

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica



**“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL
POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST.
SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”**

Tesis presentada por:

Br. APAZA ROJAS ROSS MERY

Br. HUAMÁN QUISPE OSCAR

**Para optar el título profesional de
Ingeniero geólogo**

Asesor:

Ing. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS

CUSCO – PERU

2020

“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG.
CUSCO – 2019”

INDICE

RESUMEN	XIII
CAPITULO I:	1
GENERALIDADES	1
1.1 UBICACIÓN	1
1.2 ACCESIBILIDAD	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA:	3
1.3.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.	4
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 OBJETIVOS GENERALES	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
1.5 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN	5
1.6 HIPOTESIS.....	5
1.7 VARIABLES DE INVESTIGACION	5
1.7.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	6
1.7.2 VARIABLES DEPENDIENTES	6
1.8 METODOLOGÍA DE TRABAJO	6
1.8.1 FASES DE ELABORACIÓN DEL ESTUDIO.....	6
1.9 ANTECEDENTES	9
1.10 MATERIALES Y EQUIPOS	9
10.10.1 MATERIALES	9
CAPITULO II	11
MARCO TEORICO.	11
2.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS	11
2.1.1 CRITERIOS PARA CLASIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS:	11
2.1.2 SISTEMA DE CODIFICACIÓN PFAFSTETTER.....	14
2.1.3 PARÁMETROS FISIAGRÁFICOS O GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA.....	17
2.2 CLIMA	17
2.2.1 PARÁMETROS CLIMÁTICOS.....	18
2.3. GEOMORFOLOGÍA.....	19
2.3.1 MAPA GEOMORFOLÓGICO	19

“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG.
CUSCO – 2019”

2.3.2 PENDIENTES:	20
2.4. GEOLOGÍA	20
2.4.1 FORMACIÓN GEOLÓGICA.....	21
2.5 HIDROLOGÍA.....	21
2.5.1 EL CICLO HIDROLÓGICO	22
2.5.2 OFERTA HIDRICA GENERADA	22
2.6 HIDROGEOLOGÍA.....	23
CAPITULO III	25
GEOMORFOLOGIA.....	25
3.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL.....	25
3.2 GEOMORFOLOGIA LOCAL	26
3.2.1 UNIDADES GEOMORFOLOGICAS.....	26
3.2.1.1 MONTAÑAS BAJAS	26
3.2.1.2 TERRAZAS.....	27
3.2.1.3 CONOS ALUVIALES	28
3.2.1.4 VERTIENTE DE LADERA.....	29
2.2 MAPA PENDIENTES	31
3.2.1.1 LIGERAMENTE INCLINADA	32
3.2.2.2 FUERTEMENTE INCLINADA	32
3.2.2.3 MODERADAMENTE EMPINADA	32
3.2.2.4 EMPINADA	32
3.2.2.5 FUERTEMENTE EMPINADA	33
CAPITULO IV	35
GEOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA	35
4.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	35
4.2 GEOLOGÍA LOCAL.....	37
4.2.1 GRUPO YUNCAYPATA.....	39
4.2.1.1 FORMACION PUQUÍN	39
4.2.2 FORMACION QUILQUE.....	43
4.2.3 FORMACION CHILCA	44
4.2.4 GRUPO SAN JERONIMO	47
4.1.3 FORMACIÓN SAN SEBASTIAN	50

“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG.
CUSCO – 2019”

CAPITULO V.....	54
GEOLOGIA ESTRUCTURAL	54
5.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	54
5.1.1 FALLA TAMBOMACHAY.....	54
5.1.2 FALLA CUSCO.....	55
5.1.3 FALLA PARURO	55
5.1.4 LA FALLA SAN JUAN DE QUIHUARES.....	56
5.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....	57
5.2.1 FALLA MAYRASCO – HUASAMPATA.....	57
5.2.2 FALLA HUAMANCHARPA.....	58
5.2.3 FALLA LOCOMAYO	58
5.2.4 FALLA SAYACMACHAY.....	59
5.2.5 FALLA CHINCHAY.....	60
5.3 PLIEGUES.....	61
5.3. 1 ANTICLINAL DE PUQUIN.....	61
CAPITULO VI.....	65
HIDROLOGIA DE LA CUENCA CACHIMAYO.....	65
6.1 GENERALIDADES	65
6.2 PARÁMETROS HIDROMORFOMETRICAS DE LA CUENCA CACHIMAYO.....	66
6.3 CUANTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL BALANCE	69
6.3.1 PRECIPITACIÓN.....	69
6.3.2 TEMPERATURA.....	80
6.3.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	81
6.3.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL.....	82
6.3.5 ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	83
6.3.6 INFILTRACIÓN.....	84
6.4 BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA.....	85
CAPITULO VII	87
GEOFÍSICA	87
7.1 METODOLOGIA DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.....	87
7.1.1 PROSPECCION GEOFISICA	87
7.1.2. FUNCIONALIDADES Y EQUIPOS.....	88

“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG.
CUSCO – 2019”

7.2 MEDICION DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DELSUBSUELO: TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA.....	94
7.2.1 METODO UTILIZADO PARA LA PROSPECCION GEOELECTRICA EN EL EQUIPO DZD-6A-DUK-2A94	
DESCRIPCION DE LAS SECCIONES GEOFISICAS.....	98
ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA.....	98
SECCION GEOFISICA A – A`.....	98
SECCION GEOFISICA B – B`.....	101
SECCION GEOFISICA C – C`.....	103
CAPITULO VIII.....	112
HIDROGEOLOGIA.....	112
8.1 GENERALIDADES.....	112
8.1 PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS.....	112
8.1.1 POROSIDAD LAS FORMACIONES GEOLOGICAS.....	112
8.1.2 ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS.....	114
8.2 INVENTARIO DE FUENTES HÍDRICOS.....	122
8.2.1 CLASIFICACIÓN DE INVENTARIO DE MANANTES SEGUN CAUDALES.....	123
8.2.2 DISTRIBUCION DE INVENTARIO DE MANANTES POR QUEBRADA.....	124
8.2.3 DISTRIBUCION DE INVENTARIO DE MANANTES POR FORMACION GEOLOGICA.....	126
8.2.4 CLASIFICACION DE LOS MANANTES POR EL CONTROL ESTRUCTURAL.....	126
8.3 CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICAS DE LAS FORMACIONES GEOLOGICAS.....	130
8.3.1 UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.....	130
ACUÍFEROS FISURADOS EN ROCAS SEDIMENTARIAS.....	130
ACUÍFEROS POROSOS NO CONSOLIDADOS EN DEPÓSITOS CUATERNARIOS.....	131
ACUÍFEROS POBRES EN ROCAS SEDIMENTARIAS.....	132
8.3.1.2 ACUITARDOS.....	132
ACUITARDOS SEDIMENTARIOS.....	132
8.4 ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA.....	135
8.4.1 ZONAS DE RECARGA.....	135
8.4.1 ZONAS DE DESCARGA.....	136
8.5 HIDROGEOQUÍMICA.....	138
8.5.1 GENERALIDADES.....	138
8.5.2 HIDROGEOQUIMICA DE LA CUENCA CACHIMAYO.....	140
8.5.3 EQUIVALENTE QUIMICO.....	141

“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG.
CUSCO – 2019”

8.5.4 CLASIFICACION DE AGUAS POR CONTENIDO DE IONES DOMINANTES.....	143
8.5.5 DIAGRAMAS LOGARITMICAS DE POTABILIDAD	143
8.5.5 DISCUSION	145
CONCLUSIONES.....	147
RECOMENDACIONES.....	150
BIBLIOGRAFIA.....	151
ANEXOS	155
ANEXO 1: ENSAYOS DE PERMEABILIDAD.....	156
FICHA DE INVENTARIO DE MANANTES.....	164
ANEXO 2: FICHA DE INVENTARIO DE MANANTES MARGEN IZQUIRDA.....	164

“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG.
CUSCO – 2019”

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. CLASIFICACIÓN DE LAS FALLAS BASADAS EN EL SALTO	21
Cuadro 2. Parámetros de forma de la cuenca Cachimayo. Elaboración: propio	66
Cuadro 3. Unidades Hidrográficas y rango.	68
Cuadro 4. Coeficiente para generación de precipitación en la Cuenca Cachimayo.	75
Cuadro 5. Precipitación media mensual de la Cuenca de Cachimayo. Elaboración: propio	77
Cuadro 6. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL - VS - ELEVACION	80
Cuadro 7. TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL - VS - ELEVACION	80
Cuadro 8. TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL - VS - ELEVACION	80
Cuadro 9. Rango de resistividades para rocas y minerales existentes en el subsuelo	97
Cuadro 10. Valores de porosidad de las rocas.	114
Cuadro 11. Tabla convencional de permeabilidad según Benitez (1963)	115
Cuadro 12. Resumen de prueba de permeabilidad de la Fm. Puquín.	116
Cuadro 13. Resumen de pruebas de permeabilidad Fm Quilque	118
Cuadro 14. Resumen de prueba de permeabilidad de la Fm. Chilca.	119
Cuadro 15. Resumen de prueba de permeabilidad 1 en la formación Kayra.	120
Cuadro 16. Ubicación de la permeabilidad 1 en la formación Kayra.	120
Cuadro 17. Clasificación de manantes por caudal.	124
Cuadro 18. Distribución de los manantes por quebradas	125
Cuadro 19. Distribución de los manantes por formaciones geológicas.	126
Cuadro 20. Inventario de manantes de la cuenca Cachimayo margen Izquierda	128
Cuadro 21. Inventario de manantes de la cuenca Cachimayo margen derecha	129
Cuadro 22. Resultado de análisis químico de las muestras	141
Cuadro 23. Equivalentes químicos de cationes y aniones	142
Cuadro 24. Composición química de los afloros en unidades absolutas.	142
Cuadro 25. Clasificación iónica de afloros y familia de aguas	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Vías de Acceso a la Cuenca Cachimayo.	3
Tabla 2. Distribución de la pendiente presente en la cuenca de Cachimayo.	31
Tabla 3. UBICACION DE ESTACIONES METEREOLÓGICAS	69
Tabla 4. Tabla de coeficiente para determinar la profundidad media de investigación (zc) para dos de los principales dispositivos. Wenner y Dipolo-Dipolo.	97
Tabla 5. Ubicación de los ensayos de tomografía eléctrica	98

