora de Muestreo	: 28/12/2019 08:30:00 AM
Localidad	: Acopia	Fecha/Hora Llegada al Lab.	: 28/12/2019 03:10:00 PM
Distrito	: Acopia	Fecha/Hora Inicio de Análisis:	29/12/2019 10:30:00 AM
Provincia	: Acomayo	Muestra tomada por	: Carlos Quillahuaman Muñoz
Departamento	: Cusco	Cloro Residual mg/L	:
Punto de Muestreo	: Manante Posqo Uno		
Observaciones	: La muestra presenta olor aceptable		

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP*	RESULTADOS
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	---	<b>388.0</b>
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	500	<b>1,045.0</b>
Dureza Cálctica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	---	<b>877.8</b>
Dureza Magnésica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	---	<b>167.2</b>
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	250	<b>121.5</b>
Acidez	mg/L CaCO <sub>3</sub>	---	<b>39.1</b>
Turbiedad	NTU	5	<b>2.02</b>
Color	UCV Esc.Pt-Co	15	-
Sólidos Totales	mg/L	---	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1,000.0	<b>1,387.0</b>

PARAMETRO	UNIDAD	LMP*	RESULTADOS
Nitratos	mg/L	50	-
Nitritos	mg/L	3.00	-
Sulfatos	mg/L	250	-
Manganeso	mg/L	0.40	-
Cobre	mg/L	2.00	-
Zinc	mg/L	3.00	-
Hierro	mg/L	0.30	-
Conductividad	µs/cm	1,500.0	<b>2,776.0</b>
pH (en Lab.)	----	6.5-8.5	<b>6.93</b>
Otros	--	---	---

LMP\*: Límite Máximo Permissible para Agua de Consumo Humano (D.S.N°-031-2010- SA).

Temperatura de Referencia de la muestra en Laboratorio: T (°C)= 18.0

METODO DE ENSAYO	Procedimientos Normalizados de Operación para Análisis de Aguas Laboratorio de Control de Calidad de Aguas y Alimentos
DOCUMENTO DE LA REFERENCIA	Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, 21 th. Edition, 2005.

Cusco, 29 de diciembre de 2019.

  
Ing. Fabián Requejo Olivera  
Resp. Área Físicoquímica del PVCACH  
CIP N° 107689

  
Blgo. José Santa Cruz Quispe  
DIRECTOR  
CBP. 4361

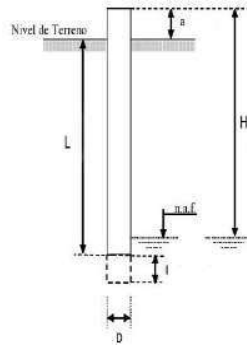
cc. archivo  
WVC/JSQ/fro

Teléfono/Fax: 581560-Anexo 2135  
Av. De La Cultura s/n  
CUSCO-PERÚ

**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC**

**LFCC-01**

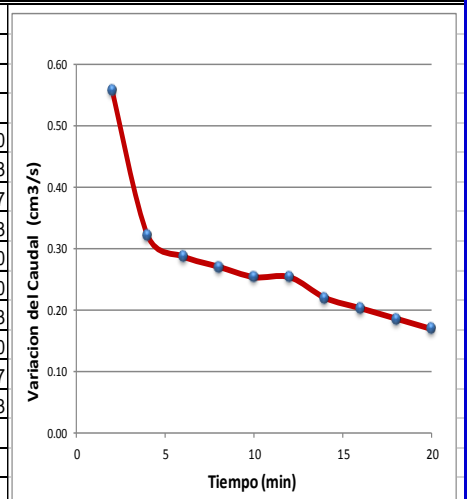
N° ENSAYO: 10  
 LITOLOGIA: DEPOSITOS ALUVIALES3  
 LUGAR: MICROCUENCA SANTO DOMINGO ACOPIA  
 DISTRITO: ACOPIA  
 PROVINCIA: ACOMAYO  
 FECHA ENSAYO: 16/12/2019  
 COORDENADAS UTM  
 PROYECCION: WGS 84  
 ZONA: 19 L  
 ESTE: 228839  
 NORTE: 8439168  
 ALTITUD: 3881



I longitud de tramo de cavidad **0.00** cm  
 D diametro de tubo **5.08** cm  
 S area de tramo de ensayo **20.268** cm<sup>2</sup>  
 a altura de sobrante sobre la superficie **35.00** cm  
 L altura de penetracion en el terreno **15.00** cm  
 H altura de tubería **50.00** cm  
 h<sub>o</sub> prof. Inicial del agua (t=0) **0.00** cm  
 h<sub>n</sub> prof. Nivel de agua en tn  
 C Coeficiente de forma de la cavidad **14.478** cm

Hora de inicio 15:35:00 a.m.  
 Hora de fin 15:55:00 a.m.

Ensayo con nivel variable							Ensayo con nivel constante							
h <sub>o</sub> (cm) = 50							h <sub>o</sub> =							
t <sub>n</sub> (min)	Δt(s)	h <sub>n</sub> (cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	Q(lt/s)	t <sub>n</sub> (min)	Δt(s)	H <sub>n</sub> (cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(lt/s)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	K (cm/s)
0							0	0	50.00	0.000	0.000			
1							2	120	46.70	3.300	66.883	0.00056	0.5574	0.02750
2							4	120	44.80	1.900	38.509	0.00032	0.3209	0.01583
3							6	120	43.10	1.700	34.455	0.00029	0.2871	0.01417
4							8	120	41.50	1.600	32.428	0.00027	0.2702	0.01333
5							10	120	40.00	1.500	30.402	0.00025	0.2533	0.01250
6							12	120	38.50	1.500	30.402	0.00025	0.2533	0.01250
7							14	120	37.20	1.300	26.348	0.00022	0.2196	0.01083
8							16	120	36.00	1.200	24.321	0.0002	0.2027	0.01000
9							18	120	34.90	1.100	22.294	0.00019	0.1858	0.00917
10							20	120	33.90	1.000	20.268	0.00017	0.1689	0.00833
12														
14														
16														
18														
20														
25														
30														
35														
40														
45														



**CALCULO DE CAUDAL (cm³/seg):**

$$Q = V/t = 0.272 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

**CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg)**

$$K = \frac{Q}{A}$$

$$K = \frac{Q}{C * H}$$

Donde: V = Volumen (cm<sup>3</sup>)  
 S = Area de la seccion (cm<sup>2</sup>)  
 t = Tiempo de ensayo (cm)  
 C = Coeficiente de forma de la cavidad (cm)  
 Q = Caudal (cm<sup>3</sup>/seg)  
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)  
 ΔH = Sobrecarga Hidraulica (cm)  
 D = diametro de tubo

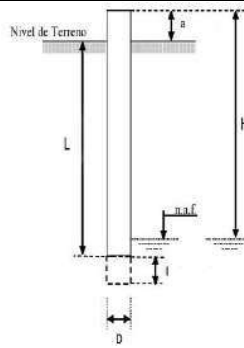
OBSERVACIONES:	K	1.34E-02	cm/seg
		4.83E+01	cm/hora
		1.16E+01	m/dia



**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC**

**LFCC-02**

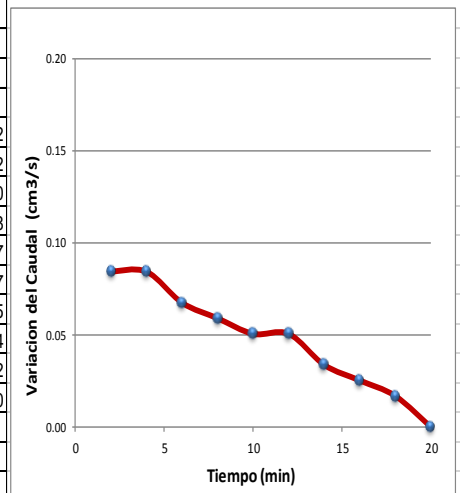
N° ENSAYO: 04  
 LITOLOGIA: ARENISCAS (FORMACION MURCO)  
 LUGAR: MICROCUENCA SANTO DOMINGO ACOPIA  
 DISTRITO: ACOPIA  
 PROVINCIA: ACOMAYO  
 FECHA ENSAYO: 15/12/2019  
 COORDENADAS UTM  
 PROYECCION: WGS 84  
 ZONA: 19 L  
 ESTE: 232425  
 NORTE: 8442265  
 ALTITUD: 3991



I longitud de tramo de cavidad **0.00** cm  
 D diametro de tubo **5.08** cm  
 S area de tramo de ensayo **20.268** cm<sup>2</sup>  
 a altura de sobrante sobre la superficie **30.00** cm  
 L altura de penetracion en el terreno **20.00** cm  
 H altura de tubería **50.00** cm  
 h<sub>0</sub> prof. Inicial del agua (t=0) **0.00** cm  
 h<sub>n</sub> prof. Nivel de agua en tn  
 C Coeficiente de forma de la cavidad **14.478** cm

Hora de inicio 15:30:00 a.m.  
 Hora de fin 15:50:00 a.m.

Ensayo con nivel variable							Ensayo con nivel constante							
h <sub>0</sub> (cm) = 50							h <sub>0</sub> =							
tn(min)	Δt(s)	hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	Q(l/s)	tn(min)	Δt(s)	hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(l/s)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	K (cm/s)
0							0	0	50.00	0.000	0.0000			
1							2	120	49.50	0.500	10.1339	0.00008	0.0844	0.00012
2							4	120	49.00	0.500	10.1339	0.00008	0.0844	0.00012
3							6	120	48.60	0.400	8.1071	0.00007	0.0676	0.00010
4							8	120	48.25	0.350	7.0937	0.00006	0.0591	0.00008
5							10	120	47.95	0.300	6.0803	0.00005	0.0507	0.00007
6							12	120	47.65	0.300	6.0803	0.00005	0.0507	0.00007
7							14	120	47.45	0.200	4.0535	0.00003	0.0338	0.00005
8							16	120	47.30	0.150	3.0402	0.00003	0.0253	0.00004
9							18	120	47.20	0.100	2.0268	0.00002	0.0169	0.00002
10							20	120	47.20	0.000	0.0000	0.00000	0.0000	0.00000
12														
14														
16														
18														
20														
25														
30														
35														
40														
45														



**CALCULO DE CAUDAL (cm<sup>3</sup>/seg):**

$$Q = V/t = 0.047 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

**CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg)**

$$K = \frac{Q}{A}$$

$$K = \frac{Q}{C * \Delta H}$$

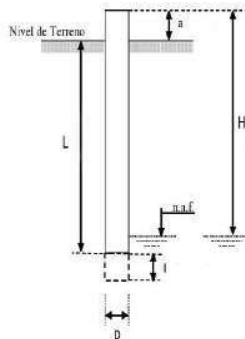
Donde: V = Volumen (cm<sup>3</sup>)  
 S = Area de la seccion (cm<sup>2</sup>)  
 t = Tiempo de ensayo (cm)  
 C = Coeficiente de forma de la cavidad (cm)  
 Q = Caudal (cm<sup>3</sup>/seg)  
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)  
 ΔH = Sobrecarga Hidraulica (cm)  
 D = diametro de tubo

OBSERVACIONES:	K	6.75E-05	cm/seg
		2.43E-01	cm/hora
		5.83E-02	m/dia

**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC**

**LFCC-03**

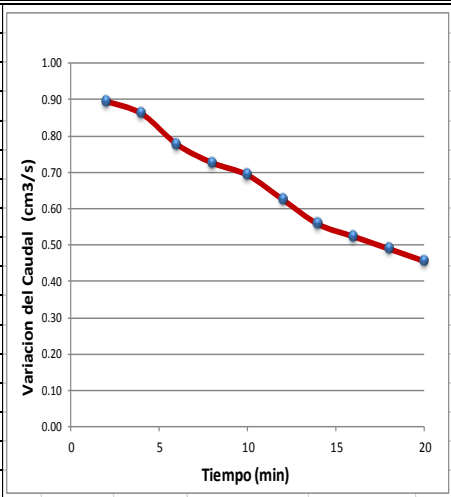
N° ENSAYO: 09  
 LITOLOGIA: ARENISCA FRACTURADA (FORMACION ANTA)  
 LUGAR: MICROCUCENCA SANTO DOMINGO ACOPIA  
 DISTRITO: ACOPIA  
 PROVINCIA: ACOMAYO  
 FECHA ENSAYO: 16/12/2019  
 COORDENADAS UTM  
 PROYECCION: WGS 84  
 ZONA: 19 L  
 ESTE: 226948  
 NORTE: 8439021  
 ALTITUD: 4122



I longitud de tramo de cavidad **0.00** cm  
 D diametro de tubo **5.08** cm  
 S area de tramo de ensayo **20.268** cm<sup>2</sup>  
 a altura de sobranete sobre la superficie **35.00** cm  
 L altura de penetracion en el terreno **15.00** cm  
 H altura de tubería **50.00** cm  
 ho prof. Inicial del agua (t=0) **0.00** cm  
 hn prof. Nivel de agua en tn  
 C Coeficiente de forma de la cavidad **14.478** cm

Hora de inicio 14:40:00 a.m.  
 Hora de fin 15:00:00 a.m.

Ensayo con nivel variable							Ensayo con nivel constante							
ho(cm) = 50							Δt=2min							
tn(min)	Δt(s)	hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	Q(lt/s)	tn(min)	Δt(s)	Hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(lt/s)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	K (cm/s)
0							0	0	50.00	0.000	0.000			
1							2	120	44.70	5.300	107.419	0.000895	0.8952	0.00138
2							4	120	39.60	5.100	103.365	0.000861	0.8614	0.00150
3							6	120	35.00	4.600	93.231	0.000777	0.7769	0.00153
4							8	120	30.70	4.300	87.151	0.000726	0.7263	0.00163
5							10	120	26.60	4.100	83.098	0.000692	0.6925	0.00180
6							12	120	22.90	3.700	74.990	0.000625	0.6249	0.00188
7							14	120	19.60	3.300	66.883	0.000557	0.5574	0.00196
8							16	120	16.50	3.100	62.830	0.000524	0.5236	0.00219
9							18	120	13.60	2.900	58.776	0.000490	0.4898	0.00249
10							20	120	10.90	2.700	54.723	0.000456	0.4560	0.00289
12														
14														
16														
18														
20														
25														
30														
35														
40														
45														



**CALCULO DE CAUDAL (cm³/seg):**

$$Q = V/t = 0.660 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

**CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg)**

$$K = \frac{Q}{A}$$

$$K = \frac{Q}{C * H}$$

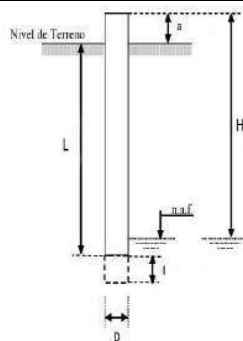
Donde: V = Volumen (cm<sup>3</sup>)  
 S = Area de la seccion (cm<sup>2</sup>)  
 t = Tiempo de ensayo (cm)  
 C = Coeficiente de forma de la cavidad (cm)  
 Q = Caudal (cm<sup>3</sup>/seg)  
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)  
 ΔH = Sobrecarga Hidraulica (cm)  
 D = diametro de tubo

OBSERVACIONES:	K	1.93E-03	cm/seg
		6.94E+00	cm/hora
		1.66E+00	m/dia

**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC**

**LFCC-04**

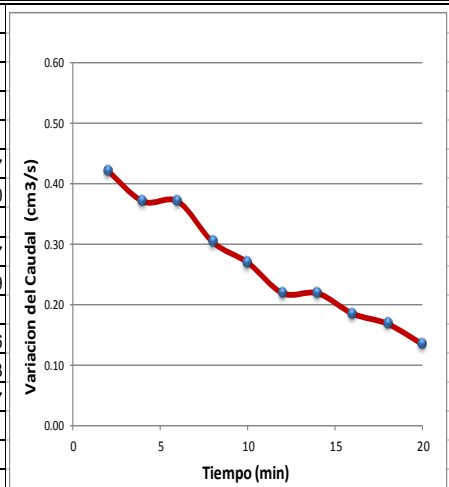
N° ENSAYO: 07  
 LITOLÓGIA: INTRUSIVO DIORÍTICO  
 LUGAR: MICROCUENCA SANTO DOMINGO ACOPIA  
 DISTRITO: ACOPIA  
 PROVINCIA: ACOMAYO  
 FECHA ENSAYO: 16/12/2019  
 COORDENADAS UTM  
 PROYECCION: WGS 84  
 ZONA: 19 L  
 ESTE: 228467  
 NORTE: 8443460  
 ALTITUD: 4125



I longitud de tramo de cavidad 0.00 cm  
 D diametro de tubo 5.08 cm  
 S area de tramo de ensayo 20.268 cm<sup>2</sup>  
 a altura de sobranete sobre la superficie 35.00 cm  
 L altura de penetracion en el terreno 15.00 cm  
 H altura de tubería 50.00 cm  
 ho prof. Inicial del agua (t=0) 0.00 cm  
 hn prof. Nivel de agua en tn  
 C Coeficiente de forma de la cavidad 14.478 cm

Hora de inicio 10:50:00 a.m.  
 Hora de fin 11:10:00 a.m.

Ensayo con nivel variable							Ensayo con nivel constante							
ho(cm) = 50							Δt=2min							
tn(min)	Δt(s)	hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	Q(t/s)	tn(min)	Δt(s)	hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(t/s)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	K (cm/s)
0							0	0	50.00	0.000	0.000			
1							2	120	47.50	2.500	50.669	0.00042	0.4222	0.00061
2							4	120	45.30	2.200	44.589	0.00037	0.3716	0.00057
3							6	120	43.10	2.200	44.589	0.00037	0.3716	0.00060
4							8	120	41.30	1.800	36.482	0.0003	0.3040	0.00051
5							10	120	39.70	1.600	32.428	0.00027	0.2702	0.00047
6							12	120	38.40	1.300	26.348	0.00022	0.2196	0.00039
7							14	120	37.10	1.300	26.348	0.00022	0.2196	0.00041
8							16	120	36.00	1.100	22.294	0.00019	0.1858	0.00036
9							18	120	35.00	1.000	20.268	0.00017	0.1689	0.00033
10							20	120	34.20	0.800	16.214	0.00014	0.1351	0.00027
12														
14														
16														
18														
20														
25														
30														
35														
40														
45														



**CALCULO DE CAUDAL (cm³/seg):**

$$Q = V/t = 0.267 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

**CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg)**

$$K = \frac{Q}{A}$$

$$K = \frac{Q}{C * H}$$

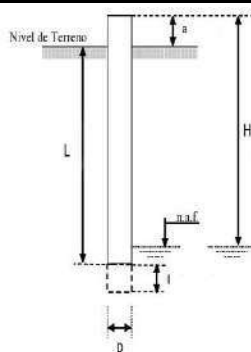
Donde: V = Volumen (cm<sup>3</sup>)  
 S = Area de la seccion (cm<sup>2</sup>)  
 t = Tiempo de ensayo (cm)  
 C = Coeficiente de forma de la cavidad (cm)  
 Q = Caudal (cm<sup>3</sup>/seg)  
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)  
 ΔH = Sobrecarga Hidraulica (cm)  
 D = diametro de tubo

OBSERVACIONES:	K	4.52E-04	cm/seg
		1.63E+00	cm/hora
		3.91E-01	m/dia

**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC**

**LFCC-05**

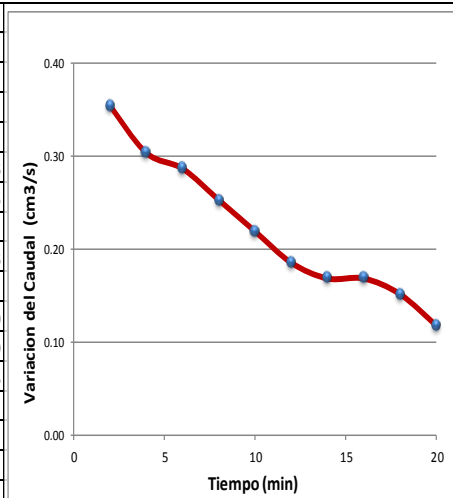
**N° ENSAYO:** 05  
**LITOLOGIA:** CALIZAS (FORMACION ARCURQUINA)  
**LUGAR:** MICROCUENCA SANTO DOMINGO ACOPIA  
**DISTRITO:** ACOPIA  
**PROVINCIA:** ACOMAYO  
**FECHA ENSAYO:** 15/12/2019  
**COORDENADAS UTM**  
**PROYECCION:** WGS 84  
**ZONA:** 19 L  
**ESTE:** 231518  
**NORTE:** 8441090  
**ALTITUD:** 3892



**I** longitud de tramo de cavidad **0.00** cm  
**D** diametro de tubo **5.08** cm  
**S** area de tramo de ensayo **20.268** cm<sup>2</sup>  
**a** altura de sobranete sobre la superficie **35.00** cm  
**L** altura de penetracion en el terreno **15.00** cm  
**H** altura de tuberia **50.00** cm  
**ho** prof. Inicial del agua (t=0) **0.00** cm  
**hn** prof. Nivel de agua en tn  
**C** Coeficiente de forma de la cavidad **14.478** cm

**Hora de inicio** 16:20:00 a.m.  
**Hora de fin** 16:40:00 a.m.

Ensayo con nivel variable								Ensayo con nivel constante							
ho(cm) = 50								ho =							
								Δt=2min							
tn(min)	Δt(s)	hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	Q(lt/s)		tn(min)	Δt(s)	Hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(lt/s)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	K (cm/s)
0								0	0	50.00	0.000	0.000			
1								2	120	47.90	2.100	42.562	0.00035	0.3547	0.00051
2								4	120	46.10	1.800	36.482	0.00030	0.3040	0.00046
3								6	120	44.40	1.700	34.455	0.00029	0.2871	0.00045
4								8	120	42.90	1.500	30.402	0.00025	0.2533	0.00041
5								10	120	41.60	1.300	26.348	0.00022	0.2196	0.00036
6								12	120	40.50	1.100	22.294	0.00019	0.1858	0.00032
7								14	120	39.50	1.000	20.268	0.00017	0.1689	0.00030
8								16	120	38.50	1.000	20.268	0.00017	0.1689	0.00030
9								18	120	37.60	0.900	18.241	0.00015	0.1520	0.00028
10								20	120	36.90	0.700	14.187	0.00012	0.1182	0.00022
12															
14															
16															
18															
20															
25															
30															
35															
40															
45															



**CALCULO DE CAUDAL (cm³/seg):**

$$Q = V/t = 0.221 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

**CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg)**

$$K = \frac{Q}{A}$$

$$K = \frac{Q}{C * H}$$

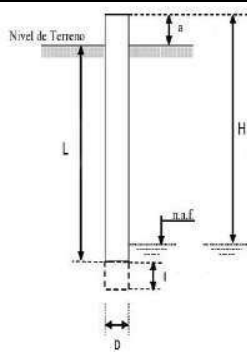
Donde: V = Volumen (cm<sup>3</sup>)  
 S = Area de la seccion (cm<sup>2</sup>)  
 t = Tiempo de ensayo (cm)  
 C = Coeficiente de forma de la cavidad (cm)  
 Q = Caudal (cm<sup>3</sup>/seg)  
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)  
 ΔH = Sobrecarga Hidraulica (cm)  
 D = diametro de tubo

<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>K</b>	<b>3.60E-04</b>	cm/seg
		<b>1.30E+00</b>	cm/hora
		<b>3.11E-01</b>	m/dia

**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC**

**LFCC-06**

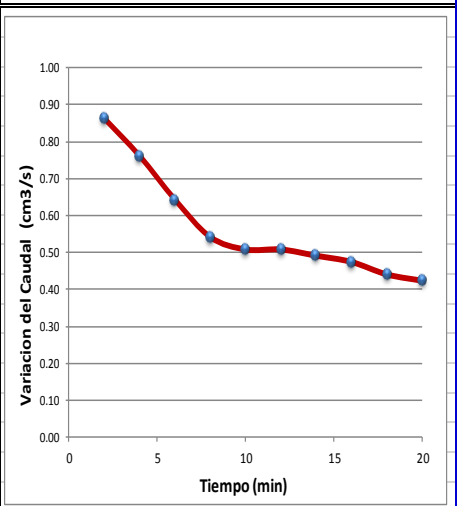
N° ENSAYO: 03  
 LITOLOGIA: ARENISCA/CONGLOMERADO FISURADO (GPO MITU)  
 LUGAR: MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU  
 DISTRITO: ACOPIA  
 PROVINCIA: ACOMAYO  
 FECHA ENSAYO: 15/12/2019  
 COORDENADAS UTM  
 PROYECCION: WGS 84  
 ZONA: 19 L  
 ESTE: 231872  
 NORTE: 8446343  
 ALTITUD: 3902



I longitud de tramo de cavidad **0.00** cm  
 D diametro de tubo **5.08** cm  
 S area de tramo de ensayo **20.268** cm<sup>2</sup>  
 a altura de sobrante sobre la superficie **35.00** cm  
 L altura de penetracion en el terreno **15.00** cm  
 H altura de tubería **50.00** cm  
 h<sub>0</sub> prof. Inicial del agua (t=0) **0.00** cm  
 h<sub>n</sub> prof. Nivel de agua en t<sub>n</sub>  
 C Coeficiente de forma de la cavidad **14.478** cm

Hora de inicio 13:20:00 a.m.  
 Hora de fin 13:40:00 a.m.