“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG.
CUSCO – 2019”

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación política de la cuenca de Cachimayo.	1
Figura 2. Unidades geomorfológicas regionales y Ubicación del área de estudio. Tomado de Carlotto et al. (2010).	25
Figura 3. Porcentaje de área de las pendientes en la cuenca Cachimayo. Elaboración: propio.	31
Figura 4. Estratigrafía de los dominios morfoestructurales regionales. Fuente: Carlotto et al. 2011	35
Figura 5. Columna Estratigráfica generalizada de la cuenca de Cachimayo Modificado de Carlotto et al. (2010).	37
Figura 6. Imagen Satelital de la Falla de Mayrasco - Huasampata	57
Figura 7. Serie histórica de precipitaciones promedios anuales de la Estación Kayra.	71
Figura 8. Análisis de doble masa- Estación Kayra	71
Figura 9. Análisis de Consistencia de la Media de la Estación Kayra	72
Figura 10. Consistencia de la Desviación Estándar de la Estación Kayra.	73
Figura 11. Tendencia en la desviación estándar - Estación Kayra.	74
Figura 12. Completación y Extensión de datos por el método recta de regresión simple - Estación Kayra. Elaboración: propio	75
Figura 13. Precipitación media mensual de la Cuenca de Cachimayo. Elaboración: propio	76
Figura 14. Temperatura media de la Cuenca Cachimayo.	81
Figura 15. Diagrama de flujo para el funcionamiento del equipo. Tomado de Berrios et al, 2018.	89
Figura 16. Método de prospección geoelectrica con el equipo DZD-6A, DUK-2A. Tomado de Berrios 2018.	93
Figura 17 Inducción y combinación de los electrodos por el método de Wenner.	95
Figura 18. Ciclo hidro geoquímico (Escuder et al., 2009).	139

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Montañas bajas, la cual se ubica generalmente en la Comunidad de Huasampata y Mayrasco. Foto tomada con vista hacia el SW.	27
Foto 2. Presencia de terrazas en el centro poblado de Mayrasco.	28
Foto 3. Presencia de terrazas y conos aluviales en el centro poblado de Mayrasco.	29
Foto 4. Vertiente de laderas con pendientes muy empinados.	29
Foto 5. Vista panorámica de las formaciones geológicas de la cuenca Cachimayo (A) donde en la foto B se delimitan dichas formaciones.	38
Foto 6. Laminaciones de Yeso del miembro M1 de la formación Puquín.	40
Foto 7. Lutitas rojas y verdes del miembro M2 de la formación Puquín.	40
Foto 8. En la foto 8-A se observa areniscas del miembro M3. En la foto 8-B se observa una vista panorámica del miembro M1, M2 y M3 de la formación Puquín.	41
Foto 9. Presencia de costras calcáreas de la formación Quilque	43
Foto 10. Areniscas de la Formación Quilque. A la derecha se observa un afloramiento con azimut N170° y un buzamiento de 68° SW	44
Foto 11. Afloramiento de lutitas de la formación geológica Chilca, con Azimut de N167° y un Buzamiento de 35° SW.	45
Foto 12. En la foto 12-A se observa Afloramiento de la formación Kayra ubicada al sur de la cuenca Cachimayo (flanco derecho del anticlinal Puquín), con buzamientos de 55NE, foto tomada con dirección sur. En la foto 12-B se observa Presencia de areniscas de la formación Kayra con azimut N155° y buzamiento 75° SW.	48
Foto 13. Presencia de diatomitas y calcáreas de color blanquecina de la formación San Sebastián, foto tomada con dirección hacia el sur.	50

**“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG.
CUSCO – 2019”**

<i>Foto 14. A Cauce del rio Cachimayo donde se aprecia el depósito Fluvial. B Bancos de Gravas con matriz de arena.</i>	51
<i>Foto 15. Deposito de Cono Aluvial donde está asentada la población de Mayrasco.</i>	52
<i>Foto 16. Escarpa de la Falla Huamancharpa. Foto tomada con vista hacia noreste</i>	58
<i>Foto 17. Presencia de las fallas Sayacmachay y Locomayo</i>	59
<i>Foto 18. Presencia de micro fallas. Donde se observa claramente el movimiento de tipo Dextral. Vista hacia el sur.</i>	60
<i>Foto 19. Anticlinal de Puquín, donde el núcleo está constituido por la formación Puquín y los flancos por la Formaciones Quilque y Chilca.</i>	62
<i>Foto 20. Núcleo del anticlinal de Puquín. A la derecha se observa la interpretación de la estructura.</i>	62
<i>Foto 21. Equipo de trabajo y los Equipos de la prospección geo eléctrica.</i>	91
<i>Foto 22. Equipo de modelo DZD-6A con funcionalidades para hallar SEV</i>	92
<i>Foto 23. Observa A la izquierda Equipo Para Tomografía Geoeléctrica de 60 Multicanales, a la derecha se observa ambos equipos DZD-6A y DUK-2A con la batería de 12V- 45V-90V</i>	93
<i>Foto 24. Se observa la instalación de los equipos. en la fotografía derecha se muestra la instalación de los 60 electrodos de combinación, la fotografía de la izquierda se ve todo el equipo de prospección geoeléctrica.</i>	95
<i>Foto 25. Presencia de bofedales en la Zona de recarga 1</i>	99
<i>Foto 26. Foto de la realización de la prueba de permeabilidad en la formación Puquín</i>	117
<i>Foto 27. Prueba de permeabilidad en la formación Quillque.</i>	119
<i>Foto 28. la Prueba de permeabilidad de la formación chilca. ubicado al SW de la cuenca Cachimayo.</i>	119
<i>Foto 29. Realización de la prueba de permeabilidad en la formación Kayra.</i>	121
<i>Foto 30. Inventariado de los manantes y su caudal respectivo en distintos puntos de la zona de estudio.</i>	122
<i>Foto 31. Zona de recarga del cerro Acuñaíray.</i>	135
<i>Foto 32. Las Zonas de recarga de los acuíferos en las dos quebradas Locomayo y Huamancharpa</i>	136
<i>Foto 33. Toma de muestra para el análisis químico.</i>	141

AGRADECIMIENTO

En estas líneas queremos agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron con nosotros en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes.

A nuestro asesor y docentes, por todos los consejos brindados, por compartir horas y horas de aprendizaje.

No podemos dejar de agradecer a los compañeros: Reynaldo, Uriel, Edwin, Ray, Russel, Elisabeth, Leidy y Walter por su apoyo en el trabajo de campo de esta investigación, gracias por todo su apoyo.

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la vida y estar siempre conmigo, guiándome en mí camino.

A mis Padres. El esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación, el amor que invierten sus padres en sus hijos. Por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional Gracias a mis padres son quien soy. A mi padre por ser mi mejor amigo, consejero y ejemplo a seguir orgullosamente y con la cara muy en alto agradezco a Francisco Apaza Chalco y A mi madre por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones a Soledad Rojas Cruz. Mi mayor inspiración, gracias a mis padres he concluido con una de mis metas.

A mis hermanos por llenarme de alegría día tras día, por todos los consejos brindados, por las peleas, los gritos y herir mi cuerpo de puro amor. Nestor, Aydeé y Franco. Y para ti mi sobrino querido Frank Yeremi. Y mis amigos incondicionales.

En el camino encuentras personas que iluminan tu vida, que con su apoyo alcanzas de mejor manera tus metas, a través de sus consejos, tu amor, y paciencia me ayudo a concluir esta meta para ti Reynaldo Quispe Huahuaccapa.

Atte. Ross Mery Apaza Rojas

DEDICATORIA

¡Que nadie se quede afuera, se los dedico a todos!

Sobre todo, a ese ser de luz que hace que mis días sean maravillosos, mi madre Tomasa, por ayudarme a crecer como ser humano, por confiar, pero sobre todo gracias por estar ahí siempre conmigo. Como olvidarme de mi padre Martin que con su Sencillez y humildad me inculco muchos valores. Siempre comentare esta frase: “Hoy por hoy, gracias a mis padres soy lo que soy”

El trabajo realizado lo dedico también con mucho cariño para mis hermanos(as), Alipio, Marcelina, Catalina, Celia y Erika; a mis cuñados Francisco y Mario y a mis sobrinos(as) que han sido el apoyo fundamental para lograr los objetivos propuestos, ya que, con su ejemplo y amor profundo, me encaminaron a seguir con la carrera profesional, siempre me dieron esperanzas y tuvieron fe en mí.

Por último, agradecer a todos mis amigos que estuvieron en todo el camino de mi carrera, en especial a mis amigos del código Soul Stone, gracias a su apoyo moral me permitió permanecer con empeño, dedicación y cariño contribuyeron con un granito de arena para culminar con éxito la meta propuesta.

Atte. Oscar Huamán Quispe

RESUMEN

El presente trabajo de investigación es el “ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019” se realizó en el ámbito del Distrito de Santiago, Provincia de Cusco, de la Región de Cusco, con el propósito de realizar el estudio hidrogeológico de la cuenca de Cachimayo, para identificar el potencial hídrico, para su posterior aprovechamiento en el uso para el consumo humano, agricultura y ganadería de la zona, asimismo servirá como herramienta de consulta para iniciar futuros proyectos de zonificación ecológico, económico y de abastecimiento de agua en la comunidades integrantes de la cuenca de Cachimayo.

La cuenca de Cachimayo se encuentra al Sur-Oeste de la Ciudad del Cusco, situado en las comunidades campesinas de Mayrasco, Huamancharpa y Huasampata, tiene un área de 7.26 km² y un perímetro de 11.85 km, en la cual se puede mencionar dos quebradas principales Mayrasco y Huamancharpa, las coordenadas UTM de la zona de estudio es de 824560E y 8497000N y tiene una altitud de 3788 msnm.

Los objetivos a considerar en este trabajo son: Determinar las características hidrológicas, Determinar el balance hídrico, Identificar y delimitar las unidades geológicas, geomorfológicas y estructurales, Identificar y delimitar las unidades hidrogeológicas, a través de inventario de manantes, hidro-química, permeabilidades, etc. Identificar zonas de recarga y descarga de aguas subterráneas existentes en la cuenca Cachimayo.

La cuenca del río Cachimayo tiene una codificación de 4994969. La precipitación media mensual es de 773.55 mm/año y. La temperatura media mensual de la cuenca Cachimayo es de 7.95 °C, en tanto la temperatura máxima es de 17.45 °C y por último la temperatura mínima es de -1.78 °C. Además, la evapotranspiración real es de 440.74 mm/año, Escorrentía superficial es de 305.50 mm/año e infiltración es de 65.07 mm/año por ende El balance hídrico entre los aportes y pérdidas de agua, en toda la cuenca hidrogeológica es de 92.76 mm, que es el valor de las aguas almacenada en los acuíferos.

Mediante el uso del análisis e interpretación de pendiente y Geomorfológica, en la cuenca Cachimayo se determinó que en la zona de estudio predomina la vertiente de laderas con pendientes muy accidentados, con pendientes que varían entre el 25 – 50 %, la cual abarca la mayor cantidad del área de estudio. Con porcentaje considerables de área, también se puede mencionar a las montañas bajas con pendientes que varían entre el 8 – 75 %. Por último, se puede mencionar a los conos aluviales y las terrazas, con pendientes que varían entre el 4 – 15 % que están ubicadas en la parte baja de la cuenca.

La geología local de la cuenca está conformada por la formación Puquín (en el núcleo del anticlinal de Puquín), Quilque, Chilca, Kayra, San Sebastián, y Deposito coluvial y aluvial. En la geología estructural se identificó el anticlinal de Puquín, sistema de fallas locales de

“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

direcciones Normales dextrales, que son: Huamancharpa, Locomayo, Sayacmachay, Chinchay y la falla inversa de Mayrasco - Huasampata

En la parte de unidades hidrogeológicas se identificó 03 tipos de acuífero: el acuífero más importante es el acuífero fisurado sedimentario Kayra. En tanto podemos mencionar al acuífero pobre sedimentario de Quilque y por último, podemos mencionar al acuífero poroso no consolidado Fluvial. Además, Se identificó 02 acuitardos, el acuitardo Puquin, San Sebastian y Coluvial, 01 acuífero de Chilca.

En la cuenca se identificaron en total 65 manantes, la cual se clasificó por los valores de los caudales que son: Manantes con Caudales muy bajos; Caudales bajos; Caudales regulares, Caudales buenos y un manante con Caudal muy.

En la cuenca Cachimayo se identificó dos importantes zonas de recarga. La zona 01 está ubicada en los cerros de Lequemocco, Chuñomasanapata, Ccoisampo y Ajosmocco, La zona 02 está ubicada en los cerros de Ancactiyanan, Ccoyapáta y Acuñaíray. Además, la recarga de los acuíferos se realiza principalmente a través de fallas locales, fracturas y la disposición de los estratos.

Se identificó 02 tipos de familias que predominan en la cuenca Cachimayo, la familia dominante es la cálcica sulfatada que provendrían de rocas sedimentarias, areniscas cuarzosas y feldespáticas (formación Kayra y Quilque), sobre todo, en los flancos del anticlinal de Puquín. En la parte del núcleo del anticlinal se identificó la familia cálcica clorurada que provendrían de la disolución de yesos y sales de la formación Puquín.

“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

CAPITULO I:

GENERALIDADES

1.1 UBICACIÓN

La zona de estudio se encuentra al Sur-Oeste de la Ciudad del Cusco, situado en las comunidades campesinas de Mayrasco, Huamancharpa y Huasampata del distrito de Santiago, Provincia de Cusco, Región de Cusco.

La cuenca de Cachimayo está en la zona 18L, con Datum WGS_1984 y presentan coordenadas UTM que se detallan a continuación:

PUNTO N°	ESTE	NORTE
CUENCA CACHIMAYO	824560	8497000

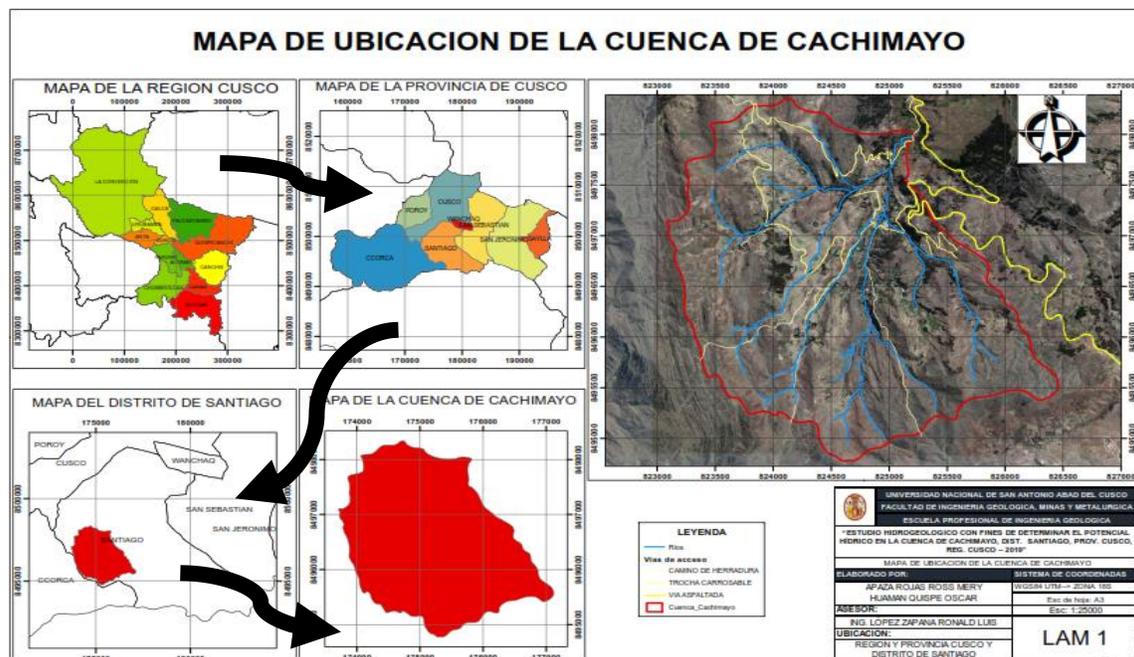
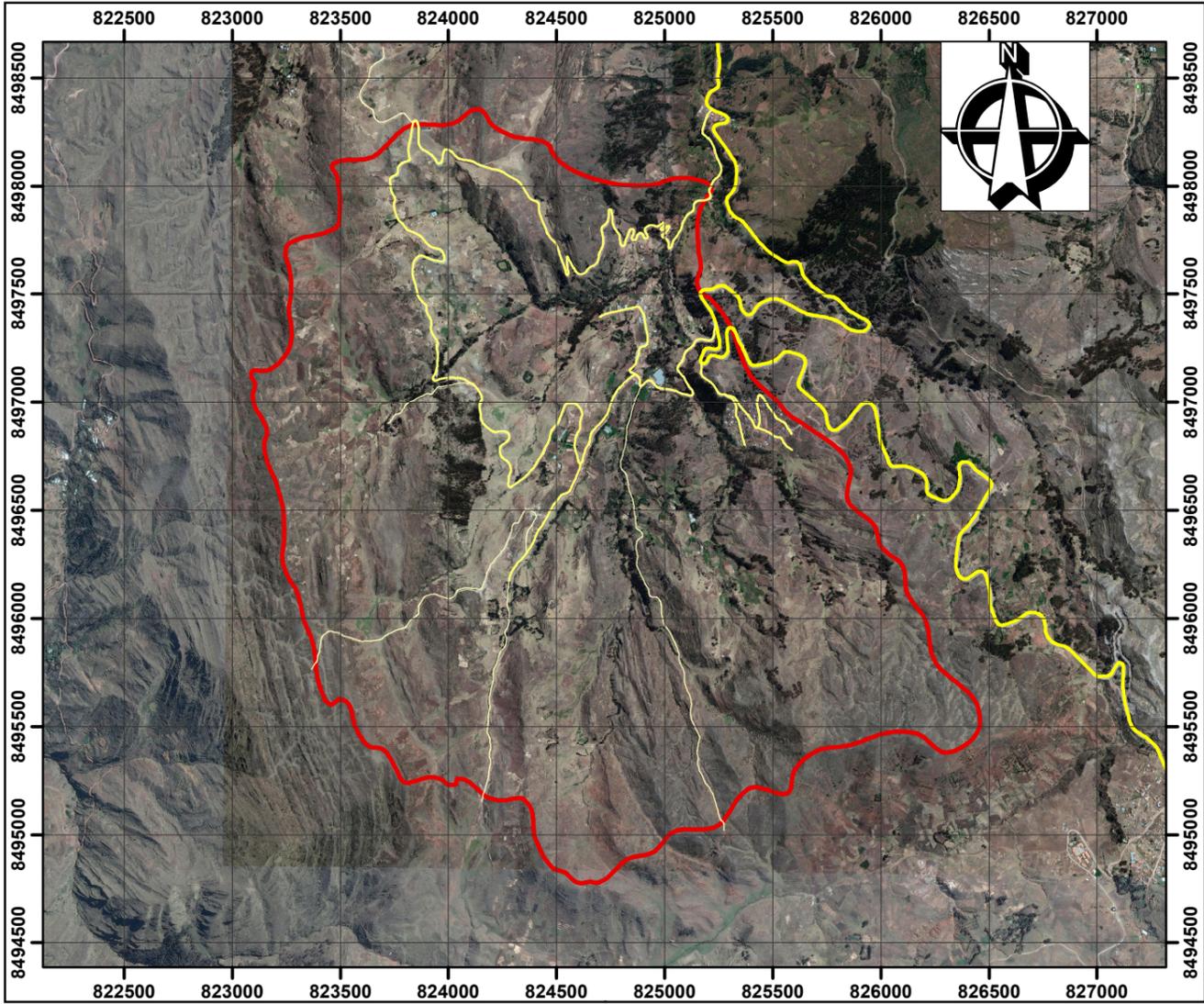
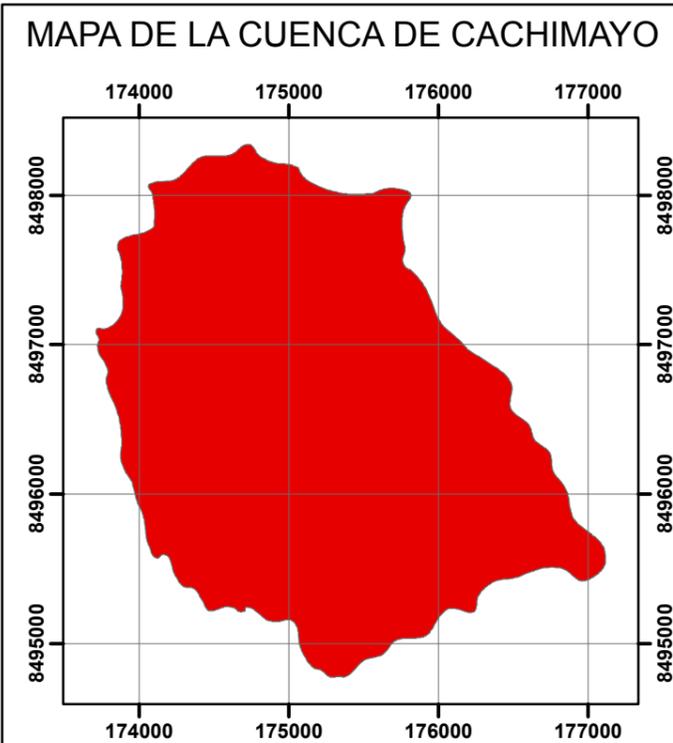
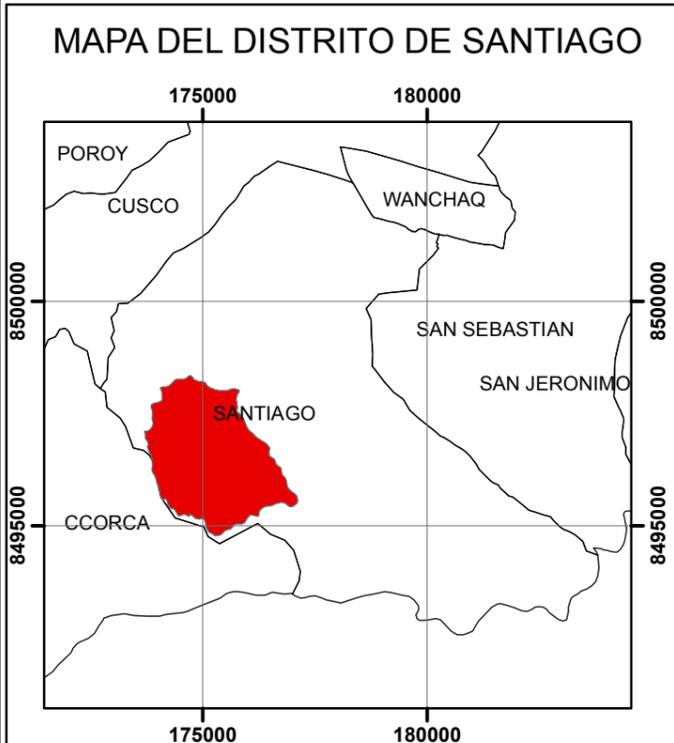
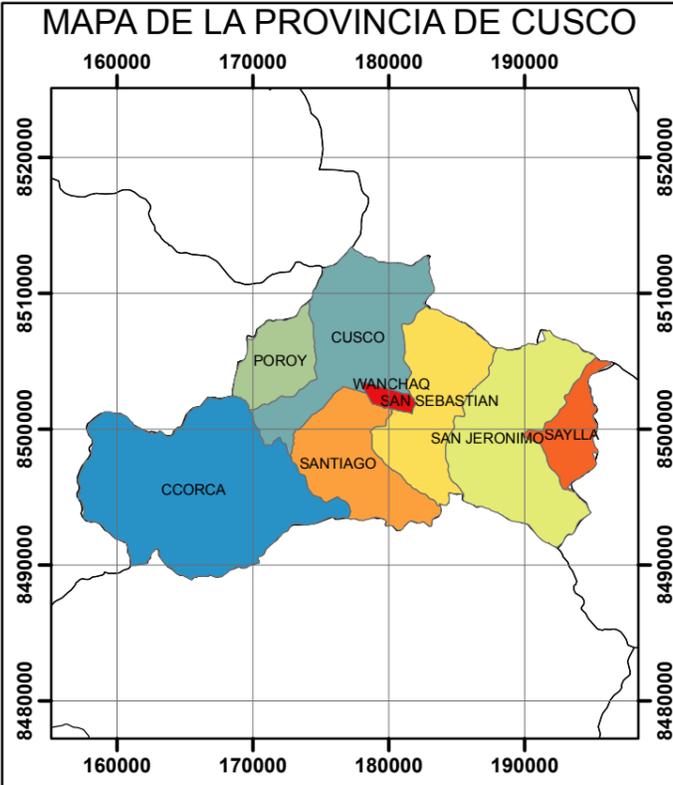
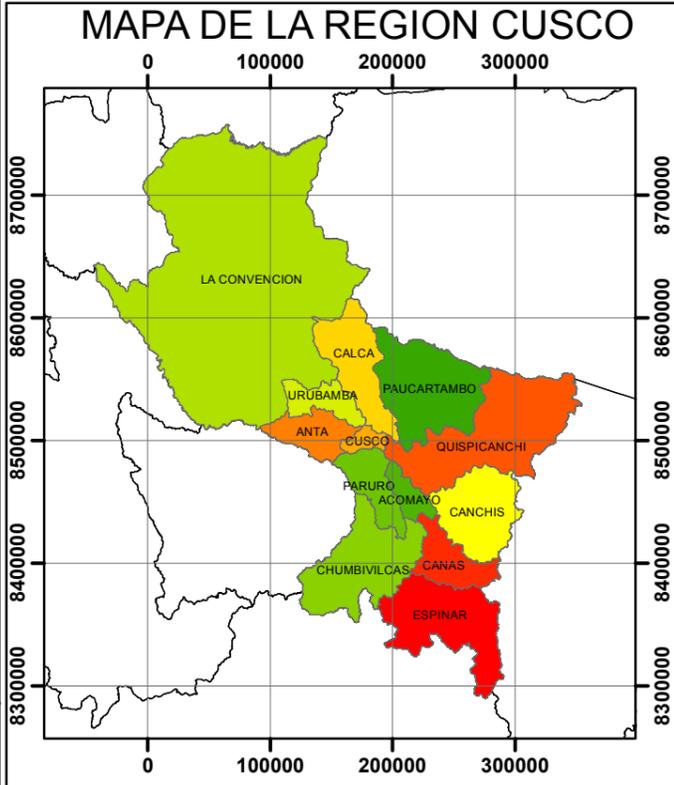


Figura 1. Ubicación política de la cuenca de Cachimayo.

MAPA DE UBICACION DE LA CUENCA DE CACHIMAYO



LEYENDA

- Cuenca_Cachimayo
- Vías de acceso**
- CAMINO DE HERRADURA
- TROCHA CARROSABLE
- VIA ASFALTADA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
MAPA DE UBICACIÓN DE LA CUENCA DE CACHIMAYO	
ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM--> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A3
ASESOR:	Esc: 1:30000
ING. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	
UBICACIÓN:	LAM 1
REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRITO DE SANTIAGO	

1.2 ACCESIBILIDAD

La zona de estudios es accesible desde la ciudad del Cusco, a través de la vía asfaltada Cusco-Paruro, a altura del Km 6+00 se toma un desvío de trocha carrozable que interconecta las comunidades ubicadas al interior de la cuenca, con una distancia aproximada de 7 Km hasta la zona de estudios; en el siguiente cuadro se detalla:

Tabla 1. Vías de Acceso a la Cuenca Cachimayo.

INICIO	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE VÍA
Cusco (Mercado Huancaro) – Desvío a Huamancharpa	6 km	30 min aprox.	Asfaltada de 2 ^{do} orden
Desvío de Huamancharpa – zona de estudio	1 km	10 min aprox.	Afirmada de 3 ^{do} orden

Fuente y Elaboración propia.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA:

La creciente demanda de agua existente en las comunidades de Mayrasco, Huamancharpa y Huasampata, es debido principalmente a varios aspectos como: Al crecimiento urbano, Según el censo del INEI, el índice de crecimiento poblacional en los últimos 10 años es de 0.3 %, Cabe mencionar que la población actual en la Comunidad de Mayrasco es de 300 habitantes, en Huamancharpa 200 habitantes y en Huasampata 280 habitantes. Es por ello que existe una mayor demanda de uso de recurso hídrico. Al cambio de régimen de las fuentes de agua (manantes) esto debido al proceso de cambio climático. Al uso inadecuado y no técnico de fuentes de agua existentes para satisfacer sus necesidades (riego y otros), así como la falta de acciones de mitigación en las zonas de recarga natural, lo cual ha puesto en alerta a los pobladores del ámbito de la cuenca Cachimayo, y a las autoridades de la

municipalidad distrital de Santiago, para viabilizar un estudio hidrogeológico, con la finalidad de identificar las causas y efectos de la sucesiva escasez de agua, a través de la identificación del potencial hídrico en el ámbito de estudio.