Ensayo con nivel variable							Ensayo con nivel constante							
h <sub>0</sub> (cm) = 50							h <sub>0</sub> =							
							Δt=2min							
t <sub>n</sub> (min)	Δt(s)	h <sub>n</sub> (cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	Q(lt/s)	t <sub>n</sub> (min)	Δt(s)	h <sub>n</sub> (cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(lt/s)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	K (cm/s)
0							0	0	50.00	0.000	0.000			
1							2	120	44.90	5.100	103.365	0.00086	0.8614	0.00133
2							4	120	40.40	4.500	91.205	0.00076	0.7600	0.00130
3							6	120	36.60	3.800	77.017	0.00064	0.6418	0.00121
4							8	120	33.40	3.200	64.857	0.00054	0.5405	0.00112
5							10	120	30.40	3.000	60.803	0.00051	0.5067	0.00115
6							12	120	27.40	3.000	60.803	0.00051	0.5067	0.00128
7							14	120	24.50	2.900	58.776	0.00049	0.4898	0.00138
8							16	120	21.70	2.800	56.750	0.00047	0.4729	0.00151
9							18	120	19.10	2.600	52.696	0.00044	0.4391	0.00159
10							20	120	16.60	2.500	50.669	0.00042	0.4222	0.00176
12														
14														
16														
18														
20														
25														
30														
35														
40														
45														



**CALCULO DE CAUDAL (cm<sup>3</sup>/seg):**

$$Q = V/t = 0.564 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

**CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg)**

$$K = \frac{Q}{A}$$

$$K = \frac{Q}{C * H}$$

Donde: V = Volumen (cm<sup>3</sup>)  
 S = Area de la seccion (cm<sup>2</sup>)  
 t = Tiempo de ensayo (cm)  
 C = Coeficiente de forma de la cavidad (cm)  
 Q = Caudal (cm<sup>3</sup>/seg)  
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)  
 ΔH = Sobrecarga Hidraulica (cm)  
 D = diametro de tubo

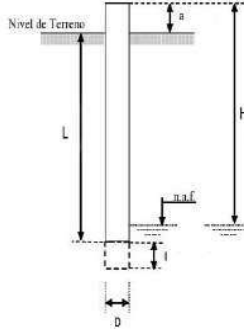
OBSERVACIONES:

K	1.36E-03	cm/seg
	4.90E+00	cm/hora
	1.18E+00	m/día

**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC**

**LFCC-07**

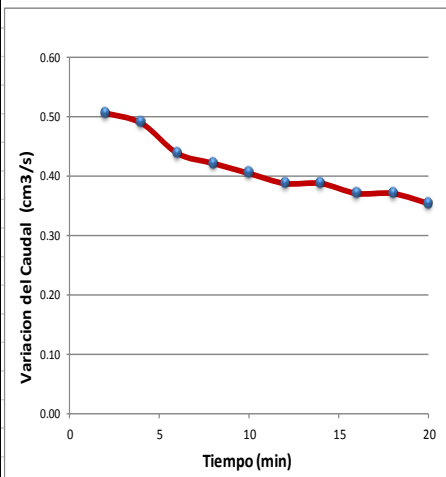
**N° ENSAYO:** 02  
**LITOLOGIA:** CONGLOMERADO (GRUPO MITU)  
**LUGAR:** MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU  
**DISTRITO:** ACOPIA  
**PROVINCIA:** ACOMAYO  
**FECHA ENSAYO:** 15/12/2019  
**COORDENADAS UTM**  
**PROYECCION:** WGS 84  
**ZONA:** 19 L  
**ESTE:** 231168  
**NORTE:** 8448153  
**ALTITUD:** 3950



**I** longitud de tramo de cavidad **0.00** cm  
**D** diametro de tubo **5.08** cm  
**S** area de tramo de ensayo **20.268** cm<sup>2</sup>  
**a** altura de sobrante sobre la superficie **35.00** cm  
**L** altura de penetracion en el terreno **15.00** cm  
**H** altura de tuberia **50.00** cm  
**ho** prof. Inicial del agua (t=0) **0.00** cm  
**hn** prof. Nivel de agua en tn  
**C** Coeficiente de forma de la cavidad **14.478** cm

**Hora de inicio** 10:45:00 a.m.  
**Hora de fin** 11:05:00 a.m.

Ensayo con nivel variable							Ensayo con nivel constante							
ho(cm) = 50							Δt=2min							
tn(min)	Δt(s)	hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(cm3/s)	Q(t/s)	tn(min)	Δt(s)	Hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(t/s)	Q(cm3/s)	K (cm/s)
0							0	0	50.00	0.000	0.000			
1							2	120	47.00	3.000	60.803	0.00051	0.5067	0.00074
2							4	120	44.10	2.900	58.776	0.00049	0.4898	0.00077
3							6	120	41.50	2.600	52.696	0.00044	0.4391	0.00073
4							8	120	39.00	2.500	50.669	0.00042	0.4222	0.00075
5							10	120	36.60	2.400	48.642	0.00041	0.4054	0.00076
6							12	120	34.30	2.300	46.616	0.00039	0.3885	0.00078
7							14	120	32.00	2.300	46.616	0.00039	0.3885	0.00084
8							16	120	29.80	2.200	44.589	0.00037	0.3716	0.00086
9							18	120	27.60	2.200	44.589	0.00037	0.3716	0.00093
10							20	120	25.50	2.100	42.562	0.00035	0.3547	0.00096
12														
14														
16														
18														
20														
25														
30														
35														
40														
45														



**CALCULO DE CAUDAL (cm3/seg):**

$$Q = V/t = 0.414 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

**CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg)**

$$K = \frac{Q}{A}$$

$$K = \frac{Q}{C * H}$$

Donde: V = Volumen (cm<sup>3</sup>)  
 S = Area de la seccion (cm<sup>2</sup>)  
 t = Tiempo de ensayo (cm)  
 C = Coeficiente de forma de la cavidad (cm)  
 Q = Caudal (cm<sup>3</sup>/seg)  
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)  
 ΔH = Sobrecarga Hidraulica (cm)  
 D = diametro de tubo

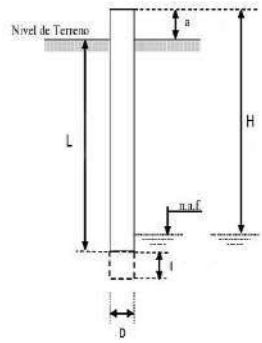
**OBSERVACIONES:**

<b>K</b>	<b>8.13E-04</b>	cm/seg
	<b>2.93E+00</b>	cm/hora
	<b>7.02E-01</b>	m/dia

**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC**

**LFCC-08**

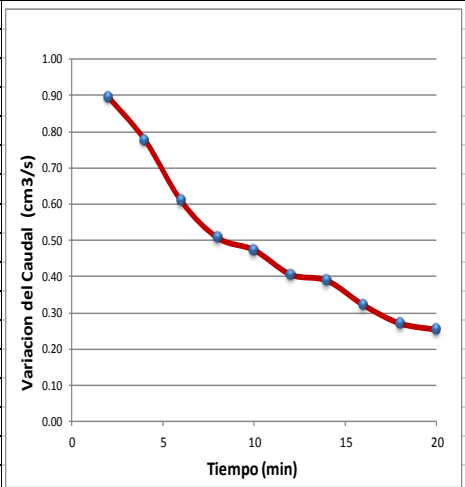
**N° ENSAYO:** 08  
**LITOLOGIA:** CONGLOMERADO (FORMACION ANTA)  
**LUGAR:** MICROCUENCA SANTO DOMINGO ACOPIA  
**DISTRITO:** ACOPIA  
**PROVINCIA:** ACOMAYO  
**FECHA ENSAYO:** 16/12/2019  
**COORDENADAS UTM**  
**PROYECCION:** WGS 84  
**ZONA:** 19 L  
**ESTE:** 227347  
**NORTE:** 8440792  
**ALTITUD:** 4070



**I** longitud de tramo de cavidad **0.00** cm  
**D** diametro de tubo **5.08** cm  
**S** area de tramo de ensayo **20.268** cm<sup>2</sup>  
**a** altura de sobrante sobre la superficie **35.00** cm  
**L** altura de penetracion en el terreno **15.00** cm  
**H** altura de tubería **50.00** cm  
**ho** prof. Inicial del agua (t=0) **0.00** cm  
**hn** prof. Nivel de agua en tn  
**C** Coeficiente de forma de la cavidad **14.478** cm

**Hora de inicio** 12:30:00 a.m.  
**Hora de fin** 12:50:00 a.m.

Ensayo con nivel variable							Ensayo con nivel constante							
ho(cm) = 50							ho =							
tn(min)	Δt(s)	hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	Q(l/s)	tn(min)	Δt(s)	Hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(l/s)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	K (cm/s)
0							0	0	50.00	0.000	0.000			
1							2	120	44.70	5.300	107.419	0.0009	0.8952	0.00138
2							4	120	40.10	4.600	93.231	0.00078	0.7769	0.00134
3							6	120	36.50	3.600	72.964	0.00061	0.6080	0.00115
4							8	120	33.50	3.000	60.803	0.00051	0.5067	0.00104
5							10	120	30.70	2.800	56.750	0.00047	0.4729	0.00106
6							12	120	28.30	2.400	48.642	0.00041	0.4054	0.00099
7							14	120	26.00	2.300	46.616	0.00039	0.3885	0.00103
8							16	120	24.10	1.900	38.509	0.00032	0.3209	0.00092
9							18	120	22.50	1.600	32.428	0.00027	0.2702	0.00083
10							20	120	21.00	1.500	30.402	0.00025	0.2533	0.00083
12														
14														
16														
18														
20														
25														
30														
35														
40														
45														



**CALCULO DE CAUDAL (cm³/seg):**

$$Q = V/t = 0.490 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

**CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg)**

$$K = \frac{Q}{A}$$

$$K = \frac{Q}{C * H}$$

Donde: V = Volumen (cm<sup>3</sup>)  
 S = Area de la seccion (cm<sup>2</sup>)  
 t = Tiempo de ensayo (cm)  
 C = Coeficiente de forma de la cavidad (cm)  
 Q = Caudal (cm<sup>3</sup>/seg)  
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)  
 ΔH = Sobrecarga Hidraulica (cm)  
 D = diametro de tubo

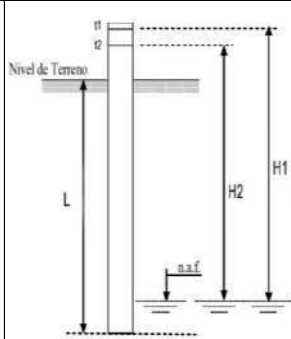
<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>K</b>	<b>1.06E-03</b>	cm/seg
		<b>3.81E+00</b>	cm/hora
		<b>9.15E-01</b>	m/dia



**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC**

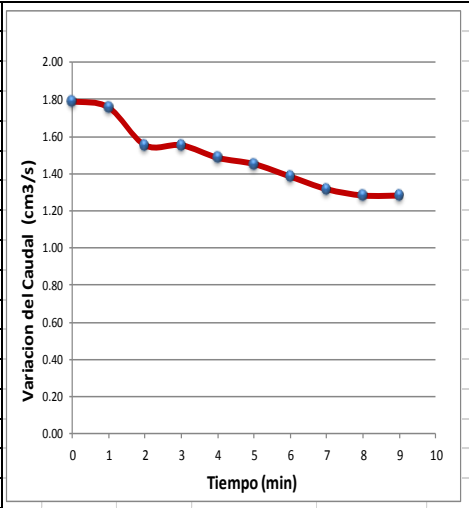
**LFCV-02**

**N° ENSAYO:** 01  
**LITOLOGIA:** DEPOSITOS ALUVIALES1  
**LUGAR:** MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU  
**DISTRITO:** ACOPIA  
**PROVINCIA:** ACOMAYO  
**FECHA ENSAYO:** 43814  
**COORDENADAS UTM**  
**PROYECCION:** WGS 84  
**ZONA:** 19 L  
**ESTE:** 230719.0851  
**NORTE:** 8447532  
**ALTITUD:** 3734



**L** longitud de tramo de ensayo **50.00** cm  
**D** diametro de tubo **5.08** cm  
**S** area de tramo de ensayo **20.268** cm<sup>2</sup>  
**ho** prof. Inicial del agua (t=0) **0.00** cm  
**hn** prof. Nivel de agua en tn  
**R** radio de tubo **2.54** cm  
**C** Coeficiente de forma de la cavidad **14.478** cm  
**Hora de inicio** 09:10:00 a.m.  
**Hora de fin** 09:20:00 a.m.

Ensayo con nivel variable							Ensayo con nivel constante					
ho(cm) = 50							ho = Δt=2min					
tn(min)	Δt(s)	Hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(cm3/s)	K	tn(min)	Δt(s)	Hn(cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(cm3/s)
0	0	50.00	0.00	0.00			0					
1	60	44.70	5.30	107.42	1.7903	0.0006536	2					
2	60	39.50	5.20	105.39	1.7565	0.0007214	4					
3	60	34.90	4.60	93.23	1.5539	0.0007222	6					
4	60	30.30	4.60	93.23	1.5539	0.0008244	8					
5	60	25.90	4.40	89.18	1.4863	0.0009152	10					
6	60	21.60	4.30	87.15	1.4525	0.0010590	12					
7	60	17.50	4.10	83.10	1.3850	0.0012278	14					
8	60	13.60	3.90	79.04	1.3174	0.0014707	16					
9	60	9.80	3.80	77.02	1.2836	0.0019114	18					
10	60	6.00	3.80	77.02	1.2836	0.0028618	20					
12												
14												
16												
18												
20												
25												
30												



**CALCULO DE CAUDAL (cm3/seg):**

$$Q = V/t = 1.486 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

**CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg)**

$$K = \frac{\pi R^2}{4 * C * (t2 - t1)} * \ln\left(\frac{H1}{H2}\right)$$

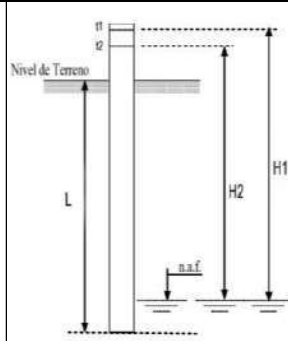
V = Volumen (cm<sup>3</sup>)  
 Δt = Tiempo de ensayo (cm)  
 ΔHm = Variación de altura (cm)  
 Q = Caudal (cm<sup>3</sup>/seg)  
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)  
 R = radio de tubo  
 C = Coeficiente de forma de la cavidad (cm)

<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>K</b>	<b>1.24E-03</b>	cm/seg
		<b>4.45E+00</b>	cm/hora
		<b>1.07E+00</b>	m/dia

**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC**

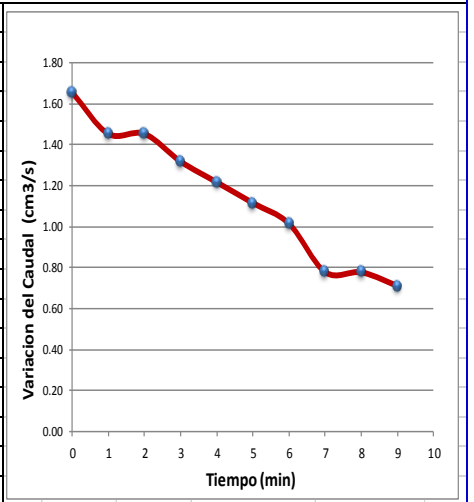
**LFCV-02**

N° ENSAYO: 06  
 LITOLOGIA: DEPOSITOS ALUVIALES2  
 LUGAR: MICROCUENCA SANTO DOMINGO ACOPIA  
 DISTRITO: ACOPIA  
 PROVINCIA: ACOMAYO  
 FECHA ENSAYO: 43815  
 COORDENADAS UTM  
 PROYECCION: WGS 84  
 ZONA: 19 L  
 ESTE: 229221.37  
 NORTE: 8441482.3  
 ALTITUD: 3770



L longitud de tramo de ensayo **50.00** cm  
 D diámetro de tubo **5.08** cm  
 S area de tramo de ensayo **20.268** cm<sup>2</sup>  
 h<sub>0</sub> prof. Inicial del agua (t=0) **0.00** cm  
 h<sub>n</sub> prof. Nivel de agua en t<sub>n</sub>  
 R radio de tubo **2.54** cm  
 C Coeficiente de forma de la cavidad **14.478** cm  
 Hora de inicio 09:10:00 a.m.  
 Hora de fin 09:20:00 a.m.

Ensayo con nivel variable								Ensayo con nivel constante						
h <sub>0</sub> (cm) = 50								h <sub>0</sub> = Δt=2min						
t <sub>n</sub> (min)	Δt(s)	H <sub>n</sub> (cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	K		t <sub>n</sub> (min)	Δt(s)	H <sub>n</sub> (cm)	ΔH(cm)	V (A*ΔH)	Q(cm <sup>3</sup> /s)	
0	0	50.00	0.00	0.00				0						
1	60	45.10	4.90	99.31	1.6552	0.0006016		2						
2	60	40.80	4.30	87.15	1.4525	0.0005845		4						
3	60	36.50	4.30	87.15	1.4525	0.0006496		6						
4	60	32.60	3.90	79.04	1.3174	0.0006591		8						
5	60	29.00	3.60	72.96	1.2161	0.0006826		10						
6	60	25.70	3.30	66.88	1.1147	0.0007047		12						
7	60	22.70	3.00	60.80	1.0134	0.0007240		14						
8	60	20.40	2.30	46.62	0.7769	0.0006231		16						
9	60	18.10	2.30	46.62	0.7769	0.0006978		18						
10	60	16.00	2.10	42.56	0.7094	0.0007194		20						
12														
14														
16														
18														
20														
25														
30														



**CALCULO DE CAUDAL (cm³/seg):**

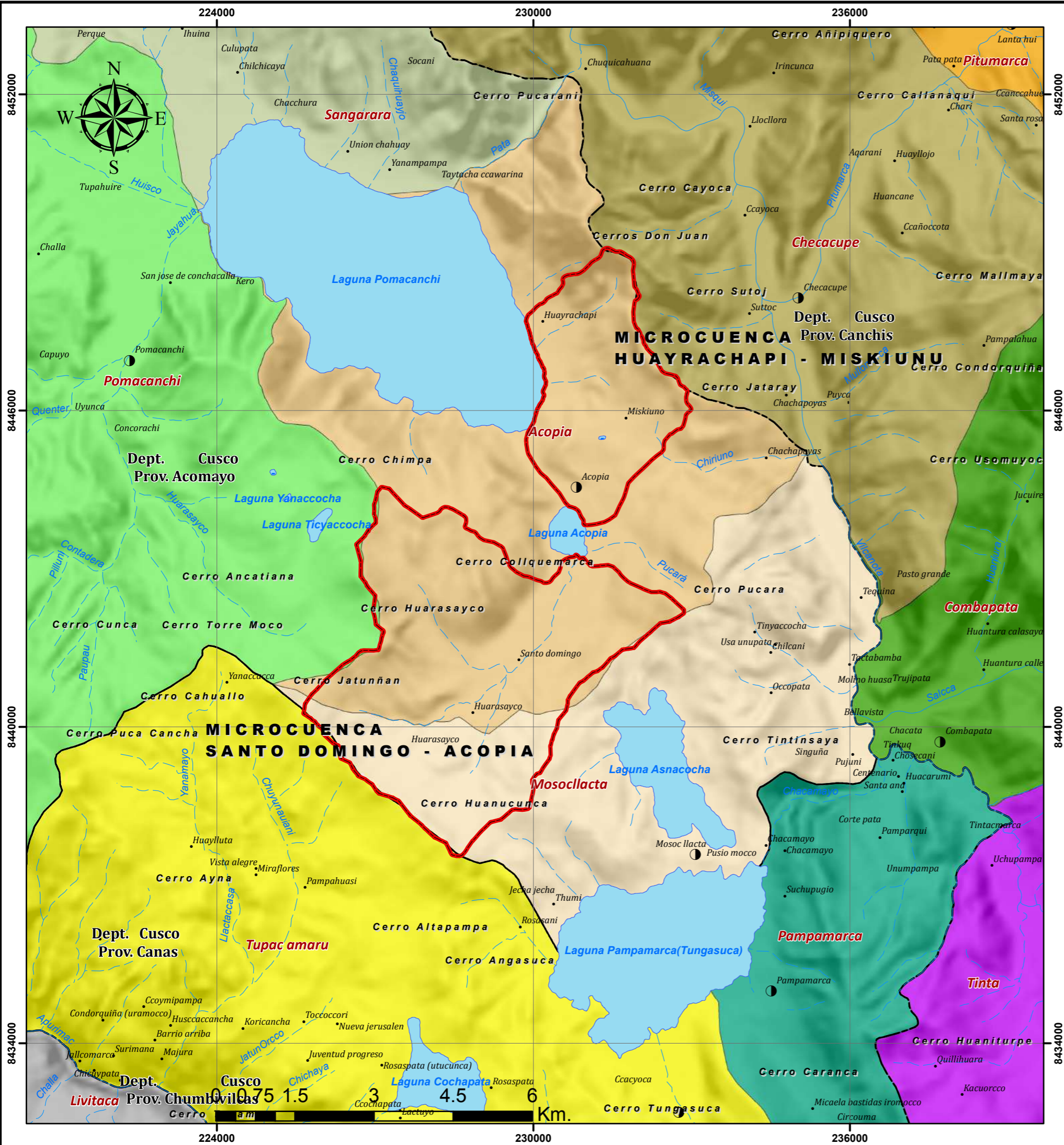
$$Q = V/t = 1.149 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

**CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg)**

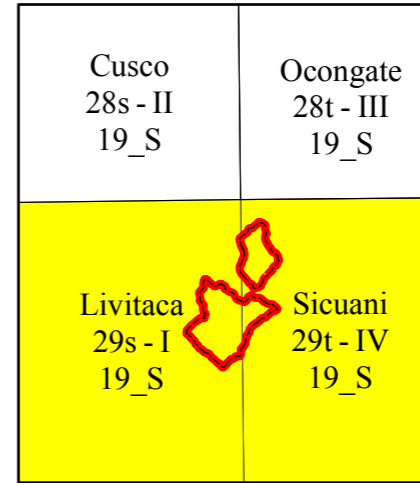
$$K = \frac{\pi R^2}{4 * C * (t_2 - t_1)} * \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$


V = Volumen (cm<sup>3</sup>)  
 Δt = Tiempo de ensayo (cm)  
 ΔHm = Variación de altura (cm)  
 Q = Caudal (cm<sup>3</sup>/seg)  
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)  
 R = radio de tubo  
 C = Coeficiente de forma de la cavidad (cm)

OBSERVACIONES:	K	6.65E-04	cm/seg
		2.39E+00	cm/hora
		5.74E-01	m/dia



**HOJAS ADYACENTES**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

<p><b>TESIS:</b> "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".</p>			
<p><b>MAPA:</b> UBICACIÓN DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO - ACOPIA Y HUAYRACHAPI - MISKIUNU</p>			
<p><b>REGIÓN:</b> CUSCO</p> <p><b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO</p> <p><b>DISTRITO:</b> ACOPIA</p>	<p><b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez</p> <p><b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba</p>	<p><b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019</p>	<p><b>PLANO:</b>  <b>01</b></p>
<p><b>ZONA :</b> 19 LS</p> <p><b>PROYECCIÓN :</b> Universal Transverse Mercator (UTM)</p> <p><b>DATUM :</b> World Geodesic System (WGS 84)</p>	<p><b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Tesisistas</p> <p><b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.</p>	<p><b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:75,000</p>	









**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**LEYENDA**


- Capital Provincial
- Capital Distrital
- Centro Poblado
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☪ Lagunas
- ▭ Areas de estudio
- ▭ Límite Provincial

**Tipo Via**

- ▬ Afirmada
- ▬ Asfaltada
- ▬ Ferrea
- ▬ Sin Afimar
- ▬ Trocha Carroable


**Distritos**

- Acopia
- Checacupe
- Combapata
- Livitaca
- Mosocllacta
- Pampamarca
- Pitumarca
- Pomacanchi
- Sangarara
- Tinta
- Tupac amaru



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



---

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

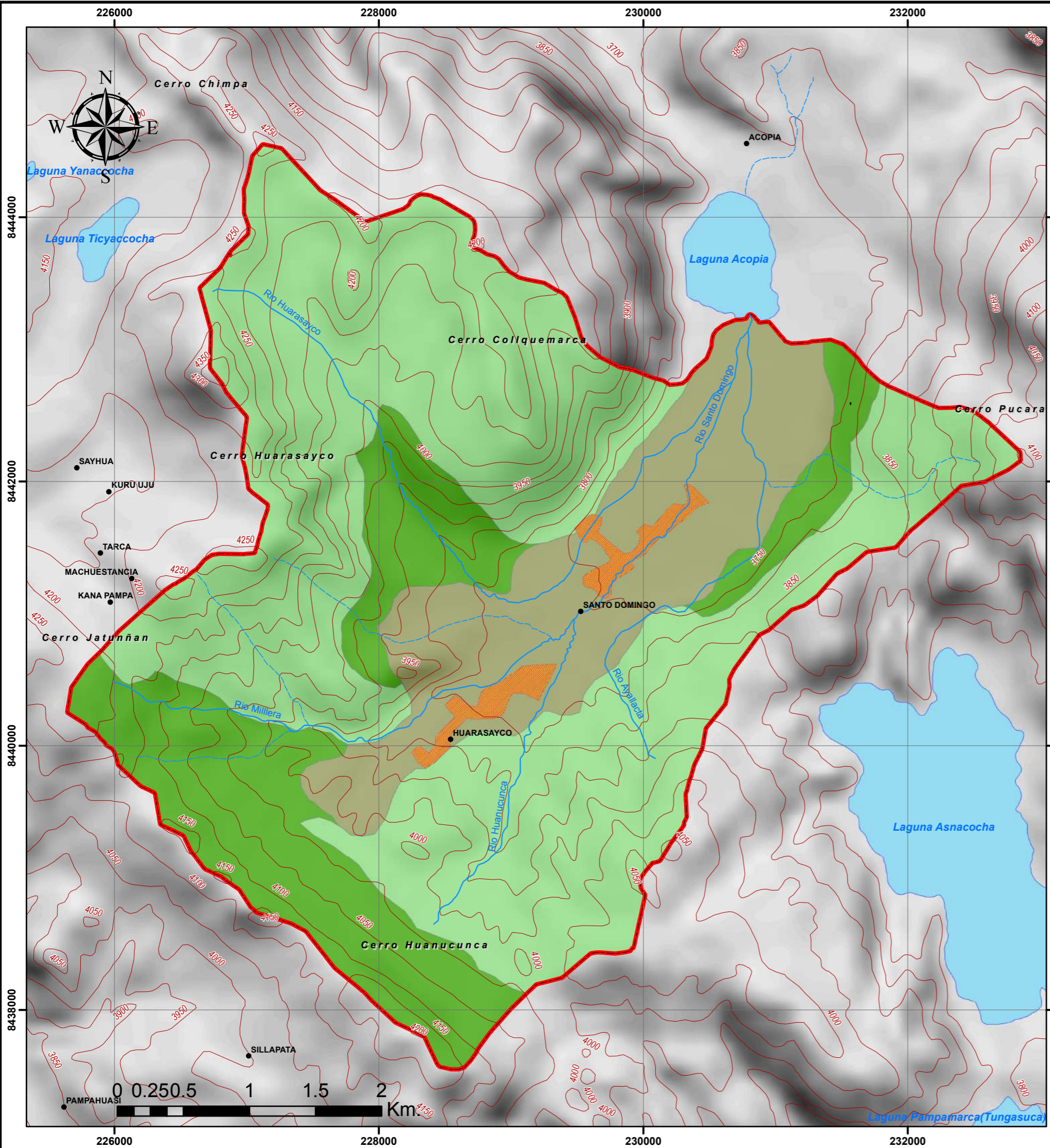
---

**MAPA:** ACCESIBILIDAD A LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO - ACOPIA Y HUAYRACHAPI - MISKIUNU

---

<b>REGIÓN:</b> CUSCO <b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO <b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez <b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019
<b>ZONA:</b> 19 LS <b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM) <b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)		<b>PLANO:</b>  <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">03</div>
<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas		<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:75,000
<b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.		