1.3.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.

¿Cuál es el potencial hídrico existente en la cuenca Cachimayo?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVOS GENERALES

Realizar el estudio hidrogeológico en la cuenca Cachimayo para determinar el potencial hídrico existente en el área de estudio con fines de mejorar la recarga natural de las fuentes hídricas.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar y delimitar las unidades geológicas, geomorfológicas y estructurales del ámbito de la cuenca de Cachimayo.
- Determinar las características hidrológicas de la cuenca Cachimayo.
- Determinar el balance hídrico de la cuenca Cachimayo.
- Identificar y delimitar las unidades hidrogeológicas, a través de inventario de manantes, hidro-química, permeabilidades, etc. en el ámbito de la cuenca Cachimayo.
- Identificar zonas de recarga y descarga de aguas subterráneas existentes en la cuenca Cachimayo.

1.5 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

La importancia del presente trabajo de investigación de tesis, permitirá que los pobladores del ámbito de la cuenca Cachimayo puedan conocer el potencial hídrico existente como resultado de los estudios hidrogeológicos, para mejorar la eficiencia del uso del agua, y se sensibilicen en los temas relacionados de la problemática de agua y su conservación, en el ámbito de estudio.

Este trabajo de investigación también servirá como antecedente para estudios y trabajos posteriores como: captaciones de agua para consumo humano y/o riego tecnificado, realizar proyectos de forestación, manejo de cuenca, etc. en las comunidades del ámbito de estudio.

También permitirá conocer el número y caudal de los manantes existentes en cada comunidad que abarca el ámbito de estudio, que servirá para registrar las fuentes de agua en la Autoridad Local de Agua (ALA), para en lo posterior evitar conflictos por el tema hídrico.

1.6 HIPOTESIS

Las características geológicas, estructurales e hidrogeológicas presentes en la cuenca de Cachimayo permitirá establecer el potencial hídrico de las aguas superficiales y subterráneas.

1.7 VARIABLES DE INVESTIGACION

Para este estudio de investigación se ha definido las siguientes variables:

1.7.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

- Características litológicas y estructurales de las formaciones geológicas
- Características químicas e hidroquímicas del agua subterránea.
- Características físico – mecánicas de las rocas (permeabilidad y porosidad).
- Calidad de las aguas subterráneas

1.7.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- Consumo de agua potable
- Potencial hídrico.

1.8 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Métodos empleados en la investigación:

- **Descriptivo:** Se describe, clasifica y analiza el comportamiento de recurso hídrico y su distribución en el ámbito estudio.
- **Explicativo:** Responde a las posibles causas y formula un modelo que explica los eventos físicos que habrían ocasionado la alteración de régimen del recurso hídrico en el ámbito de estudio.
- **Científico:** Realiza las observaciones de comportamiento geológico en campo, para la caracterización hidrológica y la interpretación de los resultados obtenidos del análisis químico.
- **Deductivo:** Con los datos obtenidos se dedujo el modelo hidrogeológico.

1.8.1 FASES DE ELABORACIÓN DEL ESTUDIO.

La metodología del trabajo comprende únicamente (02) etapas:

1.8.1.1 FASE DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE.

Para el logro de los objetivos propuestos en el trabajo de investigación abarca los siguientes

Técnicas:

Para la etapa de investigación del estudio hidrogeológico se ha procedido con la revisión, recopilación de información existente en los siguientes archivos:

- Revisión de la información geológica regional INGEMMET
- Revisión de mapas regionales existentes.
- Recopilación de antecedentes históricos de la zona de estudio y de proyectos aledaños a la zona.

Para el desarrollo de este estudio es necesario la preparación de mapas base; para poder recolectar “in situ” toda la información de detalle referidas a la geología y poder realizar un cartografiado del área de interés con el objetivo de conocer las características propias del área mediante las investigaciones de detalle programadas, para tal efecto en el presente estudio se realiza con la ayuda de equipos, instrumentos y softwares geológicos necesarios.

- Elaboración de mapas bases de la zona de estudio.
- Realización del cronograma de actividades durante el estudio.
- Planeamiento de la fase de campo.

1.8.1.2 FASE DE INVESTIGACIONES DE CAMPO

En esta etapa se subdivide en tres partes:

“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FASE PRECAMPO.

- Dar a conocer los alcances del trabajo a la directiva de las comunidades en el ámbito de la zona de estudio, a través de entrega de resolución emitida por la aceptación de la universidad.
- Determinar un cronograma tentativo de visitas a la zona de estudio
- Planificación de campo.

FASE CAMPO

Durante el estudio hidrológico se ha desarrollado las siguientes investigaciones de campo:

- Identificar y delimitar la geología de la microcuenca Cachimayo (obtención de muestras de mano representativas de cada formación existente en la zona de estudio para realizar la descripción macroscópica; levantamiento de columnas).
- Reconocimiento y delimitación de la geología estructural (discontinuidades y deformaciones), medición de rumbos y buzamientos.
- Recolección de datos hidrológicos (medición de caudales).
- Recolección de datos hidrogeológicos (inventario de manantes, medición de caudales, muestra de agua, permeabilidad, Registro de las características hidroquímicas del agua, etc.).
- Realización de la prospección geofísica en distintos puntos de la zona de estudio (tomografía eléctrica).
- Toma de fotos de rasgos geológicos de importancia, para así afianzar el trabajo.

FASE DE GABINETE

- Procesamiento, interpretación de análisis de datos.
-

- Delimitación de acuíferos.
- Elaboración y digitalización de mapas y/o planos detallados según el requerimiento de los objetivos del presente trabajo.
- Elaboración de secciones geológicas-estructurales.
- Descripción macroscópica de las muestras obtenidas en campo.
- Redacción de tesis

1.9 ANTECEDENTES

Como estudios anteriores se tomará en cuenta: Geología regional del cuadrángulo de Cusco, hoja 28-s-IV. (Carlotto et al; 2010), Como estudios anteriores también se tomará en cuenta: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO EN LA CUENCA DE LA CIUDAD DEL CUSCO. (Apaza, 2009).

1.10 MATERIALES Y EQUIPOS

10.10.1 MATERIALES

A) Material cartográfico

- Imagen satelital
- Mapa base (curvas de nivel, hidrográfico, etc.)

B) Instrumentos

- Equipos de GPS
- Tabla de colores
- Cinta métrica
- Computadora personal

“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

- Software de SIG (Arc Gis-Arc Map)
- Ácido clorhídrico al 10%
- Cámara fotográfica
- Resistivímetro – tomógrafo geoelectrico DUK-2A

C) Materiales de Campo

- Tablero
- Fichas de campo
- Bolsas de Polietileno
- Libreta de campo y Lápices de color
- Botellas esterilizadas

CAPITULO II

MARCO TEORICO.

2.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Monsalve G. (1999), Cuenca Hidrográfica es un área definida por una divisoria topográfica de aguas, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple.

2.1.1 CRITERIOS PARA CLASIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS:

- a) De acuerdo a su sistema de descarga o destino final de sus aguas: **Monsalve G. (1999)**
- **Cuencas exorreicas**, cuando las aguas de la cuenca llegan al mar directamente por vía sub superficial o subterránea.
 - **Cuencas endorreicas**, también llamadas lacustre o de evaporación. Es un territorio sin desagüe aparente en que las aguas drenan hacia un lago.
 - **Cuencas arreicas**, aquellas cuyas aguas no desembocan ni en el mar ni en un depósito Interior. sino que sus aguas se pierden en el camino por evaporación o infiltración sin que en este último caso se conviertan en corrientes subterráneas.
 - **Cuencas Criptorreicas**, región continental de drenaje subterráneo, carente de una red fluvial permanente y organizada superficialmente.

b) De acuerdo a su sistema de drenaje.

Se llama sistemas de drenaje al arreglo o distribución de los ríos. Quebradas o arroyos, que se han venido formando a través de los años en la corteza terrestre. La clasificación, si bien es de sistemas de drenaje. También puede ser referida a las cuencas, la clasificación da el orden primero al escurrimiento menor, o sea, aquel que no pasa de ser tributario; el río de segundo orden se forma de la unión de dos afluentes de primer orden. De la confluencia de dos cursos de segundo orden comienza un río de tercer orden y así sucesivamente. En caso de referirse a las cuencas, se hablará de cuenca de primer orden, de segundo orden, etc.

c) Su relieve (Topografía).

- Cuencas de montaña y de alta montaña.
- Cuencas de llanos, pampas o praderas

d) Según vertiente.

- Vertientes del Pacífico, del Atlántico y del Caribe.
- Vertientes de un lago u "hoya". como en el caso del Titicaca.
- Vertientes sin desembocadura al mar o cuencas endorreicas.

e) Según su posición relativa dentro de una cuenca mayor.

- Cuencas altas (situadas en la parte alta de la cuenca mayor, que no deben confundirse con cuencas de alta montaña).
- Cuencas bajas.

f) Según su tamaño relativo (aspecto controvertido y casi imposible de precisar).

- Cuencas muy grandes.

- Cuencas grandes.
- Cuencas medianas.
- Cuencas pequeñas
- Microcuencas.

g) Según su relación con límites.

Políticos -Administrativos.