**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☪ Lagunas
- ▭ Area de estudio

**USO DE SUELOS MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA**

DESCRIPCION	SIMBOLO	AREA (Ha)	AREA (Km2)
Tierras aptas para cultivo intensivo en limpio	A	450.194	4.5019
Tierras aptas para pastos	P	516.466	5.1647
Tierras aptas para produccion forestal	F	1428.597	14.2860
Tierras con areas urbanas	Tu	38.496	0.3850
<b>TOTAL</b>		<b>2433.753</b>	<b>24.3375</b>

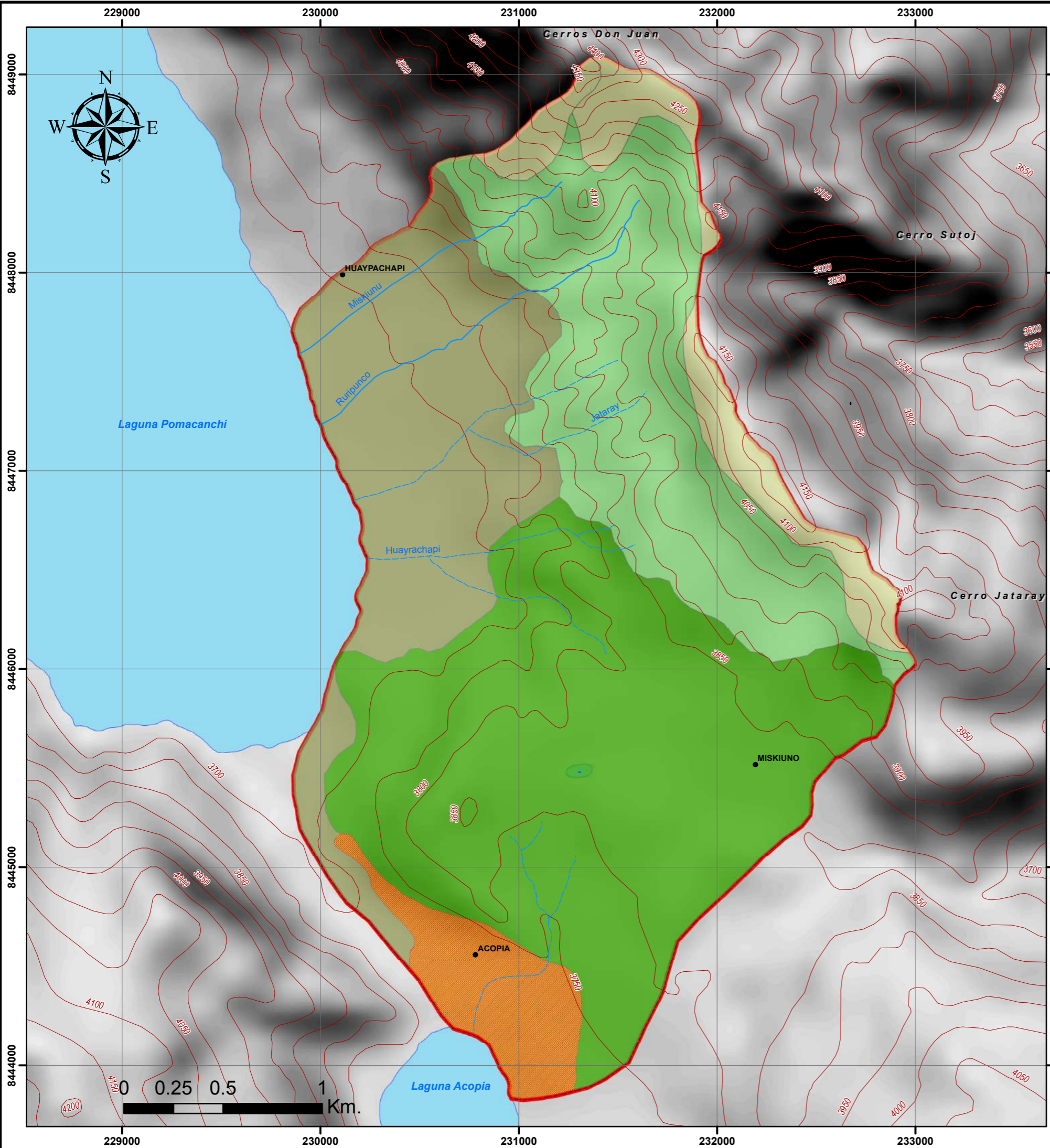
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO - ACOPIA Y HUAYRACHAPI - MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** USO DE SUELOS MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA

<b>REGIÓN:</b> CUSCO <b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO <b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez <b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <b>4-A</b>
<b>ZONA :</b> 19 LS <b>PROYECCIÓN :</b> Universal Transverse Mercator (UTM) <b>DATUM :</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas <b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:30,000	





**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S




**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☪ Lagunas
- ▭ Area de estudio

**USO DE SUELOS MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU**

DESCRIPCION	SIMBOLO	AREA (Ha)	AREA (Km2)
Tierras aptas para cultivo intensivo en limpio	A	220.967	2.2097
Tierras aptas para pastos	P	416.012	4.1601
Tierras aptas para produccion forestal	F	231.990	2.3199
Tierras con areas urbanas	Tu	55.250	0.5525
Tierras de proteccion o sin uso	X	67.919	0.6792
<b>TOTAL</b>		<b>992.138</b>	<b>9.9214</b>

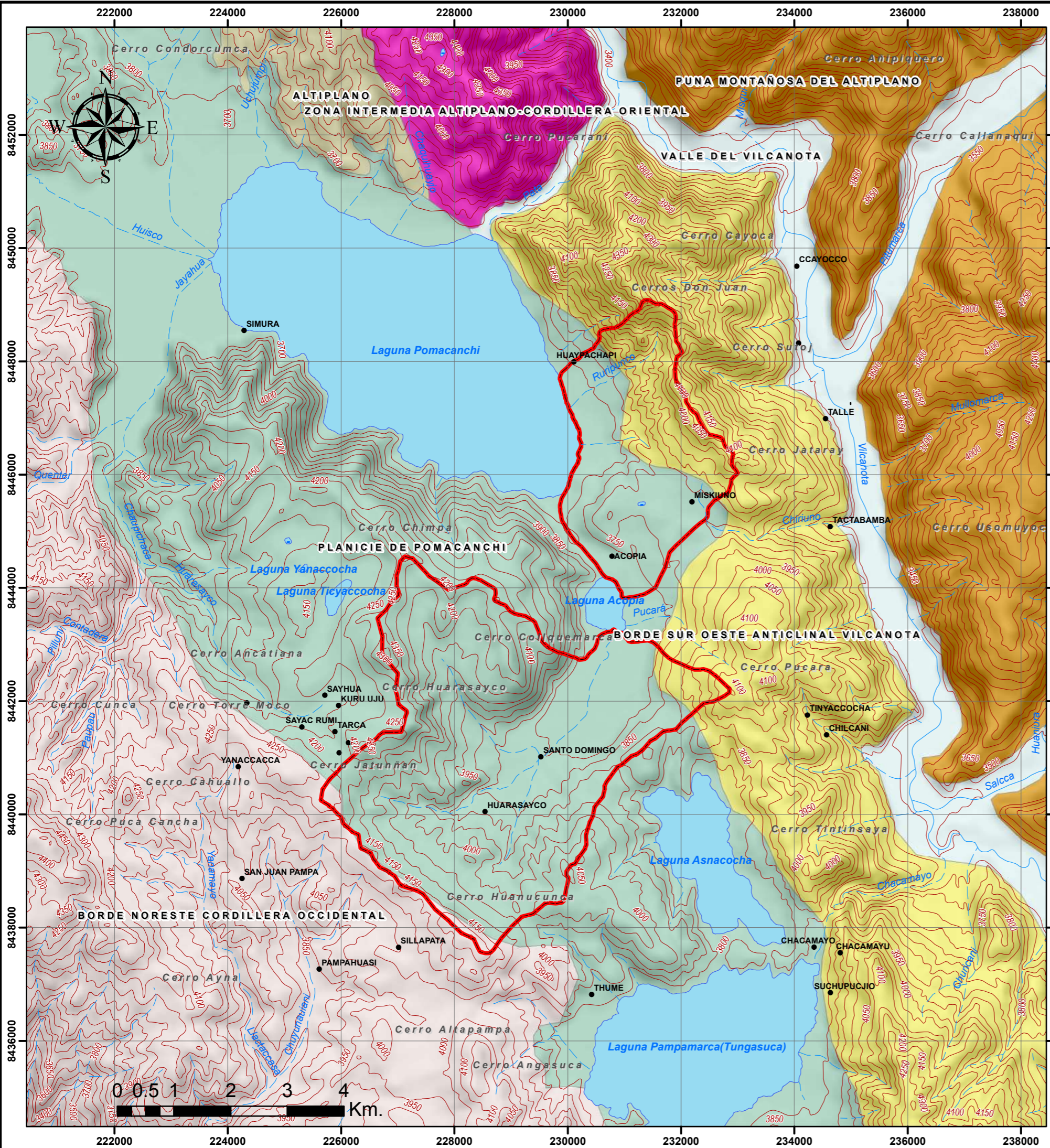

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** USO DE SUELOS MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU

<b>REGIÓN:</b> CUSCO <b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO <b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez <b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <h1>4-B</h1>
<b>ZONA :</b> 19 LS <b>PROYECCIÓN :</b> Universal Transverse Mercator (UTM) <b>DATUM :</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas <b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:20,000	






**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**LEYENDA**

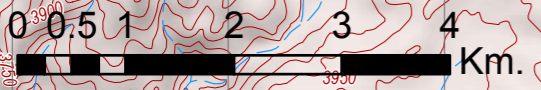
- Centros poblados
  - Río
  - - - Quebrada
  - ~ Curvas de nivel
  - ☪ Lagunas
  - ▭ Area de estudio
- Geomorfología Regional**
- ALTIPLANO
  - BORDE NORESTE CORDILLERA OCCIDENTAL
  - BORDE SUR OESTE ANTICLINAL VILCANOTA
  - PLANICIE DE POMACANCHI
  - PUNA MONTAÑOSA DEL ALTIPLANO
  - VALLE DEL VILCANOTA
  - ZONA INTERMEDIA ALTIPLANO-CORDILLERA ORIENTAL



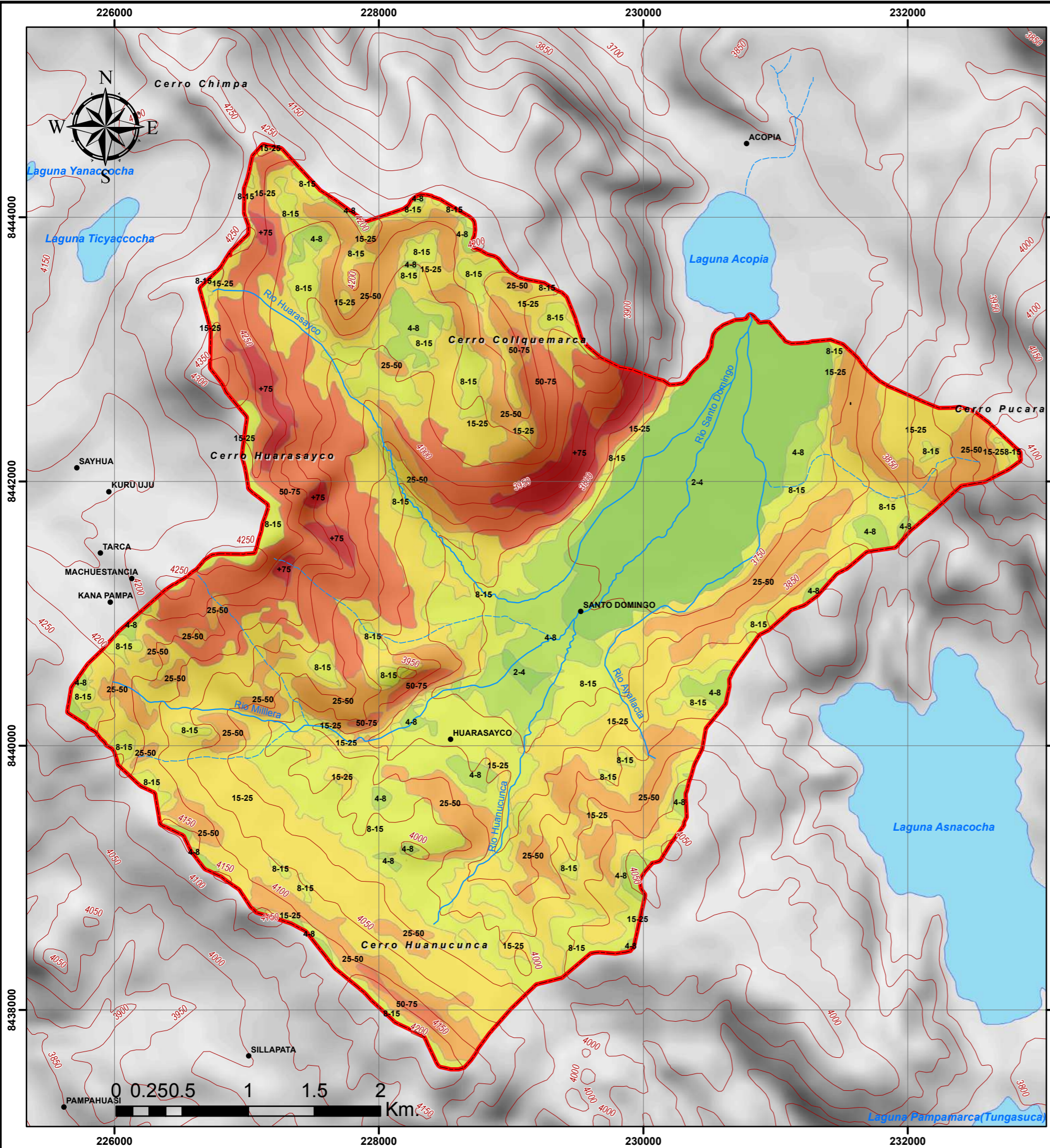
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

<p><b>TESIS:</b> "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".</p>			
<p><b>MAPA:</b> GEOMORFOLOGÍA REGIONAL DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO - ACOPIA Y HUAYRACHAPI - MISKIUNU</p>			
<p><b>REGIÓN:</b> CUSCO</p> <p><b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO</p> <p><b>DISTRITO:</b> ACOPIA</p>	<p><b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez</p> <p><b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba</p>	<p><b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019</p>	<p><b>PLANO:</b> <b>05</b></p>
<p><b>ZONA :</b> 19 LS</p> <p><b>PROYECCIÓN :</b> Universal Transverse Mercator (UTM)</p> <p><b>DATUM :</b> World Geodesic System (WGS 84)</p>	<p><b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100.000. Imagen Satelital Sasplanet, INGEMMET, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas</p> <p><b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.</p>	<p><b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:70,000</p>	







**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S

**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- Lagunas
- ▭ Area de estudio



**PENDIENTES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

CLASE	DESCRIPCION	PENDIENTE	PENDIENTE ORDENADO	SUPERFICIE Km <sup>2</sup>	% SUPERFICIE	% SUPERFICIE ACUMULADA
A	Plana o allanada	0-2 %	2	0.000	0.000	0.000
B	Ligeramente inclinada	2-4 %	4	2.700	11.094	11.094
C	Moderadamente inclinada	4-8 %	8	1.427	5.862	16.956
D	Fuertemente inclinada	8-15 %	15	4.126	16.954	33.910
E	Moderadamente empinada	15-25 %	25	7.844	32.233	66.143
F	Empinada	25-50 %	50	4.132	16.978	83.121
G	Muy empinada	50-75 %	75	3.402	13.980	97.100
H	Escarpado	>75 %	+75	0.706	2.900	100.000
SUMATORIA				24.337	100.00	

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

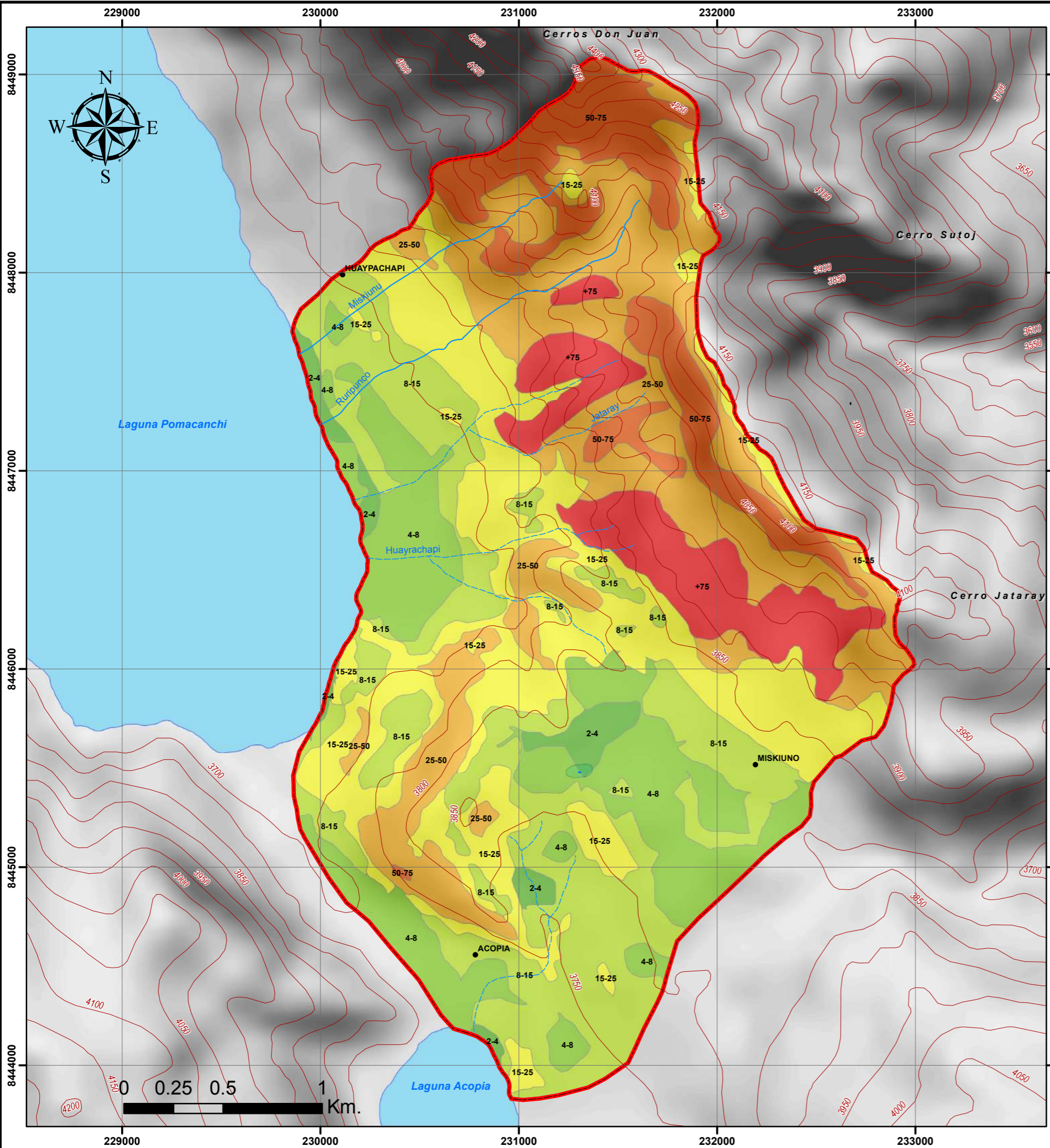
**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** PENDIENTES MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA

<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b> <b>06-A</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:30,000	
<b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas	<b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	

**DATUM:** World Geodesic System (WGS 84)





**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S





**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☪ Lagunas
- ▭ Area de estudio

**PENDIENTES DE LA QUEBRADA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

CLASE		PENDIENTE	PENDIENTE ORDENADO	SUPERFICIE Km <sup>2</sup>	% SUPERFICIE	% SUPERFICIE ACUMULADA
A	Plana o allanada	0-2 %	2	0.000	0.000	0.000
B	Ligeramente inclinada	2-4 %	4	0.511	5.148	5.148
C	Moderadamente inclinada	4-8 %	8	1.241	12.511	17.659
D	Fuertemente inclinada	8-15 %	15	2.452	24.712	42.370
E	Moderadamente empinada	15-25 %	25	2.223	22.410	64.781
F	Empinada	25-50 %	50	2.601	26.221	91.002
G	Muy empinada	50-75 %	75	0.831	8.372	99.374
H	Escarpado	>75 %	+75	0.062	0.626	100.000
<b>SUMATORIA</b>				9.921	100.00	

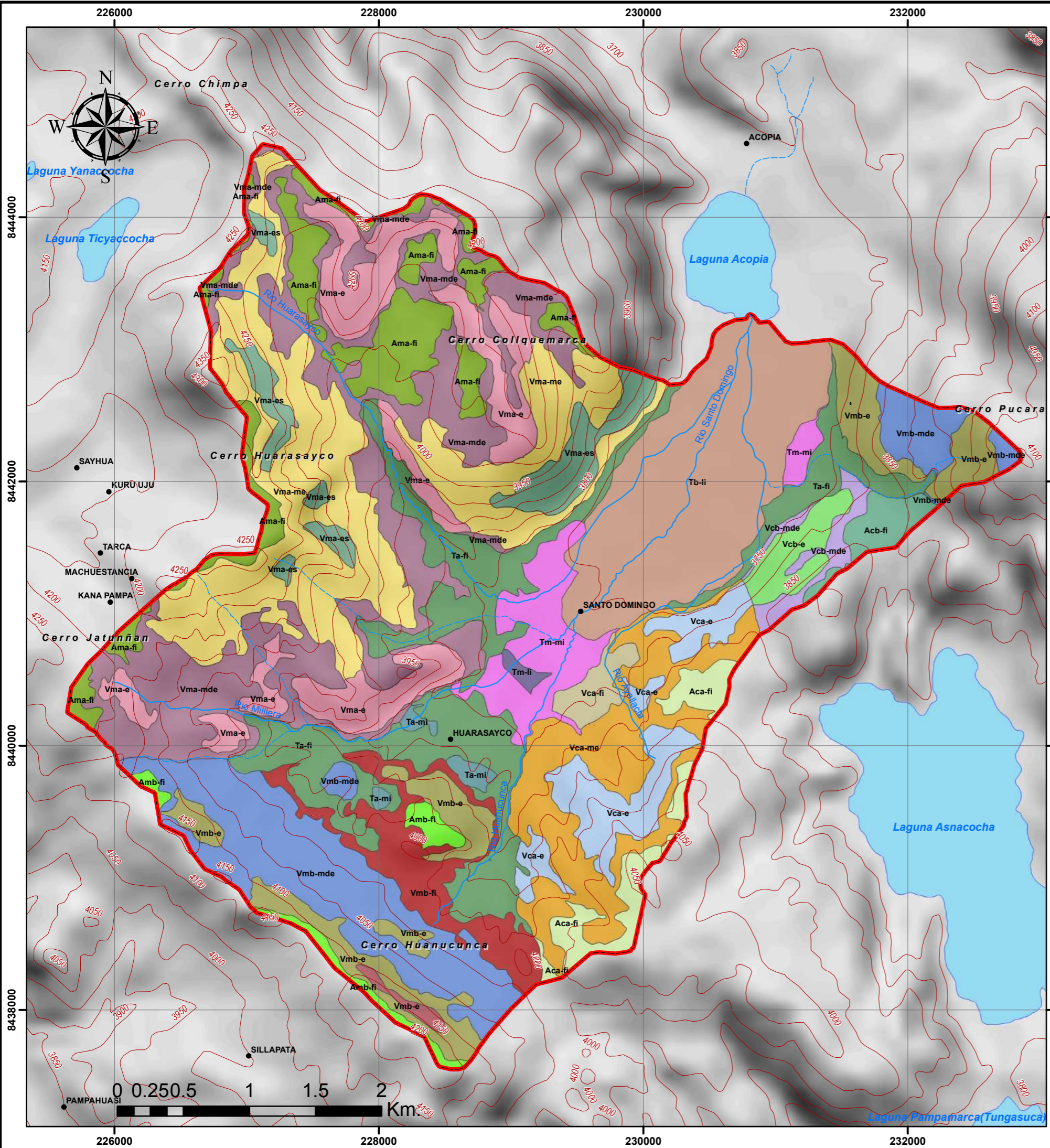

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** PENDIENTES MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU

<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b> <b>06-B</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:20,000	
<b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Tesisistas	<b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	





**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☪ Lagunas
- ▭ Area de estudio

**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S

**FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

SUB PAISAJE O SUBUNIDAD FISIOGRAFICA		SIMBOLOGIA	AREA (Km <sup>2</sup> )	AREA (%)
<b>ALTIPLANICIE DE MONTAÑA ALTA</b>	Altiplanicie de Montaña Alta Fuertemente inclinada	Ama-fi	1.30	5.35
	Vertiente de Montaña Alta Escarpada	Vma-es	0.69	2.83
	Vertiente de Montaña Alta Muy empinada	Vma-me	3.29	13.53
	Vertiente de Montaña Alta empinada	Vma-e	1.67	6.86
<b>VERTIENTE DE MONTAÑA ALTA</b>	Vertiente de Montaña Alta Moderadamente empinada	Vma-mde	3.17	13.03
	Altiplanicie de Montaña Baja Fuertemente inclinada	Amb-fi	0.24	0.98
	Vertiente de Montaña Baja Muy empinada	Vmb-me	0.06	0.26
	Vertiente de Montaña Baja empinada	Vmb-e	1.23	5.04
<b>VERTIENTE DE MONTAÑA BAJA</b>	Vertiente de Montaña Baja Moderadamente empinada	Vmb-mde	2.07	8.49
	Vertiente de Montaña Baja Fuertemente inclinada	Vmb-fi	0.81	3.32
	Altiplanicie de Colina Alta Fuertemente inclinada	Aca-fi	0.48	1.98
	Vertiente de Colina Alta empinada	Vca-e	0.84	3.44
<b>VERTIENTE DE COLINA ALTA</b>	Vertiente de Colina Alta Moderadamente empinada	Vca-mde	1.51	6.21
	Vertiente de Colina Alta Fuertemente inclinada	Vca-fi	0.20	0.80
	Altiplanicie de Colina Baja Fuertemente inclinada	Vcb-fi	0.24	0.97
<b>VERTIENTE DE COLINA BAJA</b>	Vertiente de Colina Baja empinada	Vcb-e	0.29	1.19
	Vertiente de Colina Baja Moderadamente empinada	Vcb-mde	0.23	0.93
<b>TERRAZA ALTA</b>	Terraza Alta Fuertemente inclinada	Ta-fi	2.50	10.26
	Terraza Alta Moderadamente inclinada	Ta-mdi	0.11	0.44
<b>TERRAZA MEDIA</b>	Terraza Media Moderadamente inclinada	Tm-mdi	0.81	3.34
	Terraza Media Ligeramente inclinada	Tm-li	0.04	0.18
<b>TERRAZA BAJA</b>	Terraza Baja Ligeramente inclinada	Tb-li	2.57	10.56
<b>TOTAL</b>			<b>24.337</b>	<b>100.00</b>


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**

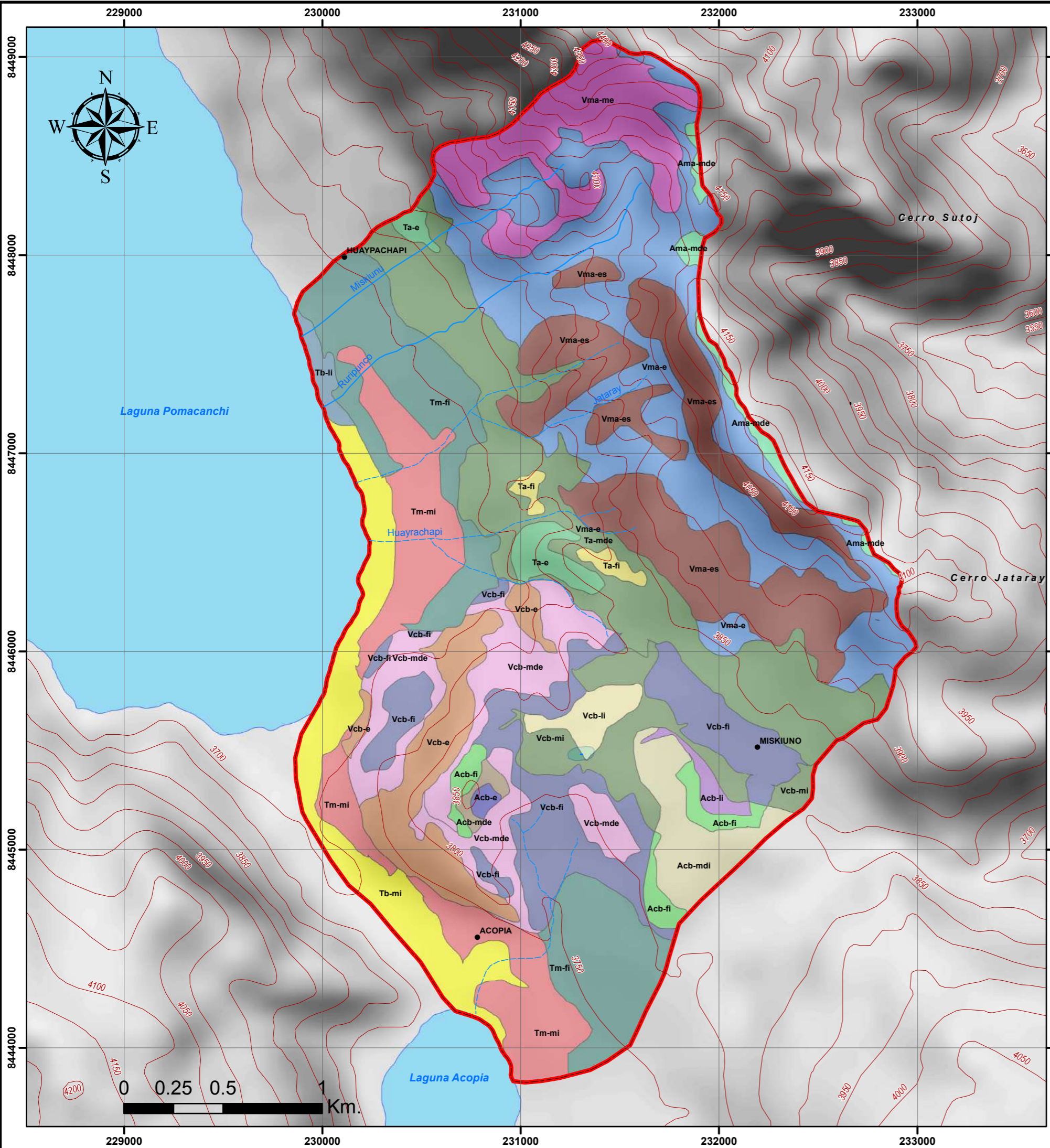

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

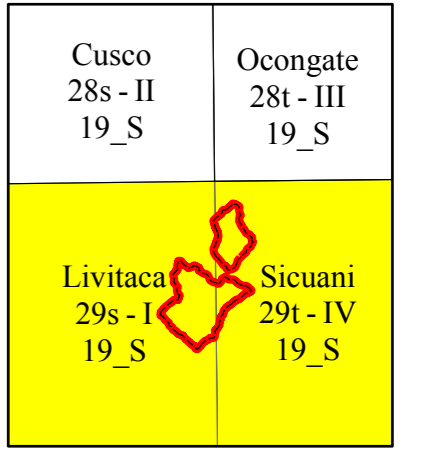
**MAPA:** FISIOGRAFICO MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA

<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <b>07-A</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:30,000	
<b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ZONA:</b> 19 LS	<b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM)	
<b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas	<b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	





**HOJAS ADYACENTES**



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☪ Lagunas
- ▭ Area de estudio

**FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

SUB PAISAJE O SUBUNIDAD FISIOGRAFICA		SIMBOLOGIA	AREA (Km <sup>2</sup> )	AREA (%)
<b>ALTIPLANICIE DE MONTAÑA ALTA</b>	Altiplanicie de Montaña Alta Moderadamente empinada	Ama-mde	0.106	1.07
	Vertiente de Montaña Alta escarpada	Vma-es	1.160	11.69
<b>VERTIENTE DE MONTAÑA ALTA</b>	Vertiente de Montaña Alta Muy empinada	Vma-me	0.564	5.68
	Vertiente de Montaña Alta empinada	Vma-e	1.613	16.26
	Altiplanicie de Colina Baja empinada	Acb-e	0.017	0.17
<b>ALTIPLANICIE DE COLINA BAJA</b>	Altiplanicie de Colina Baja Moderadamente empinada	Acb-mde	0.030	0.30
	Altiplanicie de Colina Baja Fuertemente inclinada	Acb-fi	0.132	1.33
	Altiplanicie de Colina Baja Moderadamente inclinada	Acb-mdi	0.259	2.61
	Altiplanicie de Colina Baja Ligeramente inclinada	Acb-li	0.044	0.45
	Vertiente de Colina Baja empinada	Vcb-e	0.443	4.46
<b>VERTIENTE DE COLINA BAJA</b>	Vertiente de Colina Baja Moderadamente empinada	Vcb-mde	0.630	6.35
	Vertiente de Colina Baja Fuertemente inclinada	Vcb-fi	0.796	8.02
	Vertiente de Colina Baja Moderadamente inclinada	Vcb-mdi	0.319	3.22
	Vertiente de Colina Baja Ligeramente inclinada	Vcb-li	0.095	0.96
<b>TERRAZA ALTA</b>	Terraza Alta empinada	Ta-e	0.119	1.20
	Terraza Alta Moderadamente empinada	Ta-mde	1.179	11.89
	Terraza Alta Fuertemente inclinada	Ta-fi	0.051	0.52
<b>TERRAZA MEDIA</b>	Terraza Media Fuertemente inclinada	Tm-fi	0.982	9.89
	Terraza Media Moderadamente inclinada	Tm-mdi	0.776	7.82
<b>TERRAZA BAJA</b>	Terraza Baja Moderadamente inclinada	Tb-mdi	0.554	5.59
	Terraza Baja Ligeramente inclinada	Tb-li	0.053	0.53
<b>TOTAL</b>			<b>9.921</b>	<b>100.00</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**

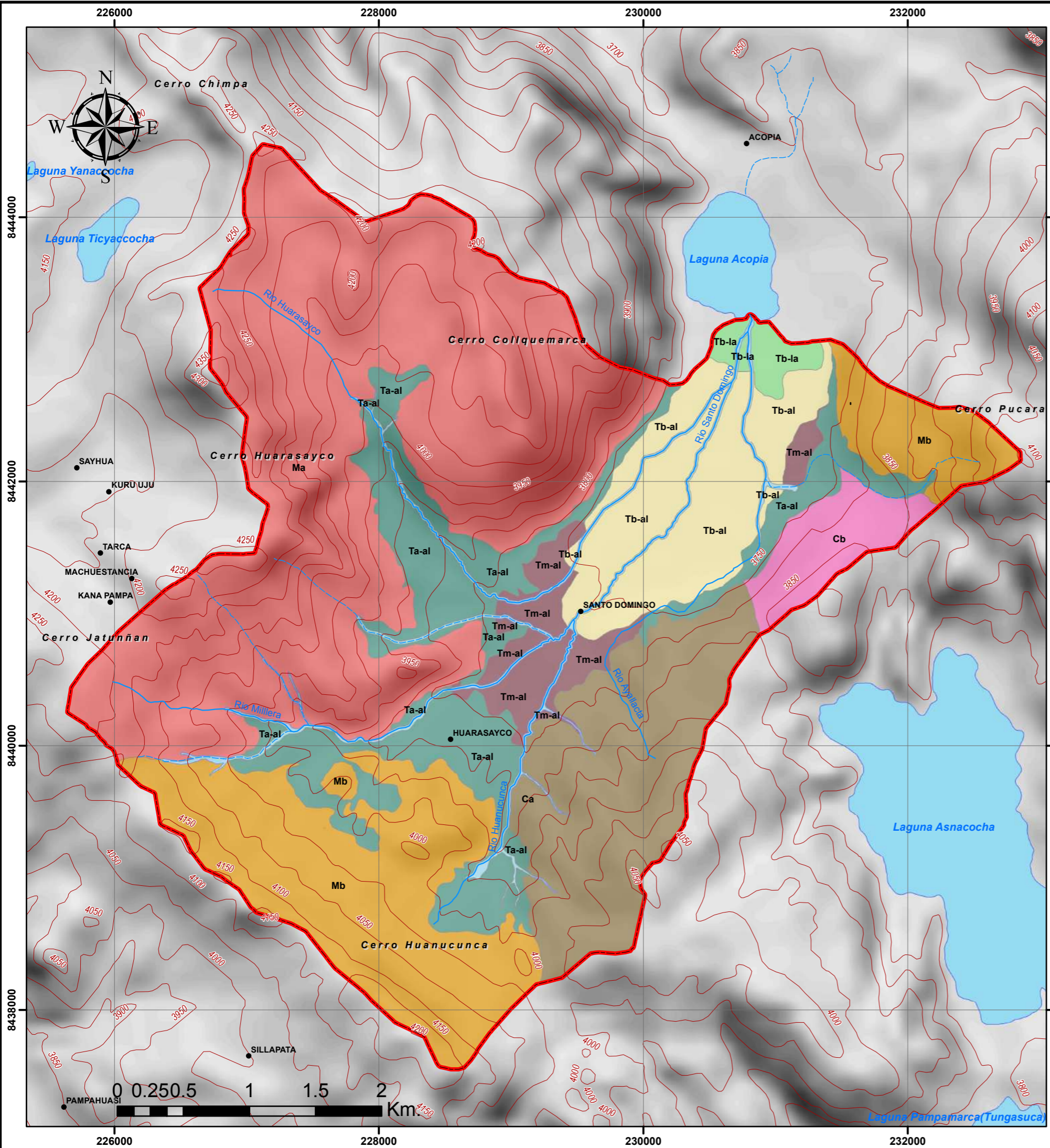
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** FISIOGRAFICO MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU

<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b> <b>07-B</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	
<b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:20,000	
<b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.		





**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☪ Lagunas
- ▭ Area de estudio

**GEOMORFOLOGIA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

PAISAJE O UNIDAD GEOMORFOLOGICA		SIMBOLOGIA	AREA (Km <sup>2</sup> )	AREA (%)
MONTAÑA	Montaña Alta	Ma	9.629	39.565
	Montaña Baja	Mb	4.307	17.699
COLINA	Colina Alta	Ca	2.866	11.777
	Colina Baja	Cb	0.713	2.929
TERRAZA	Terraza Alta Aluvial	Ta-al	3.097	12.726
	Terraza Media Aluvial	Tm-al	0.833	3.424
	Terraza Baja Aluvial	Tb-al	2.139	8.789
	Terraza Baja Lacustre	Tb-la	0.267	1.097
	Cauce de río	rio	0.485	1.993
<b>TOTAL</b>			<b>24.337</b>	<b>100.000</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**



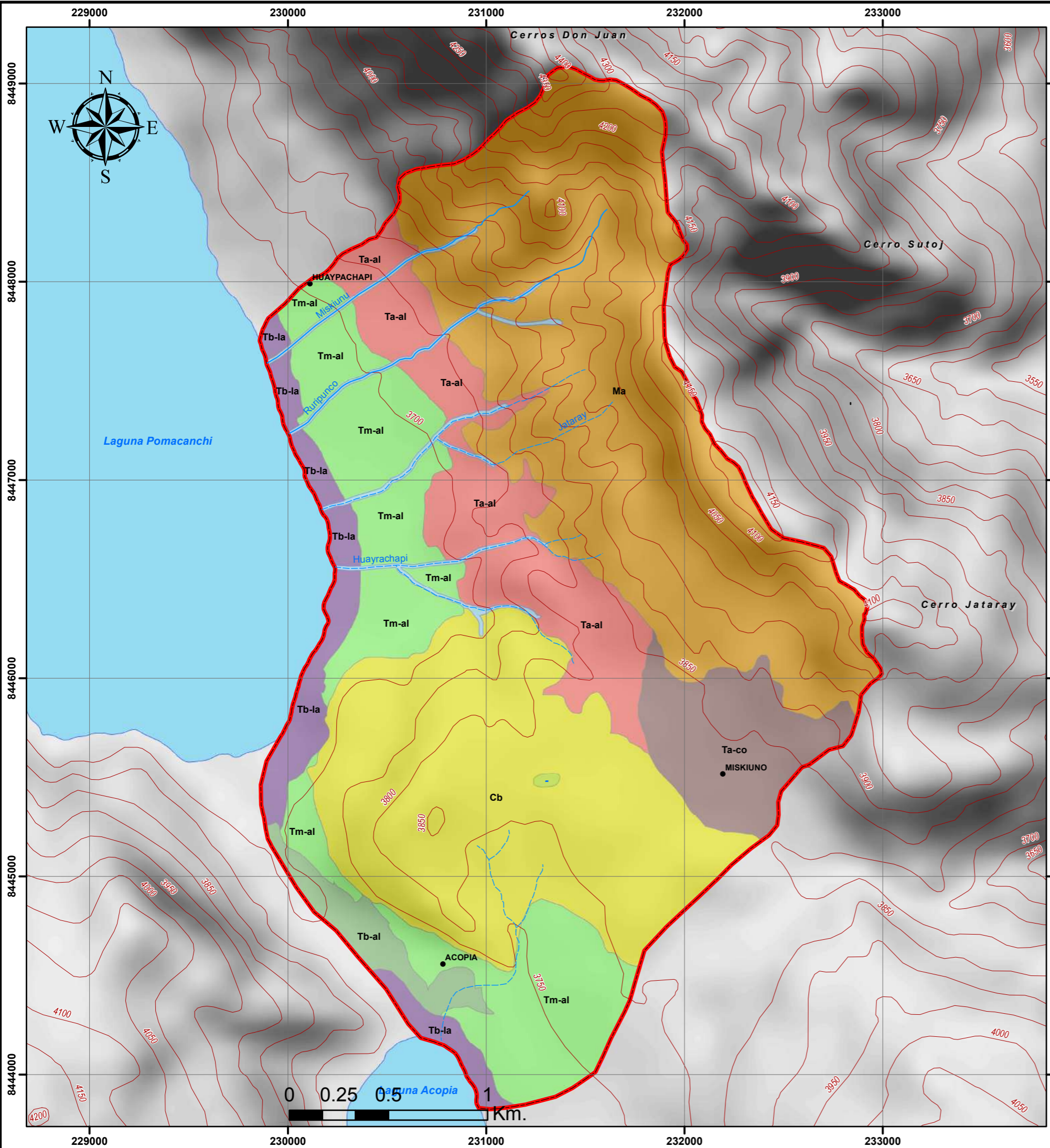
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** GEOMORFOLOGICO LOCAL DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA

<b>REGIÓN:</b> CUSCO <b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO <b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez <b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <h1>08-A</h1>
<b>ZONA:</b> 19 LS <b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM) <b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Tesistas <b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:30,000	





**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☪ Lagunas
- ▭ Area de estudio

**GEOMORFOLOGIA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

PAISAJE O UNIDAD GEOMORFOLOGICA	SIMBOLOGIA	AREA (Km <sup>2</sup> )	AREA (%)	
<b>MONTAÑA</b> Montaña Alta	Ma	3.414	34.418	
<b>COLINA</b> Colina Baja	Cb	2.427	24.463	
<b>TERRAZA</b>	Terraza Alta Coluvial	Ta-co	0.595	5.995
	Terraza Alta Aluvial	Ta-al	1.062	10.708
	Terraza Media Aluvial	Tm-al	1.620	16.325
	Terraza Baja Aluvial	Tb-al	0.219	2.210
	Terraza Baja Lacustre	Tb-al	0.449	4.531
	Cauce de río	rio	0.134	1.351
<b>TOTAL</b>		9.921	100.000	

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** GEOMORFOLOGICO LOCAL DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU

<b>REGIÓN:</b> CUSCO <b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO <b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yepez <b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b> <b>08-B</b>
<b>ZONA:</b> 19 LS <b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM) <b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Tesistas <b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:20,000	

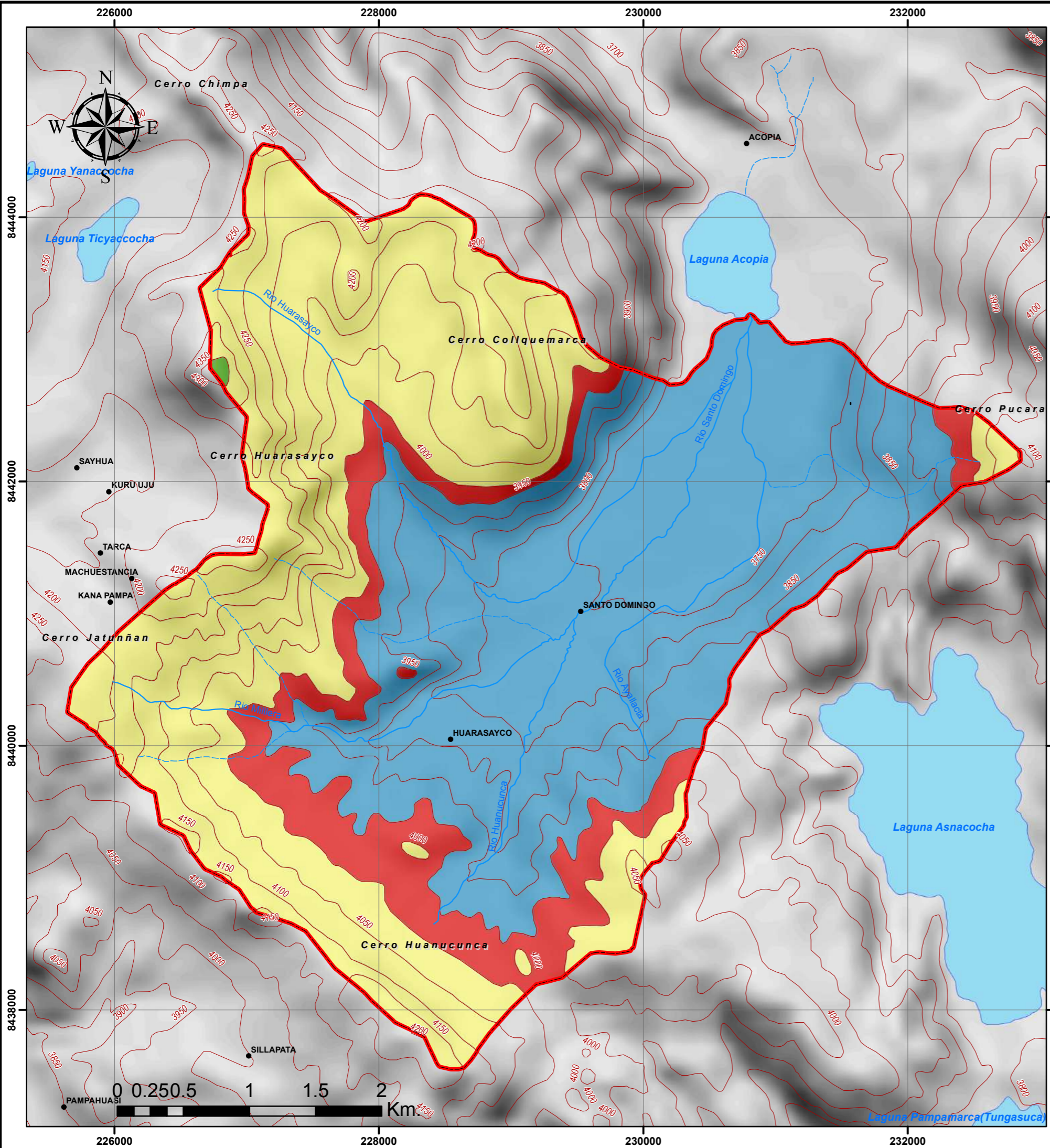












**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- Lagunas
- ▭ Área de estudio

ALTITUD	INDICES CLIMATICOS				REGION DE HUMEDAD	VARIACION ESTACIONAL DE LA HUMEDAD	REGION EFICIENCIA TERMICA	CLIMA
	Im	Ia	IC%	ETP				
3700 - 3950	B2	W	a'	B'1	Moderadamente humedo	Moderada deficiencia en invierno	Mesotermica	Semi fria
3950 - 4000	B2	W	a'	C'2	Moderadamente humedo	Moderada deficiencia en invierno	Microtermica	fria moderada
4000 - 4350	B3	W	a'	C'2	Humedo	Moderada deficiencia en invierno	Microtermica	fria moderada
4350 - 4400	B4	W	a'	C'2	Muy humedo	Moderada deficiencia en invierno	Microtermica	fria moderada