- Cuencas Internacionales
- Cuencas binacionales.
- Cuencas nacionales.
- Cuencas estatales. bi-estatales, etc.

h) Según su balance hídrico en condiciones dadas.

- Cuencas balanceadas (la oferta y la demanda de agua son.
- Cuencas deficitarias o criticas (poca oferta y mucha demanda de agua)

Cuencas con exceso. (Mucha oferta y poca demanda de agua.)

i) Según su aporte de agua a Centros urbanos.

Cuencas municipales (cuyo objetivo primordial es captar agua para poblaciones).

j) Según su densidad poblacional.

- Densamente pobladas
- Medianamente pobladas.
- Escasamente pobladas.

k) Según su uso experimental

- Cuencas experimentales.
- Cuencas unitarias,

- Cuencas pares.
- Cuencas múltiples,
- Cuencas Bench Mark
- Cuencas piloto
- Cuencas Testigo.

2.1.2 SISTEMA DE CODIFICACIÓN PFAFSTETTER

El *Sistema de Codificación Pfafstetter* fue desarrollado por Otto Pfafstetter en 1989, difundido a partir de 1997 por Verdin y adoptado a partir de entonces por la United State Geological Survey (USGS – Servicio Geológico de los Estados Unidos), como estándar internacional.

Es una metodología para asignar Identificadores **Ids** a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie del terreno; dicho de otro modo, asigna Ids a una cuenca para relacionarla con sus cuencas vecinas, locales o internas.

2.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA METODOLOGÍA

El sistema es jerárquico y las unidades son delimitadas desde las uniones de los ríos (punto de confluencia de ríos), o desde el punto de desembocadura de un sistema de drenaje en el océano.

A cada unidad hidrográfica se le asigna un específico código Pfafstetter, basado en su ubicación dentro del sistema de drenaje que ocupa, de tal forma que éste es único dentro al interior de un continente.

Este método hace un uso mínimo de la cantidad de dígitos en los códigos, la longitud del código depende solamente del nivel que se está codificando.

Este sistema de codificación permitirá, asimismo, una eficiente codificación de la **red hidrográfica**.

2.1.2.2 CONSIDERACIONES BÁSICAS DEL SISTEMA

De acuerdo al sistema Pfafstetter, existen tres tipos de unidades de drenaje: *cuencas*, *intercuencas* y *cuencas internas*.

- a) **Cuenca**, es un área que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero si contribuye con flujo a otra unidad de drenaje a través del curso del río, considerado como principal, al cual confluye.
- b) **Intercuenca**, es un área que recibe drenaje de otra unidad aguas arriba, exclusivamente, del curso del río considerado como el principal, y permite el paso de este hacia la unidad de drenaje contigua hacia aguas abajo. En otras palabras, una intercuenca, es una unidad de drenaje de tránsito del río principal.
- c) **Cuenca interna**, es un área de drenaje que no recibe flujo de agua de otra unidad ni contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua.

La distinción entre río principal y tributario, es en función del criterio del área drenada. Así, en cualquier confluencia, ***el río principal será siempre aquel que posee la mayor área drenada entre ambos***. Denominándose cuencas, a las áreas drenadas por los tributarios e intercuencas a las áreas restantes drenadas por el río principal.

2.1.2.3 EL PROCESO DE CODIFICACIÓN

Consiste en subdividir una cuenca hidrográfica, cualquiera que sea su tamaño, identificando y delimitando los cuatro mayores afluentes del río principal, en función del área que comprenden sus respectivas unidades hidrográficas. Las cuencas correspondientes a esos tributarios son enumeradas o codificadas con los dígitos pares **2, 4, 6 y 8**, en el sentido de aguas abajo hacia aguas arriba es decir desde la desembocadura hacia la naciente del río principal. Los otros tributarios del río principal son agrupados en las áreas restantes, denominadas intercuenas, que se codifican, en el mismo sentido, con los dígitos impares **1, 3, 5, 7 y 9**.

Cada una de las cuencas e intercuenas, que resultan de la primera subdivisión, pueden a su vez subdivididas de la misma manera, de modo que la subdivisión de la cuenca **8** genera al interior de la misma las cuencas de códigos 82, 84, 86 y 88 y las intercuenas 81, 83, 85, 87 y 89. El mismo proceso se aplica a las intercuenas resultantes de la primera división, de modo que la intercuenca 3, por ejemplo, se subdivide en las cuencas de códigos 32, 34, 36 y 38 y en las intercuenas 31, 33, 35, 37 y 39. Los dígitos de la subdivisión son simplemente agregados al código de la cuenca (o intercuenca) que está siendo dividida.

2.1.2.4 ALGUNAS PARTICULARIDADES DEL METODO

Una complicación puede aparecer en la codificación de las dos unidades más altas del río principal. En este caso a la unidad que presenta **mayor área** de drenaje se le asigna el código “**9**” y a la otra, **más pequeña**, el código “**8**”. Esta particularidad del método permite identificar la cuenca donde se origina el río, que para el caso corresponde al código 9.

2.1.3 PARÁMETROS FISIAGRÁFICOS O GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA

Existen diversos parámetros fisiográficos que permiten describir a una cuenca, sin embargo, los más importantes son:

La superficie de la cuenca (A), es uno de los parámetros fisiográficos más importante en un análisis hidrológico. Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido a un mismo punto de salida.

Perímetro (P), es la longitud del contorno del área de la cuenca, definida también como línea de división del agua. Este parámetro es importante, pues en conexión con el área puede dar una idea respecto a la forma de la cuenca.

2.2 CLIMA

Wendor C. (1989), Clima: “es el conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y evolución del tiempo, en el curso de un periodo suficientemente largo en un dominio espacial determinado”, según la organización meteorológica mundial.

IPCC. (2002), En sentido estricto, se puede definir como “estado medio del tiempo” o, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades pertinentes durante periodos que pueden ser de meses a miles de años. El periodo normal es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Las cantidades aludidas son casi siempre variables de la superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento), aunque en un sentido más

amplio el “clima” es una descripción (incluso una descripción estadística) del estado del sistema climático.

2.2.1 PARÁMETROS CLIMÁTICOS.

2.2.1.1 PRECIPITACIÓN.

OMM/UNESCO (14), 1) Elementos líquidos o sólidos procedentes de condensación o sublimación del vapor de agua que caen de las nubes o son depositados desde el aire en el suelo. 2) Cantidad de precipitación caída sobre una unidad de superficie horizontal por unidad de tiempo.

2.2.1.2 TEMPERATURA

OMM. (2002), Magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico.

2.2.1.3 HUMEDAD RELATIVA

Valdivia E. (1977), Se define como la relación (expresado en porcentaje) entre la cantidad de vapor de agua que tiene el aire y la que tendría si estuviera saturado.

2.2.1.4 RADIACIÓN SOLAR.

Valdivia J. (1977), Desde el punto de vista ecológico tiene gran importancia, ya que esta energía condiciona los diferentes grados de calor o temperatura en los diferentes lugares y de esta manera propicia condiciones limitantes para el desarrollo de las plantas.

2.2.1.5 EVAPORACIÓN.

OMM/UNESCO (2011). Proceso por el que el agua pasa de líquido a vapor a una temperatura inferior a la del punto de ebullición.

2.2.1.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN

Chow V.T. (1994), Es la combinación de evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación. Los mismos factores que dominan la evaporación desde una superficie de agua abierta también dominan la evapotranspiración, los cuales son: el suministro de energía y el transporte de vapor.

2.3. GEOMORFOLOGÍA

Rioduero E. (1995), Geomorfología: "Rama de la geología que estudia las formas superficiales de la tierra. Describiéndolas, ordenándolas sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo".

2.3.1 MAPA GEOMORFOLÓGICO

La geomorfología proporciona una información organizada y precisa de las formas del terreno y de los procesos geodinámicas o de erosión que con ellas se relacionan. Por ello, su elaboración requiere un análisis preliminar de la geología. Sobre el cual se superponen las formas del terreno en función a los procesos que le dieron origen

La esencia del mapa geomorfológico es proporcionar información morfo genética, dicha información representada en polígonos diferenciados, está asociada a las características geológicas, por tanto, la elaboración de ambos mapas se complementa y explica de mejor manera los matices geológicos en forma y en el contenido. (Marocho, et al; 2014)

2.3.2 PENDIENTES:

El mapa de pendientes representa la distribución espacial de los niveles de inclinación del terreno, constituye un ejercicio cartográfico de suma importancia porque su determinación es el paso primordial para elaborar mapas de relieve o fisiografía además la pendiente es el factor de delimitación principal en los que al superponer los mapas litología, geotecnia, cobertura vegetal. Suelos; nos permitirá inferir en el grado de estabilidad de los taludes, el comportamiento hidrológico y la distribución de las actividades económicas como el agropecuario, forestal. etc. (Marocho, et al; 2014)

2.4. GEOLOGÍA

Es la Ciencia de la Tierra que estudia la dinámica, composición del planeta. Tiene además una parte aplicada muy importante, relacionada al estudio de la génesis, la materia que lo configura y los procesos que actúan, o han actuado sobre él.

"La Geología es esencialmente una ciencia histórica y difiere de la Física, de la Química y de la Biología en que son imitadas sus posibilidades para experimentar", R. W. van Bemmelen, 1961.

"La Geología es Historia. Quizá más que cualquier otra característica única, el factor tiempo distingue a la Geología de otras ciencias", J. Sheldon, 1958.

"La Geología fue la primera ciencia a la que le intereso la historia de la naturaleza más que su orden. Aquel carácter histórico hizo de la Geología un tipo de ciencia diferente que fue apreciado desde sus inicios", Ch. C. Gillispie, 1951.

2.4.1 FORMACIÓN GEOLÓGICA.

Formación geológica es la secuencia estratigráfica originada por sedimentación en un periodo de la historia de la Tierra, con rocas magmáticas incluidas en la misma así mismo, el periodo en el cual se formaron.