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

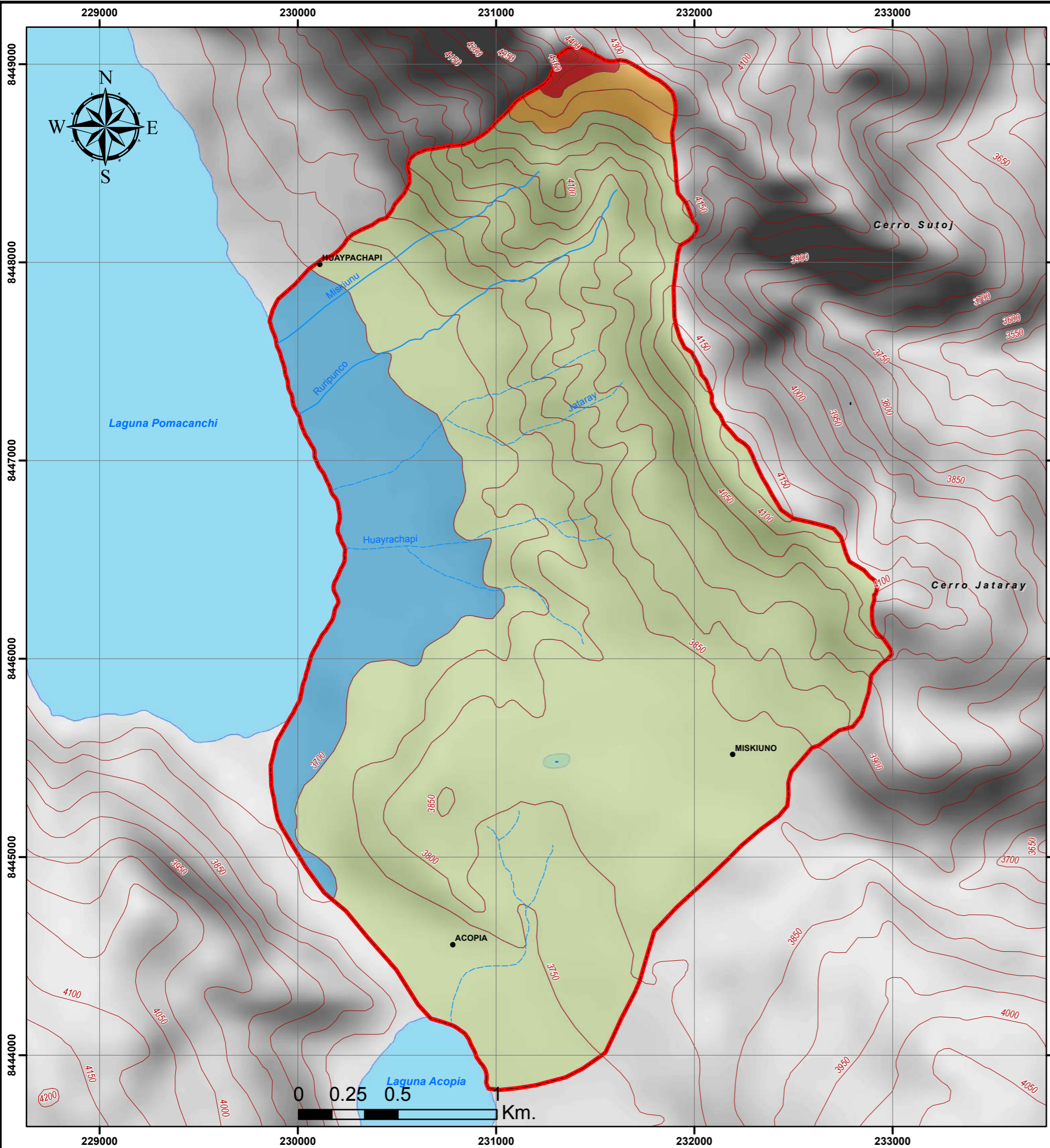
**MAPA:** CLIMÁTICO DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA

<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <b>11-A</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:30,000	
<b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ZONA:</b> 19 LS	<b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM)	<b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)

**FUENTE:** Cartas Nacionales IGN 1:100 000.  
Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM, SENAMHI  
Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas

**OBSERVACIÓN:** Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.





**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- Lagunas
- ▭ Area de estudio

ALTITUD	INDICES CLIMATICOS				REGION DE HUMEDAD	VARIACION ESTACIONAL DE LA HUMEDAD	REGION EFICIENCIA TERMICA	CLIMA
	Im	Ia	IC%	ETP				
3650 - 3700	B1	W	a'	B'1	Ligeramente humedo	Moderada deficiencia en invierno	Mesotermica	Semi fria
3700 - 4200	B2	W	a'	B'1	Moderadamente humedo	Moderada deficiencia en invierno	Mesotermica	Semi fria
4200 - 4300	B3	r	a'	B'1	Humedo	Moderada deficiencia en invierno	Mesotermica	Semi fria
4300 - 4450	B3	r	a'	C'2	Humedo	Nula o pequeña deficiencia de agua	Microtermica	fria moderada



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNO, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** CLIMÁTICO DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNO

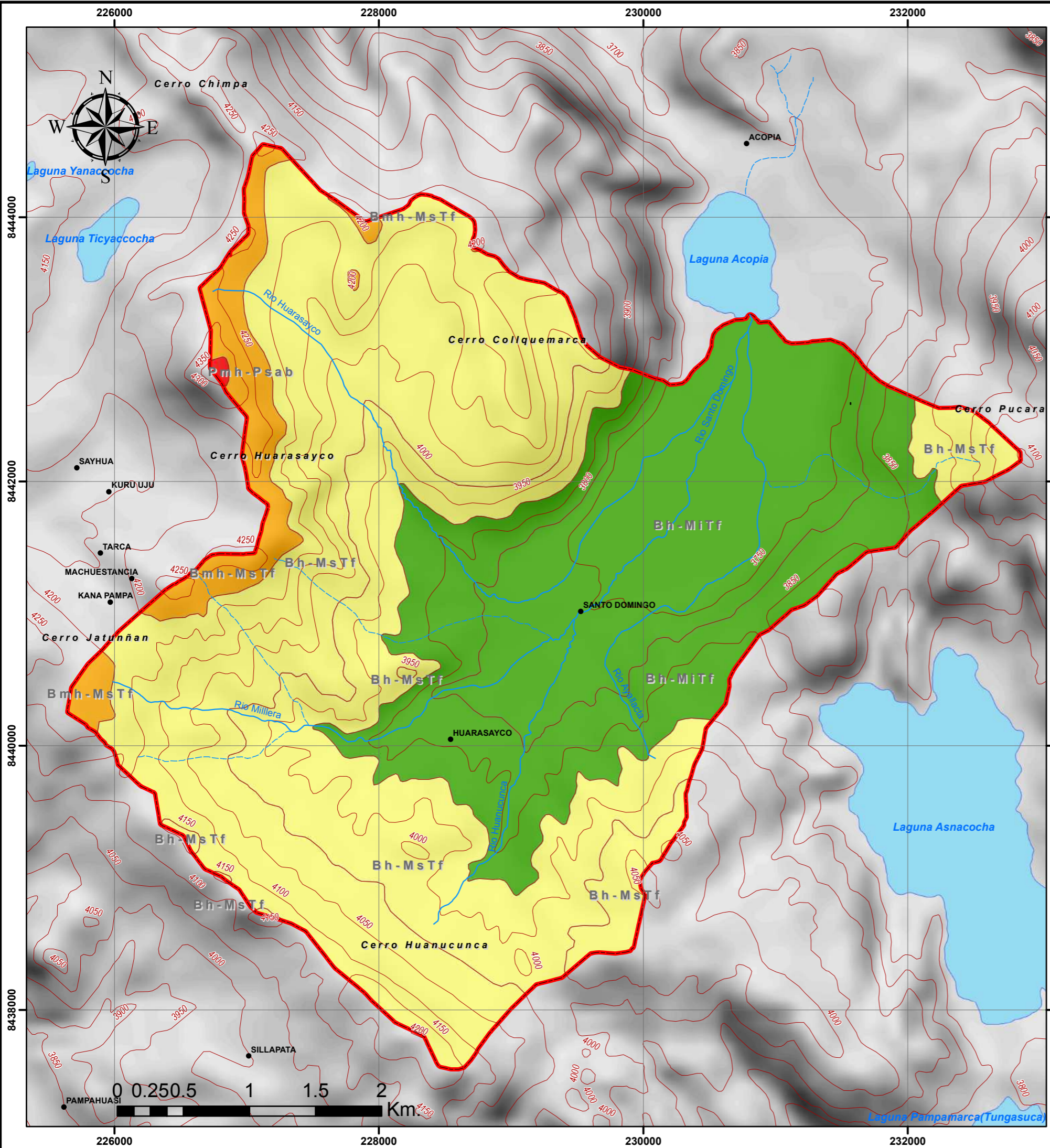
<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yezpe	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <b>11-B</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:20,000	

**ZONA :** 19 LS  
**PROYECCIÓN :** Universal Transverse Mercator (UTM)  
**DATUM :** World Geodesic System (WGS 84)

**FUENTE:**  
Cartas Nacionales IGN 1:100 000.  
Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM, SENAMHI  
Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas

**OBSERVACIÓN:**  
Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.





**HOJAS ADYACENTES**


Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- Lagunas
- ▭ Area de estudio

ALTITUD	COEFICIENTE CORECCION	BIO ISOTERMAS (T°)	POTENCIAL DE EVAPORACION	ISOHIETAS ANUAL (P)	RELACION DE EVAPORACION	DESCRIPCION DE ZONAS DE VIDA	SIMBOLO
3700 - 3900	58.53	9.65	564.67	818.86	0.690	Bosque humedo-Montano inferior-Templado frio	Bh-MITf
3900 - 4200	58.53	7.75	453.77	868.85	0.522	Bosque humedo-Montano superior-Templado frio	Bh-MsTf
4200 - 4350	58.53	6.49	379.84	900.64	0.422	Bosque muy humedo-Montano superior-Templado frio	Bmh-MsTf
4350 - 4400	58.53	5.86	342.87	916.12	0.374	Paramo muy humedo-Paramo Subandino-Boreal	Pmh-Psab



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** ZONAS DE VIDA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA

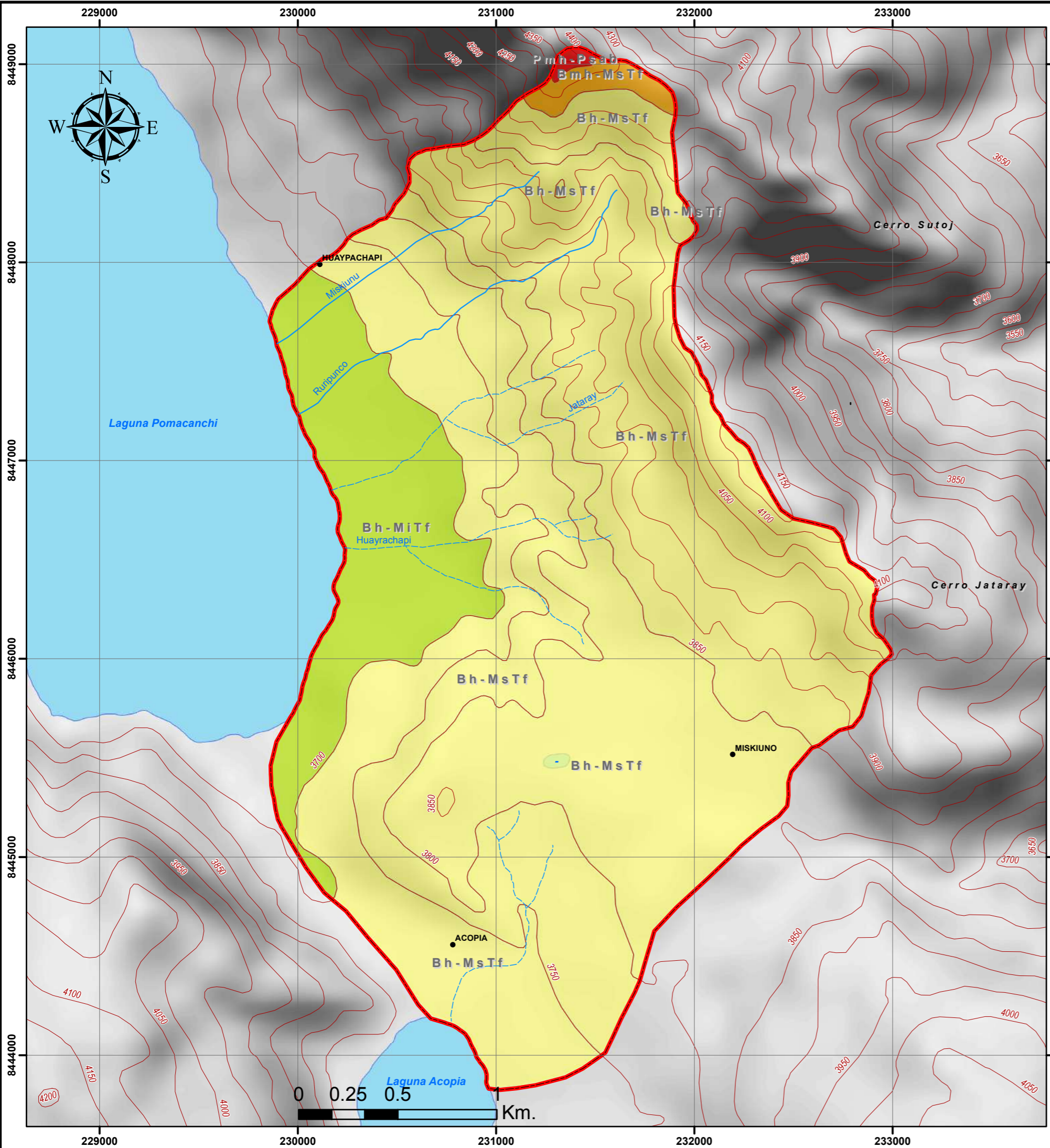
<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <b>12-A</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:30,000	

**ZONA:** 19 LS  
**PROYECCIÓN:** Universal Transverse Mercator (UTM)  
**DATUM:** World Geodesic System (WGS 84)

**FUENTE:**  
Cartas Nacionales IGN 1:100 000.  
Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM  
Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Tesistas

**OBSERVACIÓN:**  
Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.





**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☪ Lagunas
- ▭ Area de estudio

ALTITUD	COEFICIENTE CORECCION	BIO ISOTERMAS (T°)	POTENCIAL DE EVAPORACION	ISOHIETAS ANUAL (P)	RELACION DE EVAPORACION	DESCRIPCION DE ZONAS DE VIDA	SIMBOLO
3650 - 3700	58.53	10.28	601.64	801.50	0.751	Bosque humedo-Montano inferior-Templado frio	Bh-MITf
3700 - 4250	58.53	7.44	435.29	876.90	0.496	Bosque humedo-Montano superior-Templado frio	Bh-MsTf
4250 - 4350	58.53	6.17	361.36	908.41	0.398	Bosque muy humedo-Montano superior-Templado frio	Bmh-MsTf
4350 - 4450	58.53	5.54	324.39	923.76	0.351	Paramo muy Humedo-Paramo Subandino-Boreal	Pmh-Psab



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

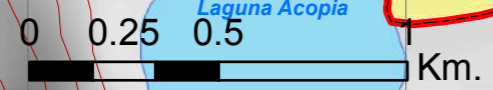
**MAPA:** ZONAS DE VIDA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU

<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <b>12-B</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:20,000	

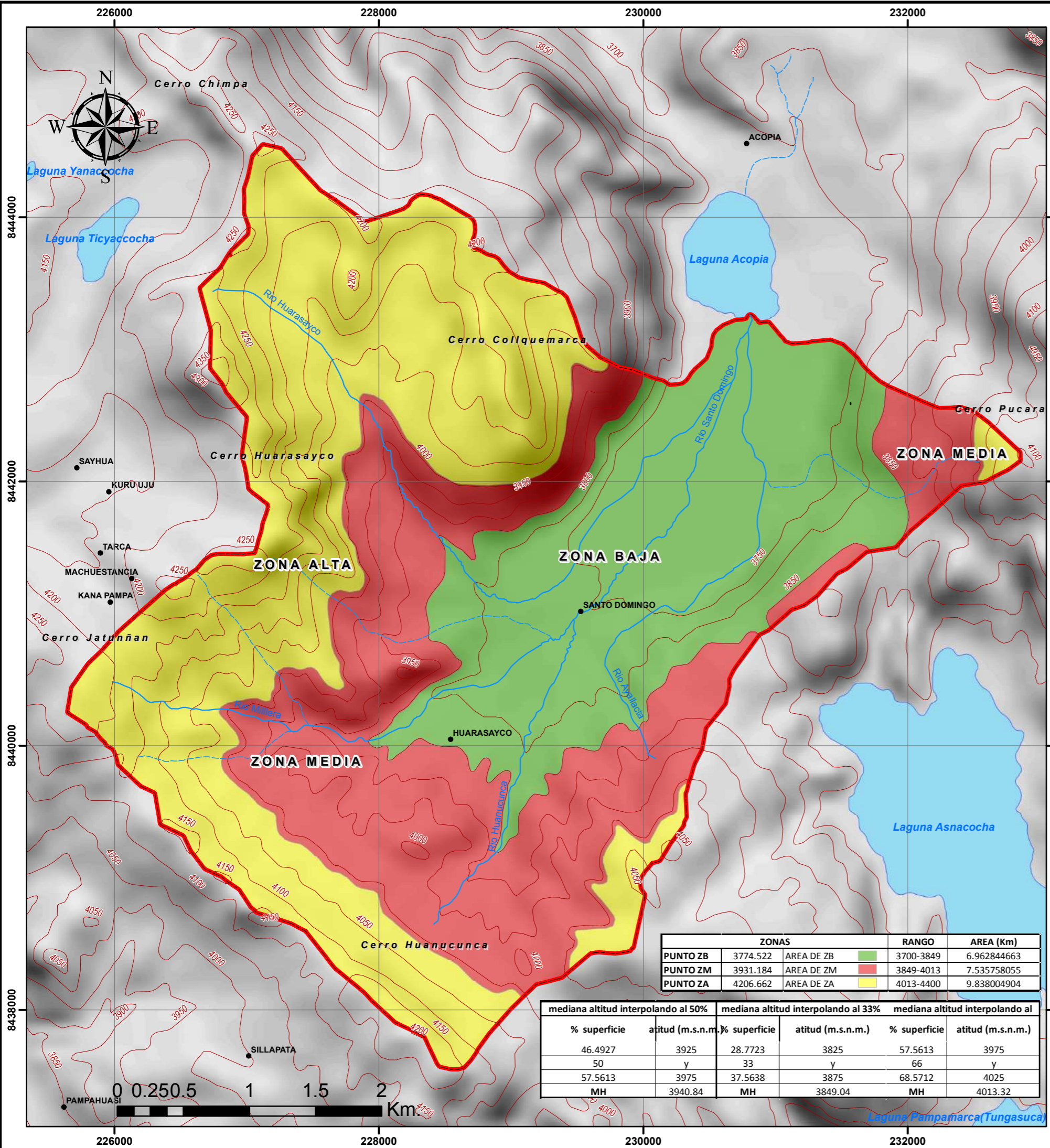
**ZONA :** 19 LS  
**PROYECCIÓN :** Universal Transverse Mercator (UTM)  
**DATUM :** World Geodesic System (WGS 84)

**FUENTE:**  
Cartas Nacionales IGN 1:100 000.  
Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM  
Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas

**OBSERVACIÓN:**  
Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.







	ZONAS	RANGO	AREA (Km)	
PUNTO ZB	3774.522	AREA DE ZB	3700-3849	6.962844663
PUNTO ZM	3931.184	AREA DE ZM	3849-4013	7.535758055
PUNTO ZA	4206.662	AREA DE ZA	4013-4400	9.838004904

mediana altitud interpolando al 50%		mediana altitud interpolando al 33%		mediana altitud interpolando al 17%	
% superficie	atitud (m.s.n.m.)	% superficie	atitud (m.s.n.m.)	% superficie	atitud (m.s.n.m.)
46.4927	3925	28.7723	3825	57.5613	3975
50	y	33	y	66	y
57.5613	3975	37.5638	3875	68.5712	4025
MH	3940.84	MH	3849.04	MH	4013.32

**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**CUADRO RESUMEN DE LOS PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

FACTOR	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
AREA	Ac	24.337	Km <sup>2</sup>
PERIMETRO	P	23.936145	Km
LONGITUD AXIAL	Lax	6.389425	Km
ANCHO PROMEDIO	Ap	3.808874821	Km
CENTRO DE GRAVEDAD O CENTROIDE	X	228785	msnm
	Y	8441130	msnm
DESIVEL ALTITUDINAL	DA	700	adimensional
LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	Lp	5.443	Km
FACTOR DE FORMA	Rf	0.596121689	Adimensional
COEFICIENTE DE COMPACIDAD	Kc	1.368277159	Adimensional
COEFICIENTE DE CIRCULARIDAD	Cc	1.368735493	Adimensional
COEFICIENTE DE ELONGACION	Ce	1.022350947	Adimensional
RECTANGULO EQUIVALENTE	I	9.365530793	
	L	2.598520099	Km
	L*I	24.33652	
ALTITUD MEDIA	Hm	3959.881333	msnm
MEDIANA DE LA ALTITUD	Mh	3940.84335	msnm
INDICE DE PENDIENTE	Ip	0.25214943	Adimensional
PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA SEGUN MAPA DE PENDIENTES	Pmc	15.42054103	%
CRITERIO RECTANGULO EQUIVALENTE		7.474215989	%
CRITERIO DE JUSTIN		14.18953924	%
PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL	Pmcp	5.823912793	%
LONGITUD TOTAL DE CORRIENTES DE AGUA	L	80.928	Km
CANTIDAD TOTAL DE CORRIENTES DE AGUA	N° c	207	N° rios
DENSIDAD DE CORRIENTES O FRECUENCIA DE RIOS	De	8.505735413	N° rios/Km <sup>2</sup>
DENSIDAD DE DRENAJE	Dd	3.325372732	Km/Km <sup>2</sup>
COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD	Ct	6.122485877	rios/Km <sup>2</sup>
COEFICIENTE DE MASIVIDAD	Cm	162.7135405	m/Km <sup>2</sup>
EXTENSION MEDIA DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	Es	0.300718169	Km

**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☁ Lagunas
- ▭ Area de estudio

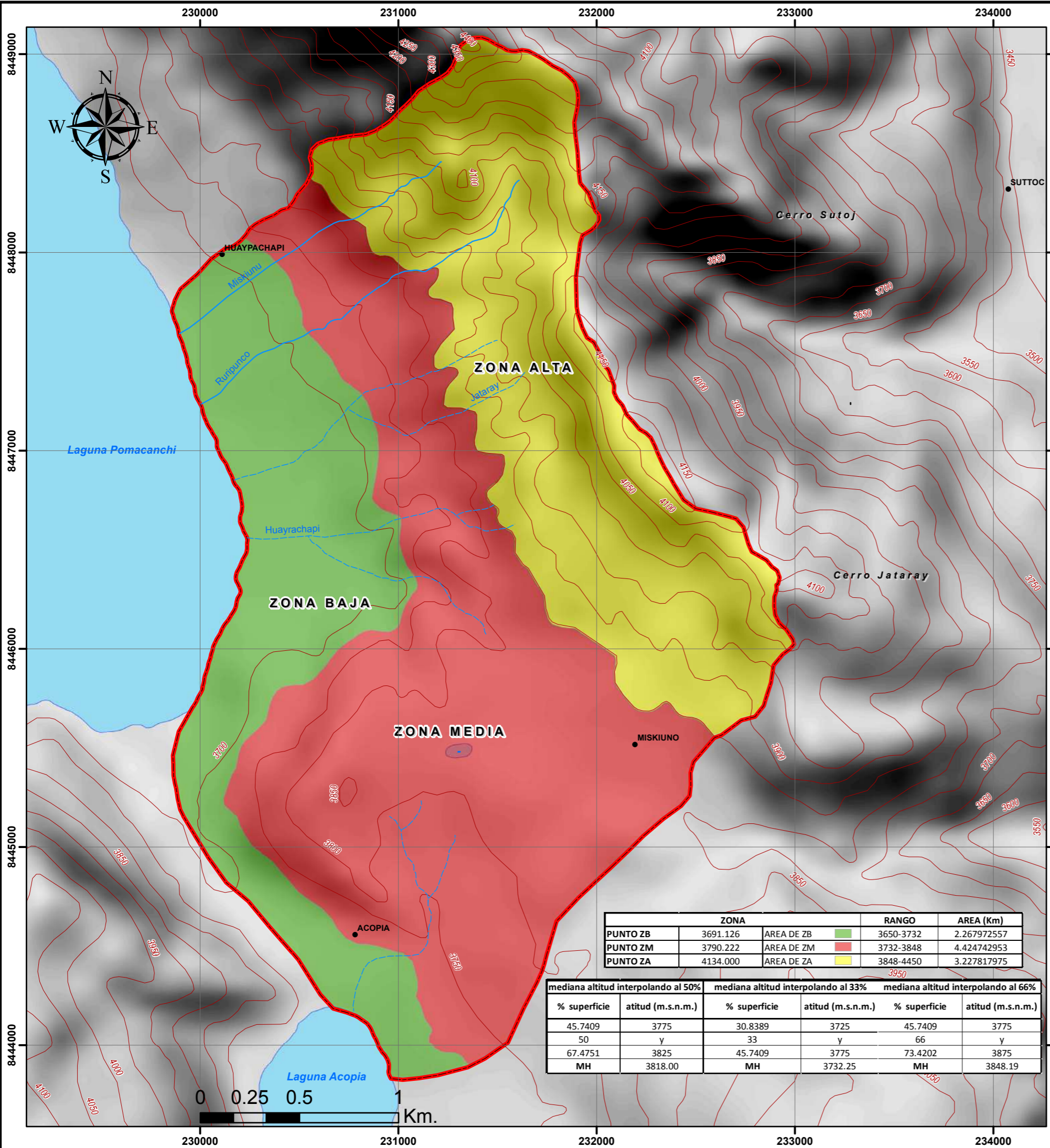

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

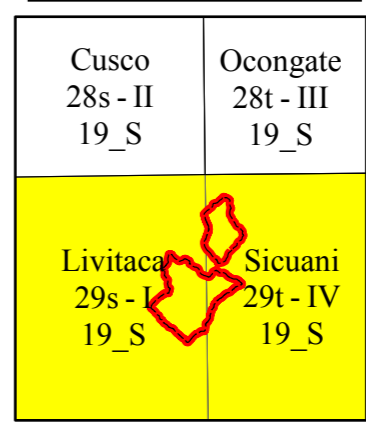
**MAPA: PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA**

<b>REGIÓN:</b> CUSCO <b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO <b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez <b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b> <h1>13-A</h1>
<b>ZONA :</b> 19 LS <b>PROYECCIÓN :</b> Universal Transverse Mercator (UTM) <b>DATUM :</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas <b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:30,000	





**HOJAS ADYACENTES**



**CUADRO RESUMEN DE LOS PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA QUEBRADA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

FACTOR	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
AREA	Ac	9.921	Km <sup>2</sup>
PERIMETRO	P	13.852089	Km
LONGITUD AXIAL	Lax	2.546289112	Km
ANCHO PROMEDIO	Ap	3.896224098	Km
CENTRO DE GRAVEDAD O	X	8441130	msnm
CENTROIDE	Y	231239	msnm
DESNIVEL ALTITUDINAL	DA	800	Adimensional
LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	Lp	2.06	Km
FACTOR DE FORMA	Rf	1.530157781	Adimensional
COEFICIENTE DE COMPACIDAD	Kc	1.240190959	Adimensional
COEFICIENTE DE CIRCULARIDAD	Cc	1.240606387	Adimensional
COEFICIENTE DE ELONGACION	Ce	1.724716427	Adimensional
RECTANGULO EQUIVALENTE	L	2.598520099	Km
ALTIMUD MEDIA	Hm	3838.398841	msnm
MEDIANA DE LA ALTITUD	Mh	3784.798104	msnm
INDICE DE PENDIENTE	Ip	0.33982876	Adimensional
PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA SEGÚN MAPA DE PENDIENTES	Pmc	20.1940555	%
CRITERIO RECTANGULO EQUIVALENTE		16.33197888	%
CRITERIO DE JUSTIN		25.39883614	%
PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL	Pmcp	8.335607226	%
LONGITUD TOTAL DE CORRIENTES DE AGUA	L	36.776	Km
CANTIDAD TOTAL DE CORRIENTES DE AGUA	Nº c	135	Nº rios
DENSIDAD DE CORRIENTES O FRECUENCIA DE RIOS	Dc	13.60761857	Nº rios/Km <sup>2</sup>
DENSIDAD DE DRENAJE	Dd	13.60761857	Km/Km <sup>2</sup>
COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD	Ct	3.023915238	rios/Km <sup>2</sup>
COEFICIENTE DE MASIVIDAD	Cm	386.8997582	m/Km <sup>2</sup>
EXTENSION MEDIA DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	Es	0.269765961	Km

**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☁ Lagunas
- ▭ Area de estudio

	ZONA	RANGO	AREA (Km)
PUNTO ZB	3691.126	3650-3732	2.267972557
PUNTO ZM	3790.222	3732-3848	4.424742953
PUNTO ZA	4134.000	3848-4450	3.227817975

mediana altitud interpolando al 50%		mediana altitud interpolando al 33%		mediana altitud interpolando al 66%	
% superficie	atitud (m.s.n.m.)	% superficie	atitud (m.s.n.m.)	% superficie	atitud (m.s.n.m.)
45.7409	3775	30.8389	3725	45.7409	3775
50	y	33	y	66	y
67.4751	3825	45.7409	3775	73.4202	3875
MH	3818.00	MH	3732.25	MH	3848.19

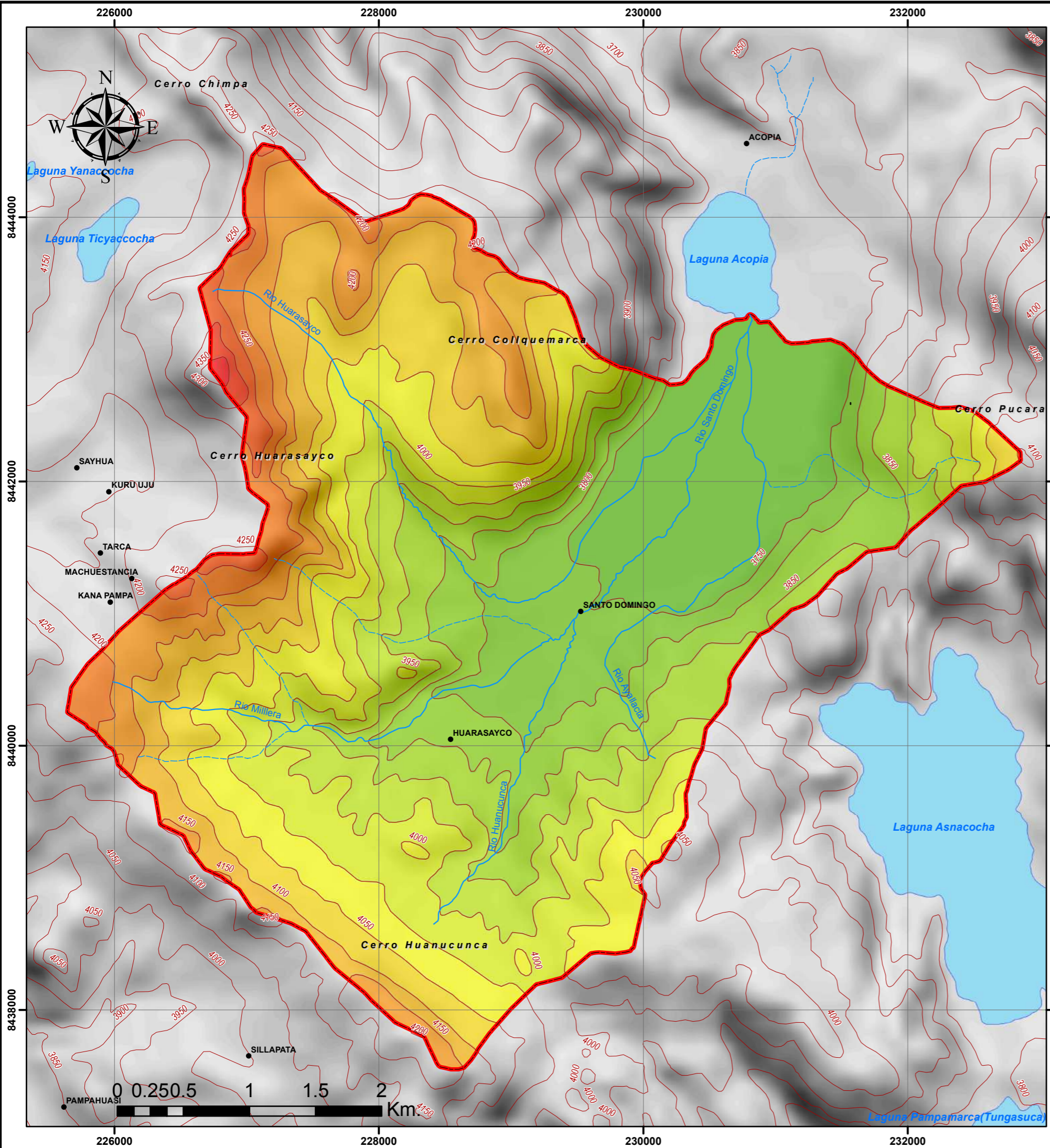
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU

<b>REGIÓN:</b> CUSCO <b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO <b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez <b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b> <h1>13-B</h1>
<b>ZONA:</b> 19 LS <b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM) <b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Tesistas <b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:20,000	

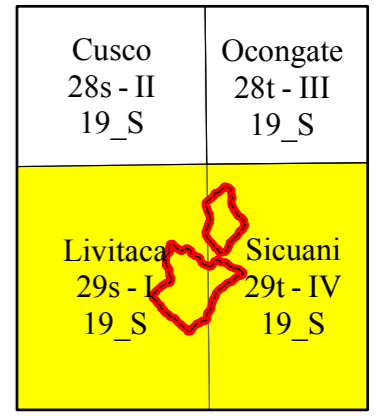





**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☪ Lagunas
- ▭ Area de estudio

**HOJAS ADYACENTES**




Cotas	area Ai	Li (Km)	Li acumulado
3700 - 3750	2.927	1.126	1.126
3750 - 3800	2.003	0.771	1.897
3800 - 3850	2.072	0.798	2.695
3850 - 3900	2.140	0.823	3.518
3900 - 3950	2.173	0.836	4.354
3950 - 4000	2.694	1.037	5.391
4000 - 4050	2.679	1.031	6.422
4050 - 4100	2.398	0.923	7.345
4100 - 4150	2.246	0.864	8.209
4150 - 4200	1.761	0.678	8.887
4200 - 4250	0.871	0.335	9.222
4250 - 4300	0.286	0.110	9.332
4300 - 4350	0.065	0.025	9.357
4350 - 4400	0.022	0.008	9.366
<b>TOTAL</b>	<b>24.337</b>	<b>9.366</b>	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

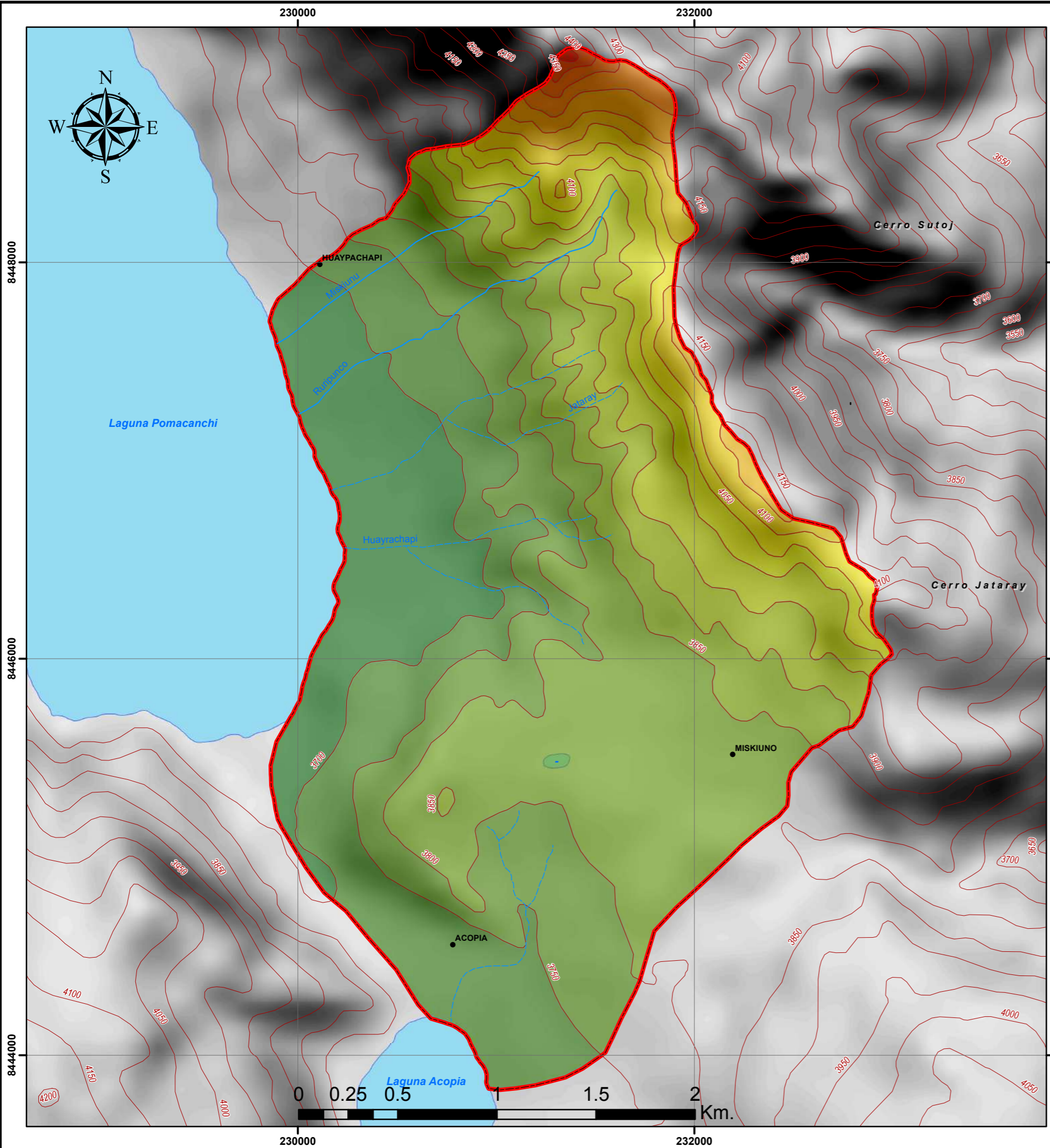


**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** AREAS PARCIALES DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA

<b>REGIÓN:</b> CUSCO <b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO <b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yezpez <b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019
<b>ZONA:</b> 19 LS <b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM) <b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas <b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	<b>PLANO:</b>  <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">14-A</div>






**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- ☪ Lagunas
- ▭ Area de estudio

**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S

Cotas	area Ai	Li (Km)	Li acumulado
3650 - 3700	1.407	0.695	0.695
3700 - 3750	1.652	0.816	1.511
3750 - 3800	1.478	0.730	2.241
3800 - 3850	2.156	1.065	3.305
3850 - 3900	0.590	0.291	3.596
3900 - 3950	0.650	0.321	3.917
3950 - 4000	0.603	0.297	4.215
4000 - 4050	0.417	0.206	4.421
4050 - 4100	0.326	0.161	4.582
4100 - 4150	0.270	0.133	4.715
4150 - 4200	0.139	0.069	4.784
4200 - 4250	0.097	0.048	4.832
4250 - 4300	0.083	0.041	4.873
4300 - 4350	0.028	0.014	4.887
4350 - 4400	0.018	0.009	4.895
4400 - 4450	0.006	0.003	4.898
<b>TOTAL</b>	<b>9.921</b>	<b>4.898</b>	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNO, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** AREAS PARCIALES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNO

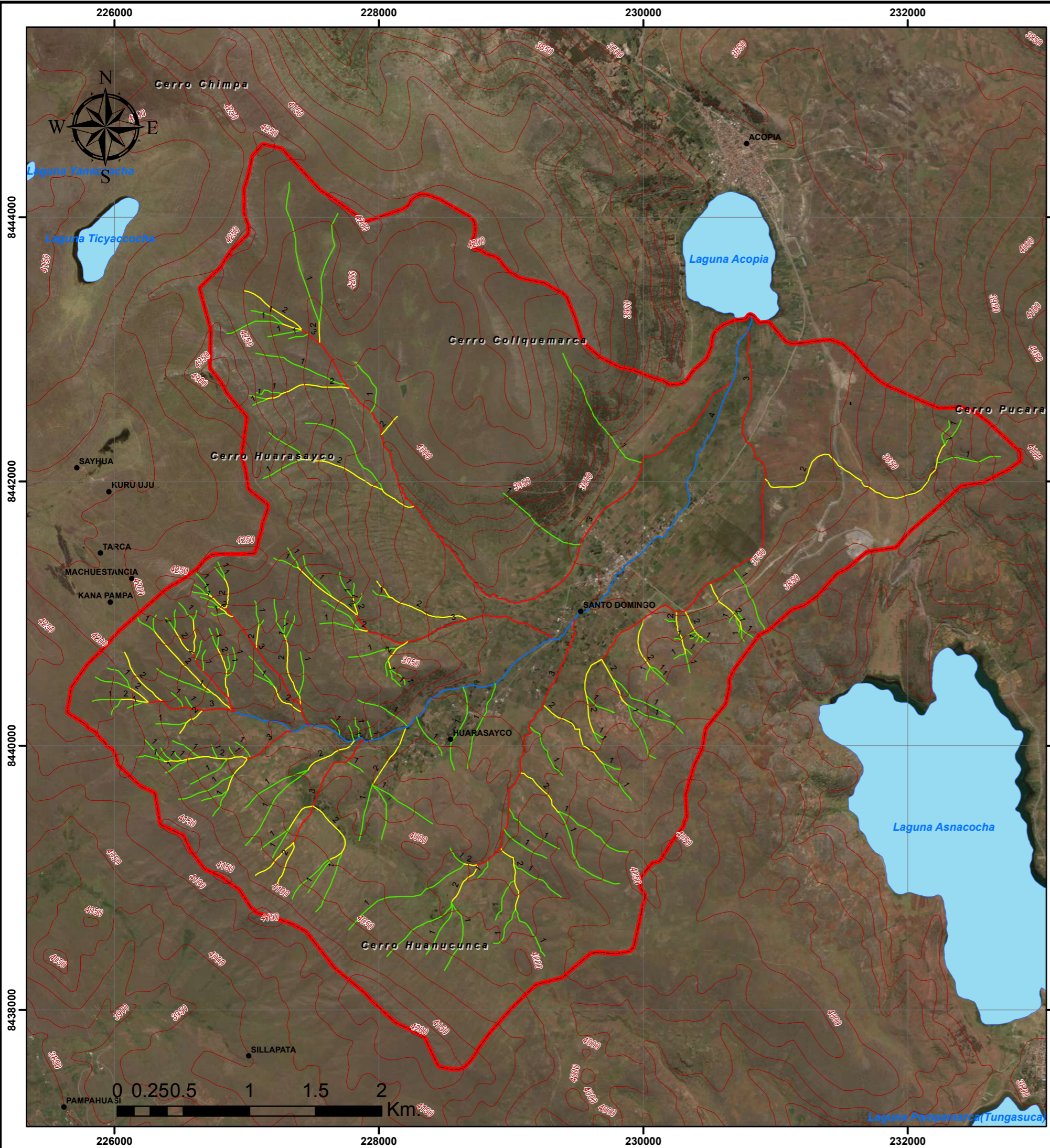
<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <b>14-B</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:20,000	

**ZONA:** 19 LS  
**PROYECCIÓN:** Universal Transverse Mercator (UTM)  
**DATUM:** World Geodesic System (WGS 84)

**FUENTE:**  
Cartas Nacionales IGN 1:100 000.  
Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM  
Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas

**OBSERVACIÓN:**  
Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.





**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**LEYENDA**

- Centros poblados
- ~ Curvas de nivel
- ~ Lagunas
- Area de estudio

**MICROCUECNA SANTO DOMINGO-ACOPIA**

**ORDEN DE CORRIENTES**

Clasifiacion de Strahler			Razon de Bifurcacion	Bifurcacion Media (Rb)
Rios Orden	longitud km	N de corrientes		
1	40.325	149	3.239	
2	18.763	46	4.182	6.140
3	16.298	11	11.000	
4	5.542	1		
<b>TOTAL</b>	<b>80.928</b>	<b>207</b>		

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUECNAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** RED DE DRENAJES DE LA MICROCUECNA SANTO DOMINGO - ACOPIA

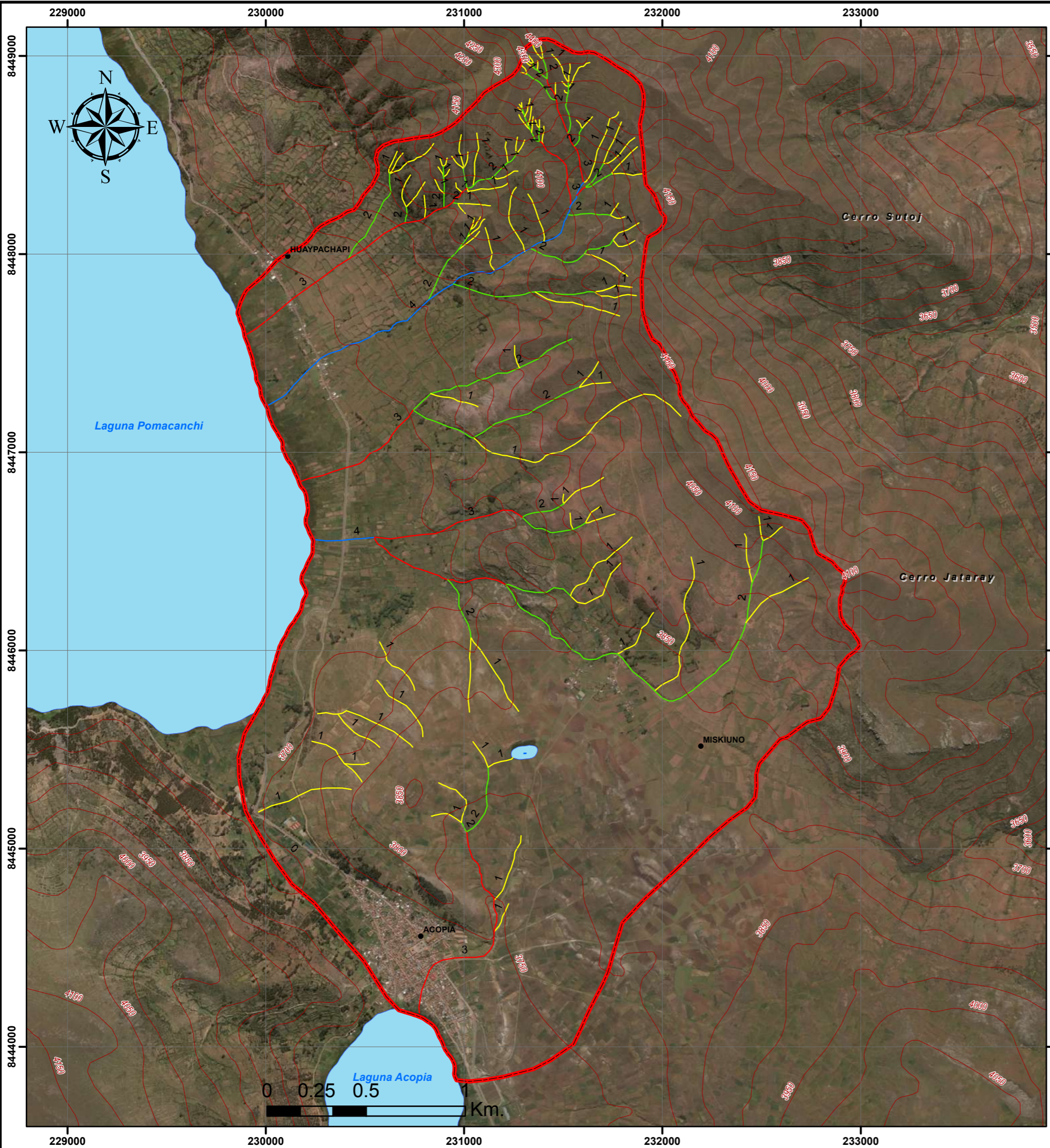
<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b> <b>15-A</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:30,000	