2.4.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS FALLAS BASADAS EN EL SALTO (SEGÚN, HILL, 1963, GILL, 1971)

Cuadro 1. CLASIFICACIÓN DE LAS FALLAS BASADAS EN EL SALTO

MOVIMIENTO DE TRASLACIÓN	DESCRIPCION
Salto según el buzamiento	Falla de salto normal (bloque techo hundido)
	Falla de salto inverso (bloque techo levantado)
	Para las fallas verticales especificar el movimiento de un bloque en relación a otro, por ejemplo, falla vertical de salto según el buzamiento, labio oriental hundido.
Salto según la dirección	Falla de salto dextro (el bloque opuesto está a la derecha)
	Falla de salto sinistro (el bloque opuesto está a la izquierda)
	Para las fallas horizontales describir la dirección de movimiento del bloque techo, por ejemplo, falla horizontal de salto nordeste
Combinación de los términos salto según el buzamiento y salto según la dirección, por ejemplo, falla normal de salto dextro o, para una falla vertical de salto oblicuo, labio norte hundido desplazado al oeste.	
Falla sinostrogira (el bloque opuesto se ha desplazado en sentido contrario al de rotación de las agujas del reloj)	

2.5 HIDROLOGÍA

Navarro J. (2009), La Hidrología (del griego hydor - agua) es la disciplina científica dedicada al estudio de las aguas de la Tierra. Incluyendo su presencia, distribución y circulación a través del ciclo hidrológico, y las interacciones con los seres vivos. También trata de las propiedades químicas y físicas del agua en todas sus fases.

2.5.1 EL CICLO HIDROLÓGICO

Custodio G., Román E. y L. (1999), El ciclo hidrológico del agua comienza con la evaporación a la atmósfera del agua del mar, sigue con las lluvias, continua con la evaporación y evapotranspiración (vuelta a la atmósfera desde el suelo o desde la vegetación). La escorrentía (corrientes esporádicas que la lluvia produce en los ríos). la infiltración y circulación subterránea (fenómeno lento, de días, hasta décadas y hasta milenios en ocasiones), las nacientes (que mantienen los ríos y descargan el agua subterránea) y finalmente los usos consuntivos por el hombre y la descarga de los ríos al mar. El ciclo se cierra volviendo el agua al mar o a la atmósfera.

2.5.2 OFERTA HIDRICA GENERADA

Las relaciones lluvia - escurrimiento se utilizan principalmente para el diseño, los pronósticos y la evaluación. Si los datos de escurrimientos no están disponibles o son insuficientes para una interpretación o extrapolación fiables, las relaciones lluvia - escurrimiento pueden ser muy útiles porque permiten extraer la información de escurrimiento a partir de los registros de precipitación.

Como los datos de lluvia son relativamente fáciles y poco costosos de recoger, son generalmente más abundantes que los datos de escurrimiento. Si se puede establecer una relación estrecha entre lluvia y escurrimiento para una cuenca determinada, la relación lluvia-escurrimiento, aplicada a los datos de lluvia. Puede dar estimaciones más fiables de la frecuencia de grandes caudales que los que puede dar una relación regional entre las crecidas o una extrapolación basada en los datos de escurrimientos de la cuenca. (Marocho, et al; 2014)

Las relaciones lluvia-escorrentamiento usualmente se establecen en dos etapas: la determinación del volumen de escorrentamiento que resulta de un volumen de lluvia producido durante un periodo de tiempo dado, y la distribución del volumen de escorrentamiento en función del tiempo. La primera etapa es necesaria debido a la división de la lluvia en evapotranspiración, infiltración y escorrentamiento. La segunda se requiere para tomar en cuenta el tiempo de recorrido y la atenuación de la onda de escorrentamiento que se genera por la lluvia.

2.5.2.1 DEMANDA HIDRICA

OMM/UNESCO (2011), Cantidades de agua previstas para su distribución a los usuarios en períodos de tiempo determinados para usos específicos y a un precio dado.

2.5.2.2 BALANCE HIDRICO.

OMM/UNESCO (2011), a) Evaluación de los aportes y descargas de agua de un acuífero o una cuenca hidrográfica para un periodo de tiempo determinado. b) Cálculo numérico basado en el principio de que el flujo de salida de una cuenca hidrográfica o masa de agua determinadas debe ser igual al flujo de entrada más o menos la variación en el almacenamiento.

Balance o estado de los recursos hidráulicos de una región, por una parte, la precipitación y los anuentes. Y por otra. El agua que sale, se evapora y acumula

2.6 HIDROGEOLOGÍA

Rodrigo C. (2005). Los acuíferos consisten en sistemas de rocas o formaciones geológicas, homogéneas o heterogéneas, Con espacios huecos, ya sean estos poros o ya sean grietas o fracturas, llenos de agua. En general; lo que identifica una unidad acuífera, o un sistema

acuífero en el sentido de hacerlo diferente de otro es que dentro de cada uno de ellos existe continuidad física del agua contenida en la zona de saturación; Es decir, saltando de una molécula de agua a otra molécula contigua puede recorrerse todo el sistema.

En función de las características de las rocas (según Custodio, 1996), se puede hacer la siguiente clasificación:

- **Acuífugo:** No posee capacidad de circulación ni de retención de agua.
- **Acuitardo:** Contiene agua y la transmite muy lentamente.
- **Acuicludo:** Contiene agua en su interior, incluso hasta la saturación, pero no la transmite.
- **Acuífero:** Almacena agua en los poros y circula con facilidad por ellos.

CAPITULO III

GEOMORFOLOGIA

3.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

Regionalmente la zona de estudio se encuentra en el borde noroeste del altiplano 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, que le dan una configuración muy agreste, a pesar de ser parte del Altiplano. (Carlotto et al, 2010: 12). (Ver figura 02)

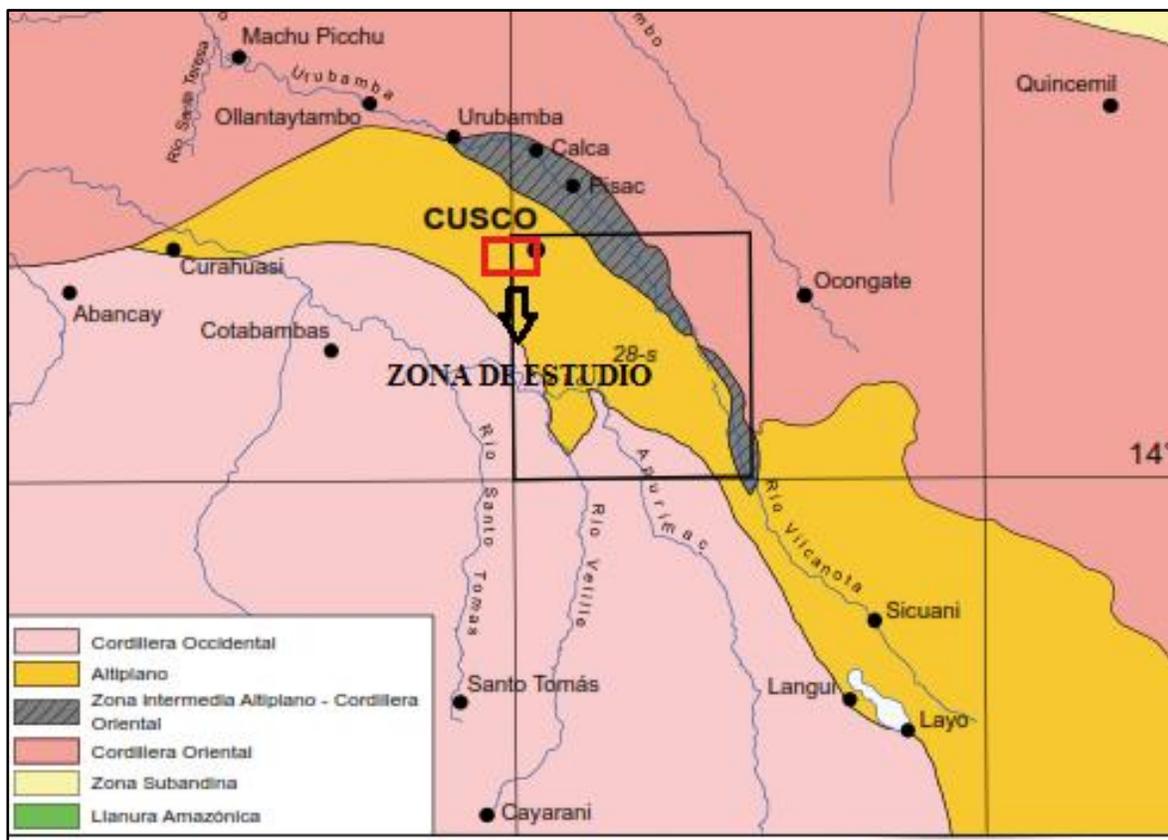


Figura 2. Unidades geomorfológicas regionales y Ubicación del área de estudio. Tomado de Carlotto et al. (2010).

En el altiplano de Cusco se distinguen diferentes unidades geomorfológicas locales, como la depresión de Cusco-Huacarpay, Meseta de Saqsaywaman, Montañas del Cusco, Montañas de Ancaschaca, Montañas Chinchay-Ichuloma, las Montañas de Seratichin Orcco-Pumahuasi y finalmente las Serranías de Vilcaconga (Carlotto, et al., 2010: 12); precisamente en esta última unidad (Serranías de Vilcaconga) es donde se ubica la cuenca de Cachimayo objeto del presente estudio.

3.2 GEOMORFOLOGIA LOCAL

3.2.1 UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

De acuerdo a los estudios de campo realizados, ayudados por imágenes satelitales y juntamente con altitudes de la Cuenca de Cachimayo, se han distinguido las siguientes unidades geomorfológicas locales: montañas bajas, terrazas, conos aluviales, vertientes de ladera y los cauces de río.