**ZONA :** 19 LS  
**PROYECCIÓN :** Universal Transverse Mercator (UTM)  
**DATUM :** World Geodesic System (WGS 84)

**FUENTE:**  
Cartas Nacionales IGN 1:100 000.  
Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM  
Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas

**OBSERVACIÓN:**  
Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.





**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S




**LEYENDA**

- Centros poblados
- ~ Curvas de nivel
- ☁ Lagunas
- ▭ Area de estudio

**QUEBRADA HUAYRACHAPI-MISKIUNU**

ORDEN DE CORRIENTES			Razon de Bifurcacion	Bifurcacion Media (Rb)
Clasificacion de Strahler				
Rios Orden	longitud km	N de corrientes		
1	18.703	105	3.621	
2	10.089	29	3.625	3.749
3	5.834	8	4	
4	2.368	2		
<b>TOTAL</b>	<b>36.776</b>	<b>135</b>		



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

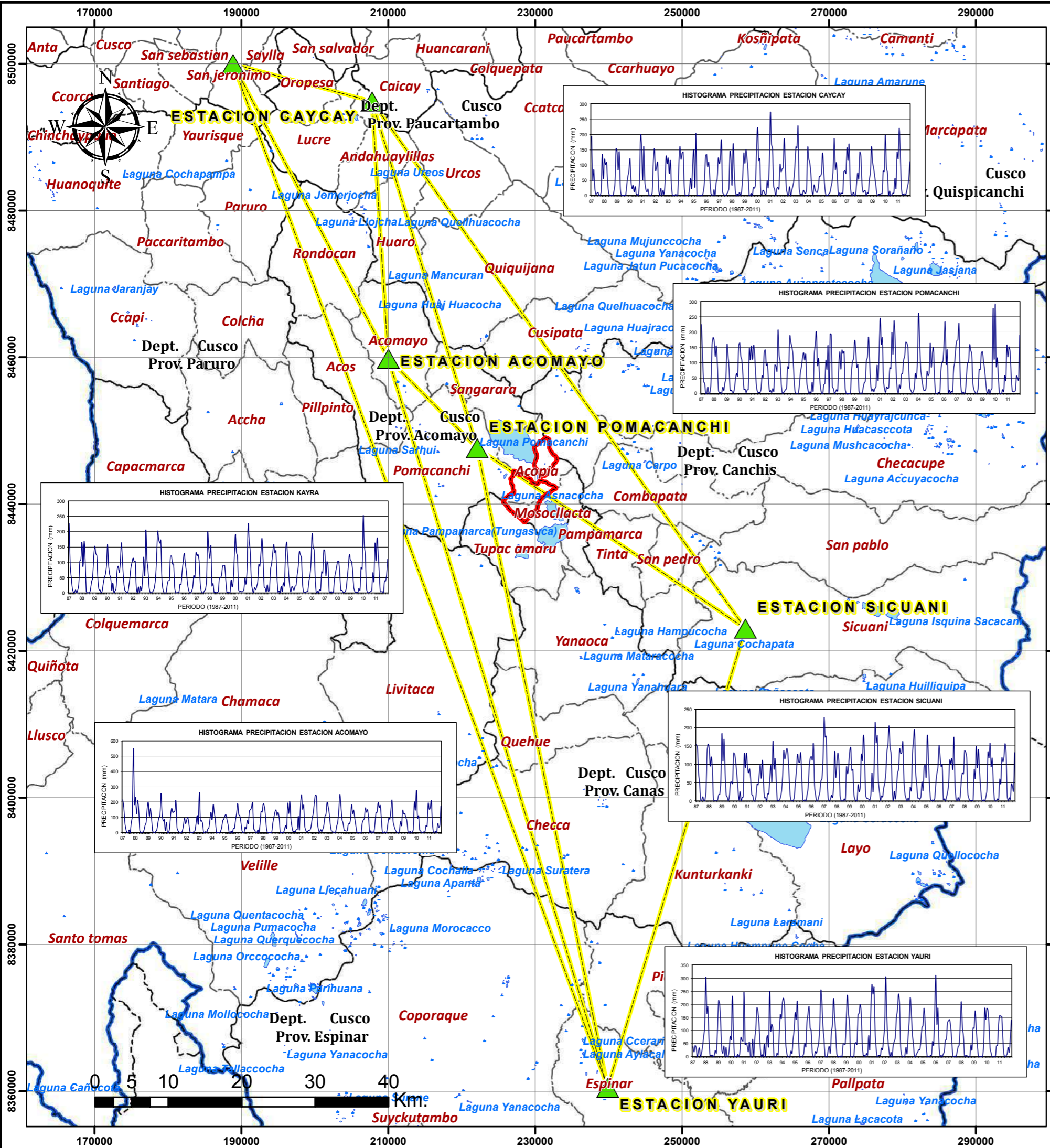


**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

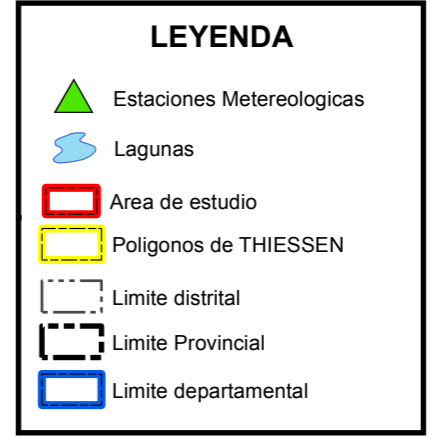
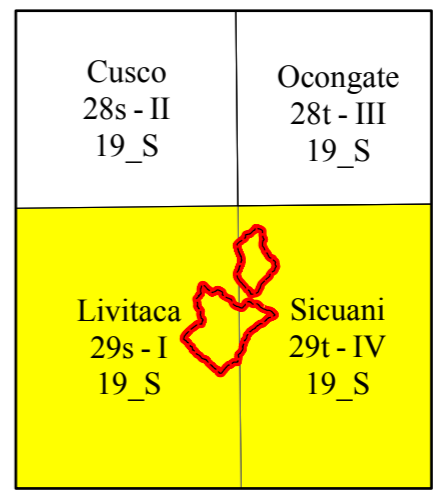
**MAPA:** RED DE DRENAJES DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISIKUNU

<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yepez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <b>15-B</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:20,000	
<b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ZONA :</b> 19 LS <b>PROYECCIÓN :</b> Universal Transverse Mercator (UTM) <b>DATUM :</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas <b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	





**HOJAS ADYACENTES**



NOMBRE DE LA ESTACION	DPTO.	PROV.	DISTR.	LATITUD SUR (°)	LONGITUD OESTE (°)	ALTITUD (msnm)	PERIODO
SICUANI	CUSCO	CANCHIS	SICUANI	14°15' 13"	71°14' 14"	3574	1987-2011
CAYCAY	CUSCO	PAUCARTAMBO	CAYCAY	13° 36' 1"	71° 42' 1"	3729	1987-2011
ACOMAYO	CUSCO	ACOMAYO	ACOMAYO	13° 55' 1"	71° 41' 1"	3360	1987-2011
POMACANCHI	CUSCO	ACOMAYO	POMACANCHI	14° 1' 41"	71° 34' 22"	3700	1987-2011
KAYRA	CUSCO	CUSCO	SAN JERONIMO	13° 46' 3"	71° 50' 41"	3219	1987-2011
YAURI	CUSCO	ESPINAR	ESPINAR	14° 49' 1"	71° 25' 1"	3927	1987-2011

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**

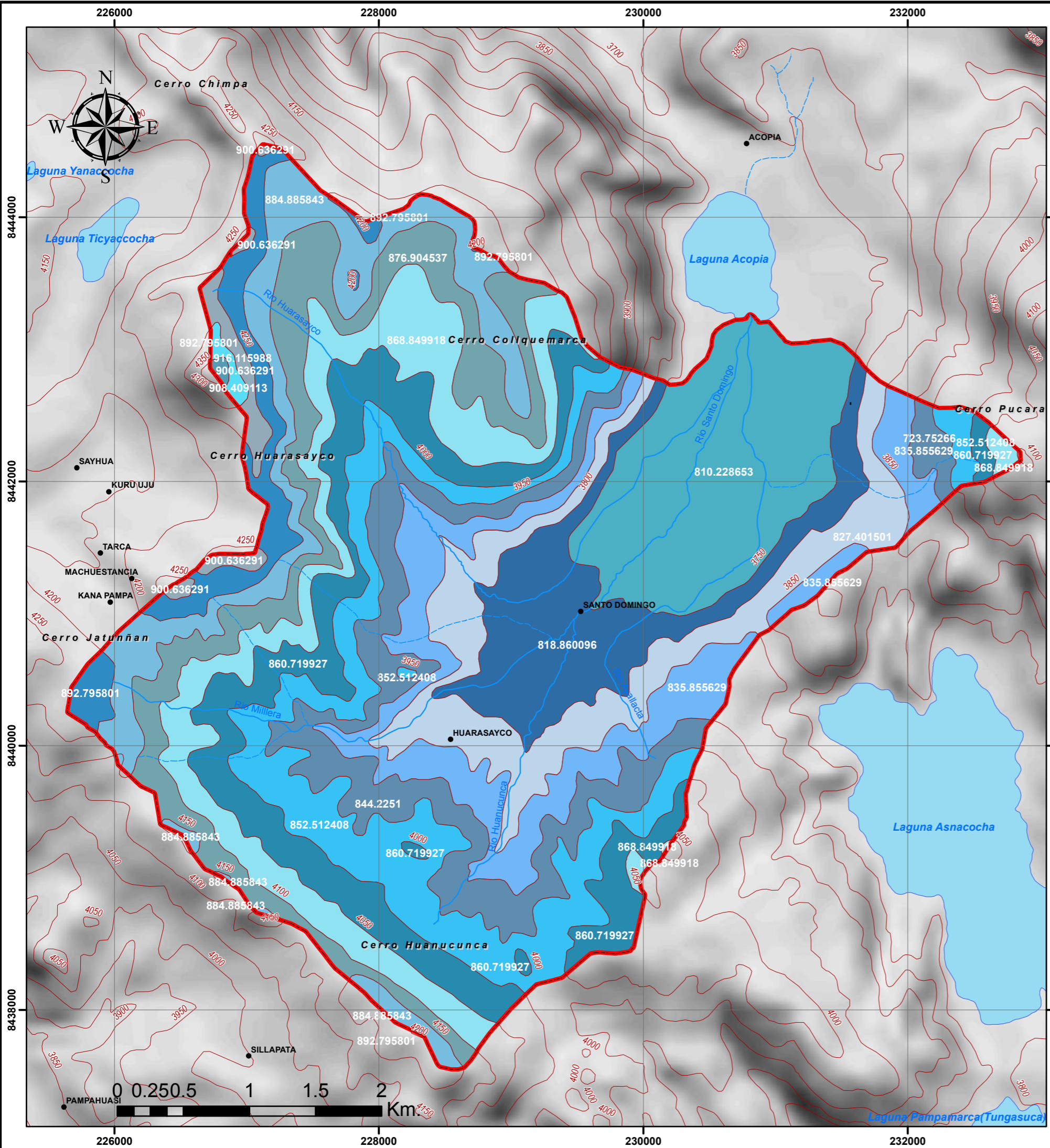
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y TRIANGULACION POR THIESSEN DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO - ACOPIA Y HUAYRACHAPI - MISKIUNU

<b>REGIÓN:</b> CUSCO <b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO <b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez <b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b> <h1 style="font-size: 48px; margin: 0;">16</h1>
<b>ZONA:</b> 19 LS <b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM) <b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM, SENAMHI Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas <b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:540,000	





**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



PP (mm) cada 50 m.	
Altura m.s.n.m.	PP Anual (mm)
3700 - 3750	810.2287
3750 - 3800	818.8601
3800 - 3850	827.4015
3850 - 3900	835.8556
3900 - 3950	844.2251
3950 - 4000	852.5124
4000 - 4050	860.7199
4050 - 4100	868.8499
4100 - 4150	876.9045
4150 - 4200	884.8858
4200 - 4250	892.7958
4250 - 4300	900.6363
4300 - 4350	908.4091
4350 - 4400	916.1160
<b>PROMEDIO</b>	<b>859.9937</b>

**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- Lagunas
- Area de estudio

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**

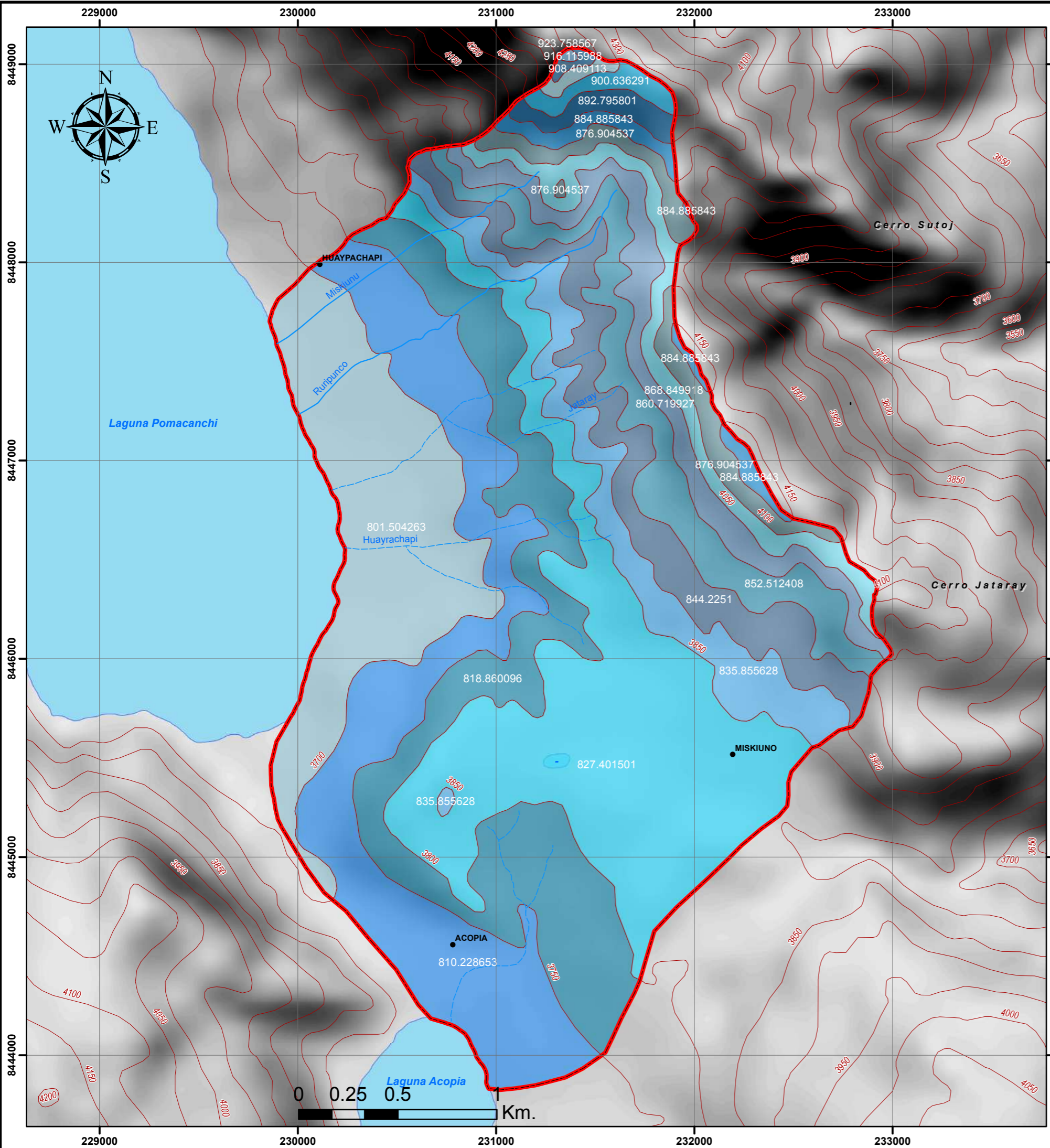
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO - ACOPIA Y HUAYRACHAPI - MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** ISOYETAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA

<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <b>17-A</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:30,000	
<b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ZONA:</b> 19 LS	<b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM)	
<b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM, SENAMHI Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas	<b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	





**HOJAS ADYACENTES**


Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



PP (mm) cada 50 m.	
Altura m.s.n.m.	PP Anual (mm)
3650 - 3700	801.5043
3700 - 3750	810.2287
3750 - 3800	818.8601
3800 - 3850	827.4015
3850 - 3900	835.8556
3900 - 3950	844.2251
3950 - 4000	852.5124
4000 - 4050	860.7199
4050 - 4100	868.8499
4100 - 4150	876.9045
4150 - 4200	884.8858
4200 - 4250	892.7958
4250 - 4300	900.6363
4300 - 4350	908.4091
4350 - 4400	916.1160
4400 - 4450	923.7586
<b>PROMEDIO</b>	<b>868.1440</b>


**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- Lagunas
- ▭ Area de estudio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

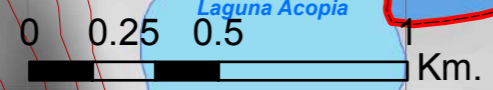


**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

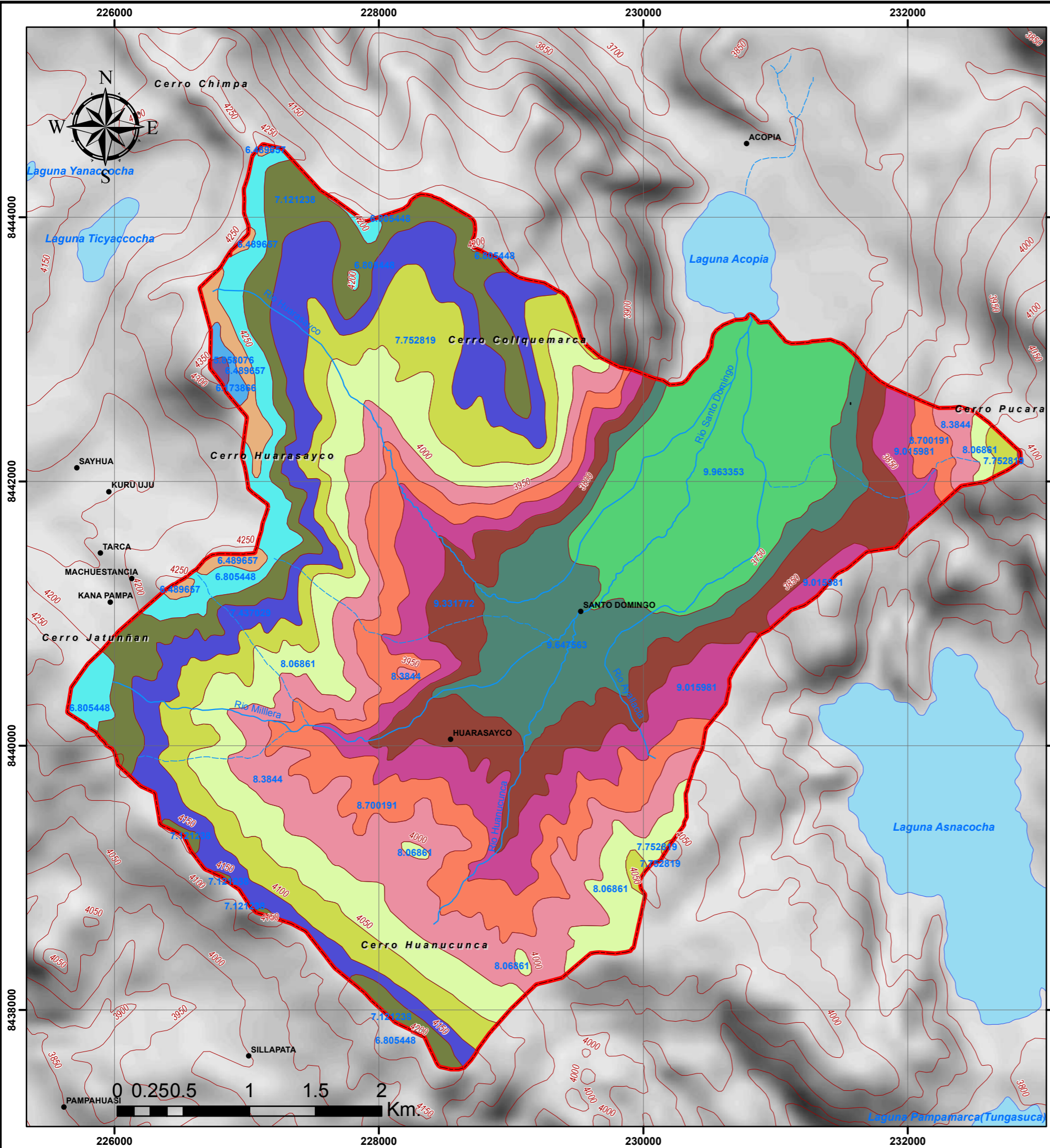
**MAPA:** ISOYETAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU

<b>REGIÓN:</b> CUSCO <b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO <b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz, Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez <b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019
<b>ZONA:</b> 19 LS <b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM) <b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM, SENAMHI Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas <b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	<b>PLANO:</b> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">17-B</div>

**ESCALA DE IMPRESIÓN:** 1:20,000








### HOJAS ADYACENTES

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



T° a cada 50 m.	
altura m.s.n.m.	T° Anual (°C)
3700 - 3750	9.9634
3750 - 3800	9.6476
3800 - 3850	9.3318
3850 - 3900	9.0160
3900 - 3950	8.7002
3950 - 4000	8.3844
4000 - 4050	8.0686
4050 - 4100	7.7528
4100 - 4150	7.4370
4150 - 4200	7.1212
4200 - 4250	6.8054
4250 - 4300	6.4897
4300 - 4350	6.1739
4350 - 4400	5.8581
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.0686</b>

LEYENDA	
●	Centros poblados
—	Río
- - -	Quebrada
~	Curvas de nivel
☁	Lagunas
□	Area de estudio



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

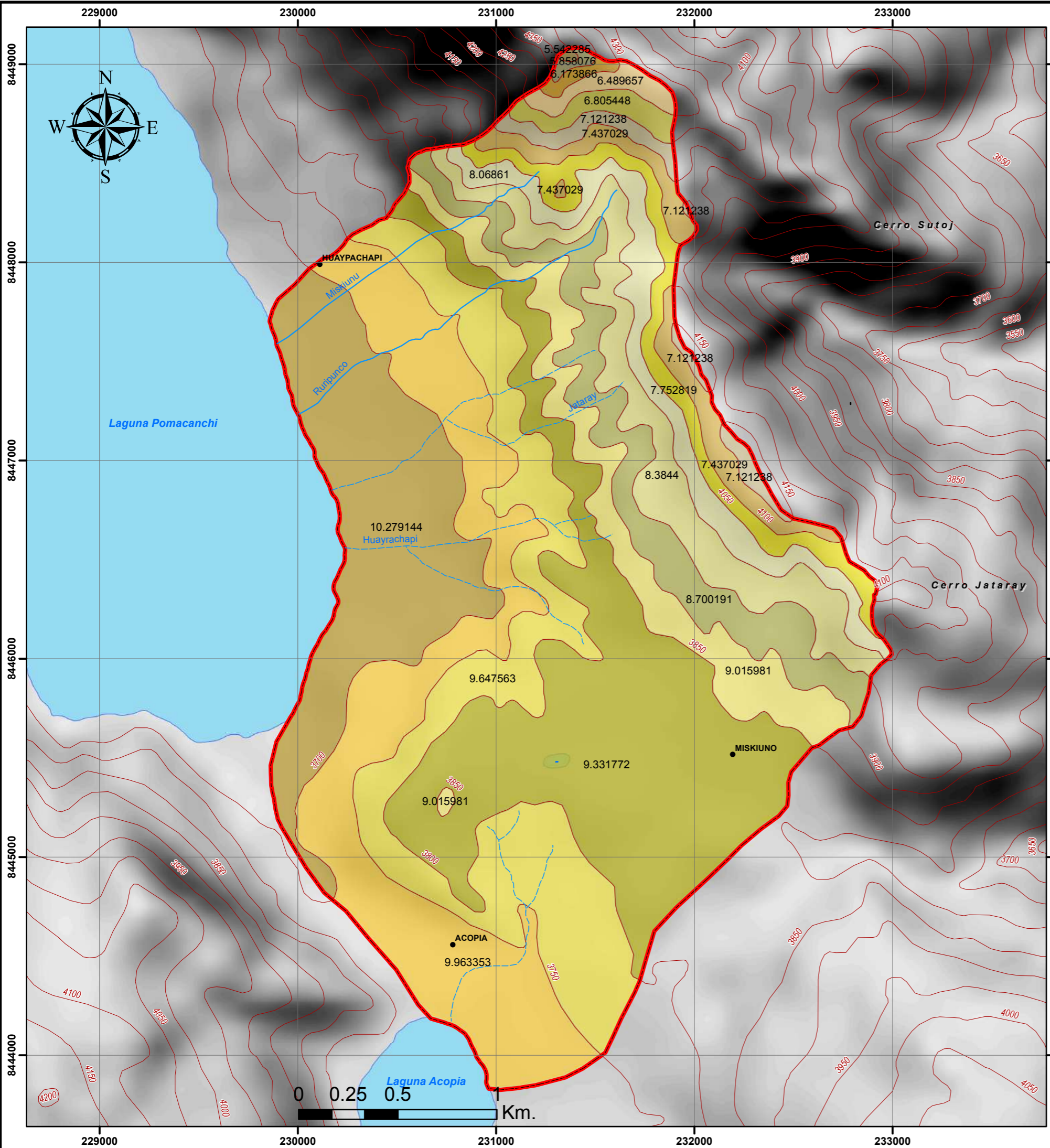
### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO - ACOPIA Y HUAYRACHAPI - MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** ISOTERMAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA

<b>REGIÓN:</b> CUSCO <b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO <b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez <b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019
<b>ZONA:</b> 19 LS <b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM) <b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM, SENAMHI Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas <b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	<b>PLANO:</b> <h1 style="font-size: 2em; color: black;">18-A</h1> <b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:30,000





**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



T° a cada 50 m.	
altura m.s.n.m.	T° Anual (°C)
3650 - 3700	10.2791
3700 - 3750	9.9634
3750 - 3800	9.6476
3800 - 3850	9.3318
3850 - 3900	9.0160
3900 - 3950	8.7002
3950 - 4000	8.3844
4000 - 4050	8.0686
4050 - 4100	7.7528
4100 - 4150	7.4370
4150 - 4200	7.1212
4200 - 4250	6.8054
4250 - 4300	6.4897
4300 - 4350	6.1739
4350 - 4400	5.8581
4400 - 4450	5.5423
<b>PROMEDIO</b>	<b>7.7528</b>

**LEYENDA**

- Centros poblados
- Río
- - - Quebrada
- ~ Curvas de nivel
- Lagunas
- Area de estudio

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**

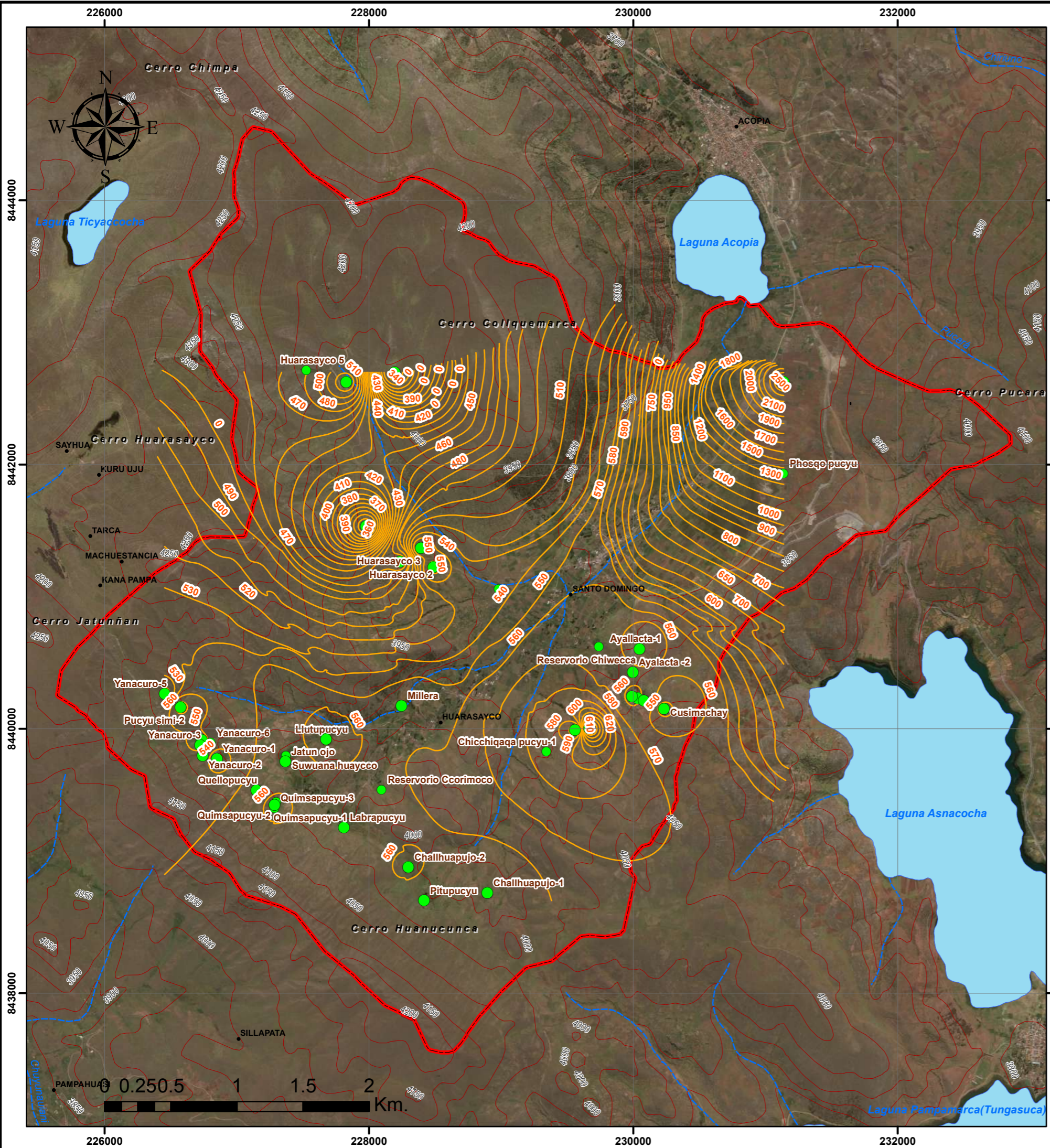
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** ISOTERMAS DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKIUNU

<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <b>18-B</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:20,000	
<b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ZONA:</b> 19 LS	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM, SENAMHI Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas	
<b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)	<b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.		






**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S

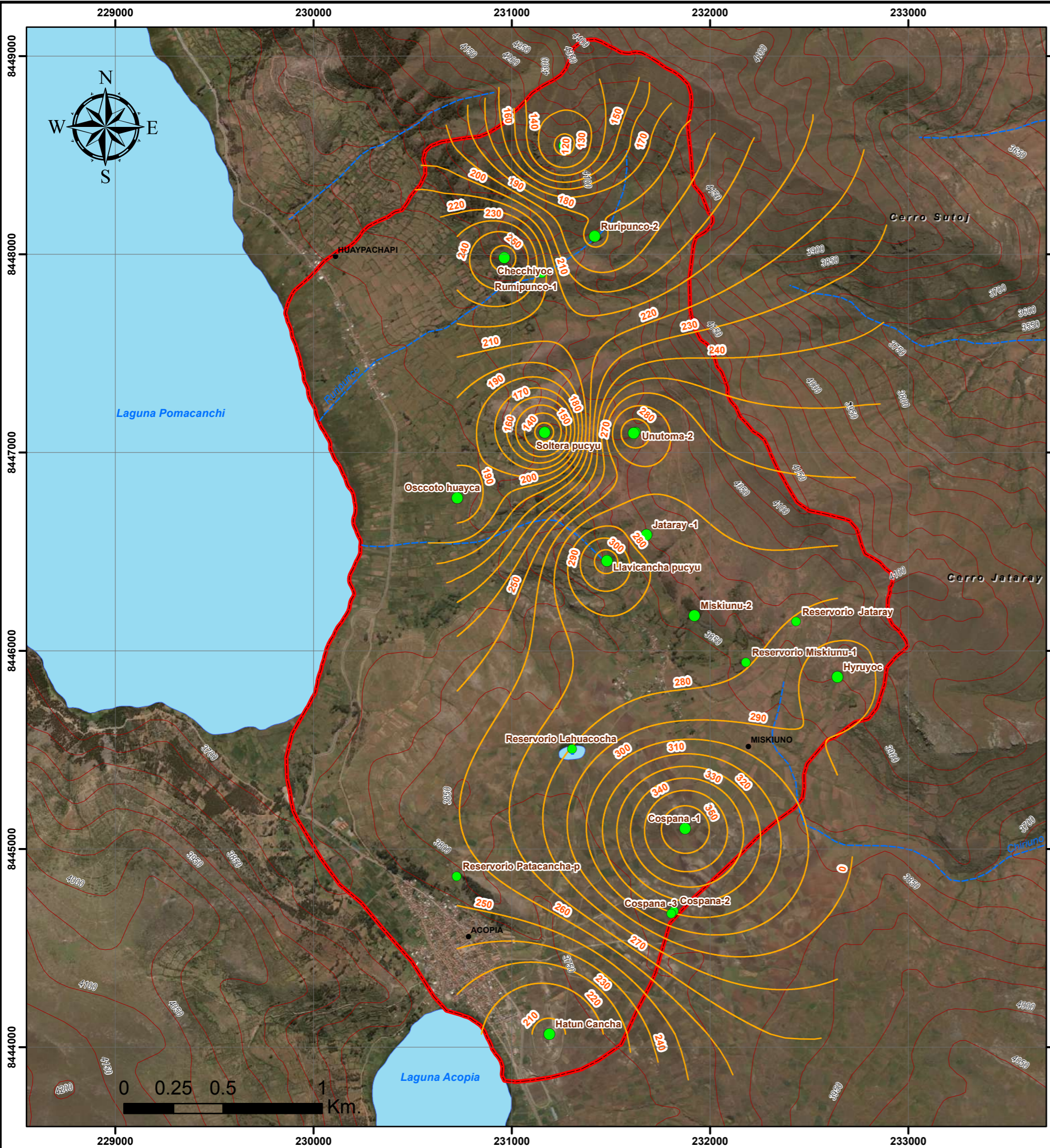


**LEYENDA**

- Centros poblados
- Puntos muestreo hidroquimico (Manantes)
- Quebrada
- Río
- Curvas de nivel Topográfico
- Curvas isovalores Conductividad Electrica
- Area de estudio
- Lagunas

 <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO</b></p> <p><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</b></p>			
<p><b>TESIS: "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".</b></p>			
<p><b>MAPA: CONDUCTIVIDADES ELECTRICAS DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA</b></p>			
<p><b>REGIÓN:</b> CUSCO</p> <p><b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO</p> <p><b>DISTRITO:</b> ACOPIA</p>	<p><b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez</p> <p><b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba</p>	<p><b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019</p>	<p><b>PLANO:</b>  <b>19-A</b></p>
<p><b>ZONA :</b> 19 LS</p> <p><b>PROYECCIÓN :</b> Universal Transverse Mercator (UTM)</p> <p><b>DATUM :</b> World Geodesic System (WGS 84)</p>	<p><b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas</p> <p><b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.</p>	<p><b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:30,000</p>	






**HOJAS ADYACENTES**

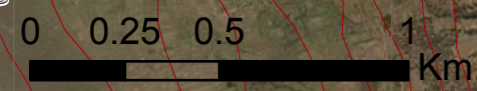
Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Puntos muestreo hidroquimico (Manantes)
- Quebrada
- Río
- Curvas de nivel Topográfico
- Curvas isovalores Conductividad Electrica
- Area de estudio
- Lagunas

 <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO</b></p> <p><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</b></p>			
<p><b>TESIS: "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".</b></p>			
<p><b>MAPA: CONDUCTIVIDADES HUAYRACHAPI - MISKIUNU</b></p>			
<p><b>REGIÓN:</b> CUSCO</p> <p><b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO</p> <p><b>DISTRITO:</b> ACOPIA</p>	<p><b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez</p> <p><b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba</p>	<p><b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019</p>	<p><b>PLANO:</b> <b>19-B</b></p>
<p><b>ZONA:</b> 19 LS</p> <p><b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM)</p> <p><b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)</p>	<p><b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Tesisistas</p> <p><b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.</p>	<p><b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:20,000</p>	








**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S

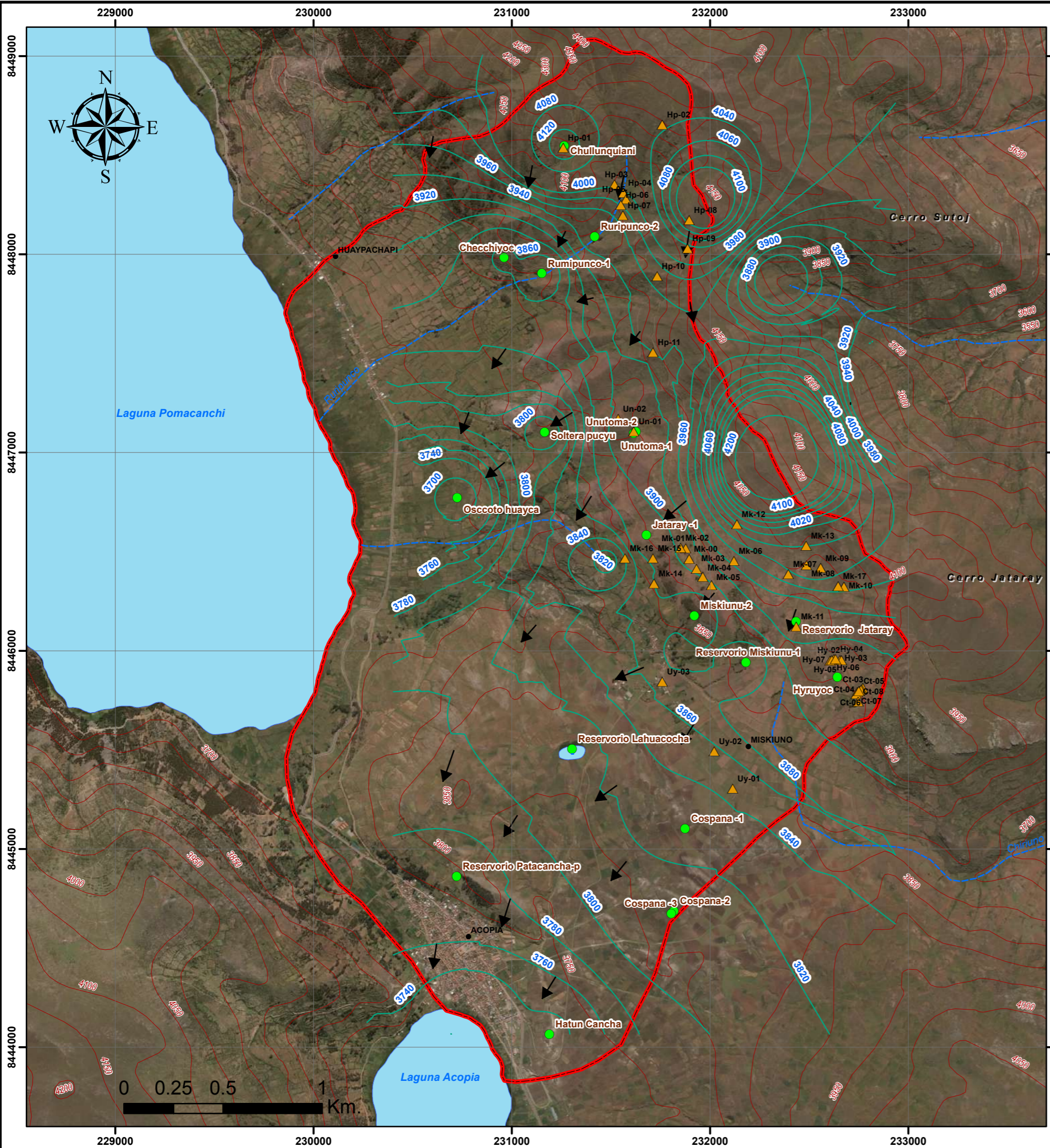


**LEYENDA**

- Centros poblados
- ▲ Puntos Geofisica (SEV)
- Puntos de nivel de agua (Manantes)
- Quebrada
- Río
- Curvas\_estudio
- Direcciones de flujo de nivel de agua
- ~ Curvas de isovalores de nivel de agua
- Area de estudio

 <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO</b></p> <p><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</b></p>			
<p><b>TESIS: "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".</b></p>			
<p><b>MAPA: FLUJOS DE NIVEL AGUA DE LA MICROCUENCA SANTO DOMINGO - ACOPIA</b></p>			
<p><b>REGIÓN:</b> CUSCO</p> <p><b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO</p> <p><b>DISTRITO:</b> ACOPIA</p>	<p><b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yopez</p> <p><b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba</p>	<p><b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019</p>	<p><b>PLANO:</b> <b>20-A</b></p>
<p><b>ZONA :</b> 19 LS</p> <p><b>PROYECCIÓN :</b> Universal Transverse Mercator (UTM)</p> <p><b>DATUM :</b> World Geodesic System (WGS 84)</p>	<p><b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas</p> <p><b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.</p>	<p><b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:30,000</p>	






**HOJAS ADYACENTES**

Cusco 28s - II 19_S	Ocongate 28t - III 19_S
Livitaca 29s - I 19_S	Sicuani 29t - IV 19_S



**LEYENDA**

- Centros poblados
- ▲ Puntos Geofisica (SEV)
- Puntos de nivel de agua (Manantes)
- Quebrada
- Río
- Curvas\_estudio
- ➔ Direcciones de flujo de nivel de agua
- ~ Curvas de isovalores de nivel de agua
- ▭ Area de estudio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

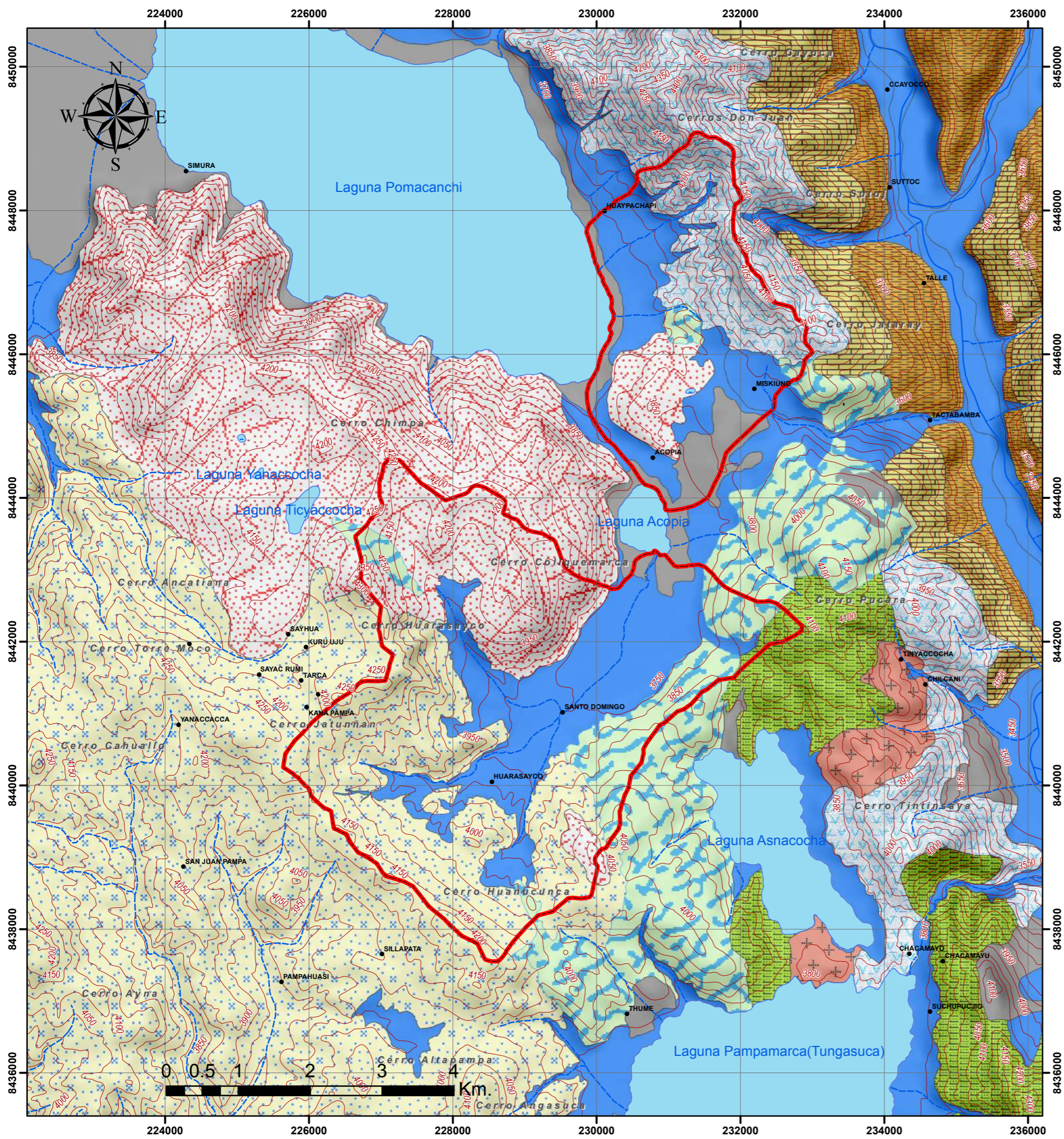
**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** FLUJOS DE NIVEL AGUA DE LA MICROCUENCA HUAYRACHAPI - MISKUNU

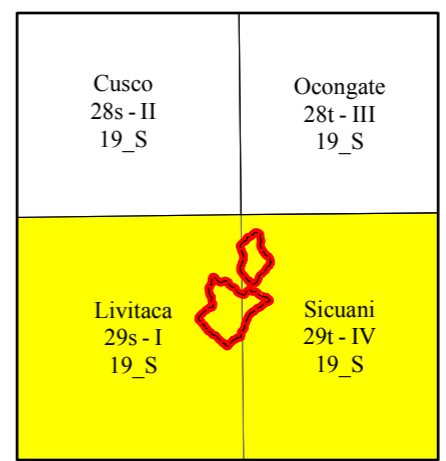
<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yezpez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <b>20-B</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:20,000	
<b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>FUENTE:</b> Cartas Nacionales IGN 1:100 000. Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Testistas	<b>OBSERVACIÓN:</b> Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.	

**DATUM:** World Geodesic System (WGS 84)





### HOJAS ADYACENTES



### LEYENDA

- Unidades Hidrogeológicas**
- Acuífero Fisurado Karstico Arcuquina
  - Acuífero Fisurado Sedimentario Anta
  - Acuífero Karstico Copacabana?
  - Acuífero Volcanosedimentario Mitu
  - Acuífero fisurado Intrusivo Diorítico
  - Acuífero poroso aluvial no consolidado
  - Acuitardo Intrusivo Cuarzo - Diorita
  - Acuitardo Sedimentario Ananea
  - Acuitardo Sedimentario Murco
  - Acuitardo lacustre no consolidado

### SIMBOLOGIA

- Centros poblados
- Río
- Quebrada
- Curvas de nivel
- Lagunas
- Área de estudio



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**TESIS:** "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO – ACOPIA Y HUAYRACHAPI – MISKIUNU, EN EL DISTRITO DE ACOPIA, ACOMAYO, CUSCO - 2019".

**MAPA:** HIDROGEOLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS SANTO DOMINGO - ACOPIA Y HUAYRACHAPI - MISKIUNU

<b>REGIÓN:</b> CUSCO	<b>ELABORACIÓN:</b> Bach. Carlos Quillahuaman Muñoz Bach. Kristell Alexandra Calderon Yepez	<b>FECHA:</b> CUSCO, DICIEMBRE - 2019	<b>PLANO:</b>  <b>21</b>
<b>PROVINCIA:</b> ACOMAYO	<b>ASESOR:</b> Mgt. Ing. Juan Carlos Ascue Cuba	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:55,000	
<b>DISTRITO:</b> ACOPIA	<b>ZONA:</b> 19 LS	<b>PROYECCIÓN:</b> Universal Transverse Mercator (UTM)	<b>DATUM:</b> World Geodesic System (WGS 84)

**FUENTE:** Cartas Nacionales IGN 1:100 000.  
**IMAGEN:** Imagen Satelital Sasplanet, INEI, MINAM  
**OBSERVACIÓN:** Datos de Campo Procesado y Diseñado por los Tesisistas  
Los límites políticos y administrativos son límites referenciales.