3.2.1.1 MONTAÑAS BAJAS

Esta unidad geomorfológica local se ubica al sur y al suroeste del área de estudio que cubren las partes más altas de los cerros Lequemocco, Ccotomoco; se caracterizan por presentar relieves medianamente inclinadas a relieves muy abruptas, de topografía muy accidentada con pendientes que varían entre 8 y 75%. Sus altitudes varían entre 3860 y 4150 msnm. (*ver Foto 1*). Geológicamente están compuestos de areniscas de la formación Kayra, aunque en menor proporción también se observan areniscas y lutitas de las formaciones Quilque y Chilca.

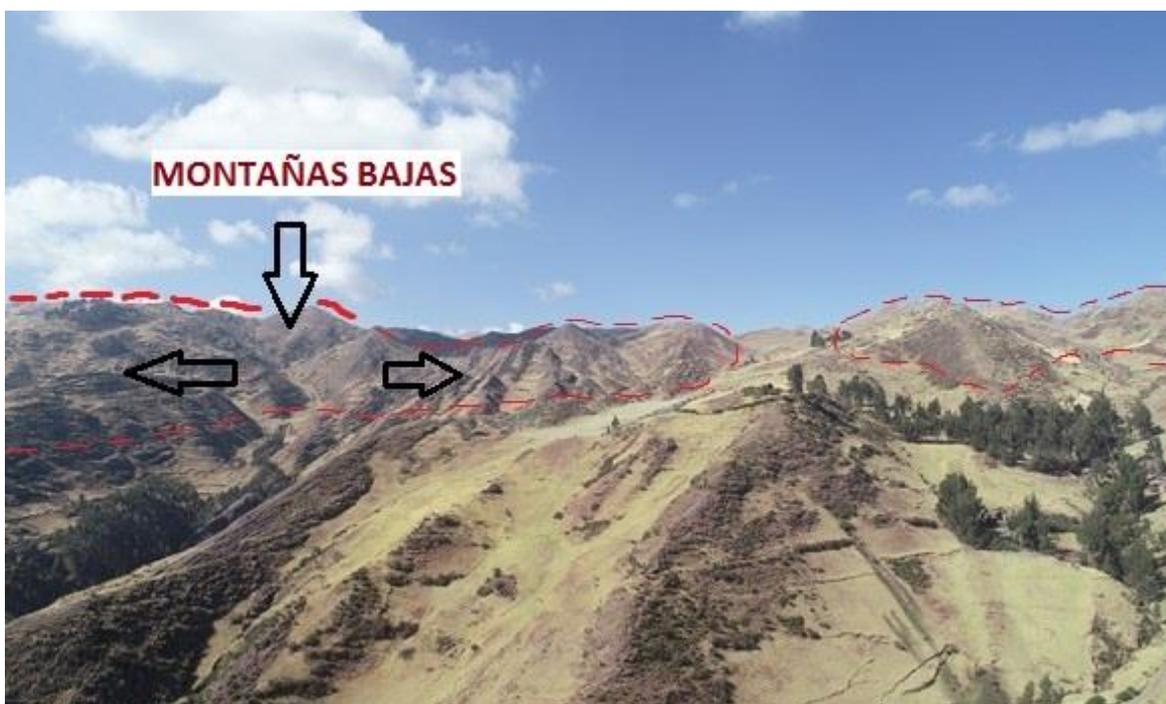


Foto 1 . Montañas bajas, la cual se ubica generalmente en la Comunidad de Huasampata y Mayrasco. Foto tomada con vista hacia el SW.

3.2.1.2 TERRAZAS

A lo largo de la cuenca Cachimayo se localizó varias unidades geomorfológicas que corresponden a Terrazas, estas unidades geomorfológicas se ubican mayormente en las riberas de los ríos como depósitos acumulados de materiales transportados por cursos fluviales, es así que podemos mencionar las terrazas en los ríos Huamancharpa, Locomayo, Sayacmachay y Chinchay. En cuanto al material del cual están compuestos se han encontrado gravas gruesas y finas envueltas en una matriz de arenas sueltas, limos y en algunas arcillas. La pendiente que presenta estas terrazas es suave que pueden variar de 2 a 15%. (*ver foto 2*)



Foto 2. Presencia de terrazas en el centro poblado de Mayrasco.

3.2.1.3 CONOS ALUVIALES

Los conos aluviales están ubicados en las desembocaduras de las quebradas de toda la cuenca Cachimayo. Se han formado con el aporte del material de arrastre de los ríos: Huamancharpa, Locomayo, Sayacmachay y Chinchay, adoptando la forma de conos, las cuales presentan pendientes inclinadas (2 – 8%). Se caracterizan por la geoforma que presenta, originados por la erosión del arrastre y acumulación de material coluvial y aluvial; de ahí su denominación.

Es así que se puede mencionar el cono aluvial ubicado en el centro poblado de Mayrasco, con un área total de 3 has (ver foto 3) aproximadamente. Asentado en este cono aluvial podemos encontrar al centro poblado de Mayrasco que aprovecha la topografía semiplana para situarse en el lugar.



Foto 3. Presencia de terrazas y conos aluviales en el centro poblado de Mayrasco.

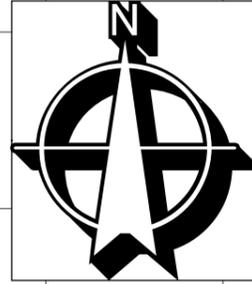
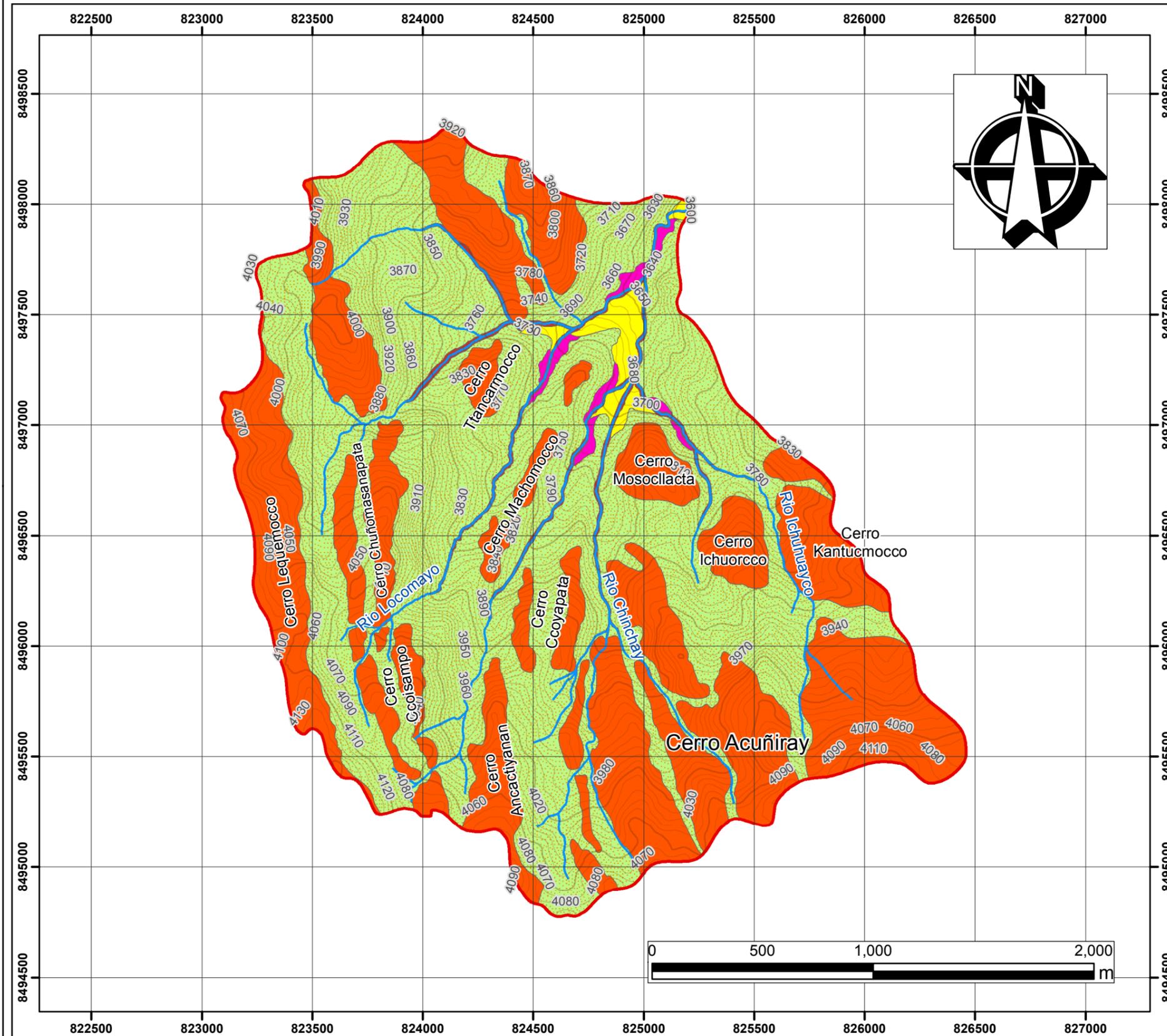
3.2.1.4 VERTIENTE DE LADERA

Estas unidades geomorfológicas se caracterizan por presentar un relieve muy accidentado por efecto de la erosión y fuertes pendientes; estas pendientes de la vertiente de ladera varían de moderadamente inclinadas a muy empinadas y cuyas altitudes varían entre 3680 a 3860 msnm. (Ver foto 4).



Foto 4. Vertiente de laderas con pendientes muy empinados.

MAPA GEOMORFOLOGICO DE LA CUENCA DE CACHIMAYO



SIMBOLOGIA

- Cuenca_Cachimayo

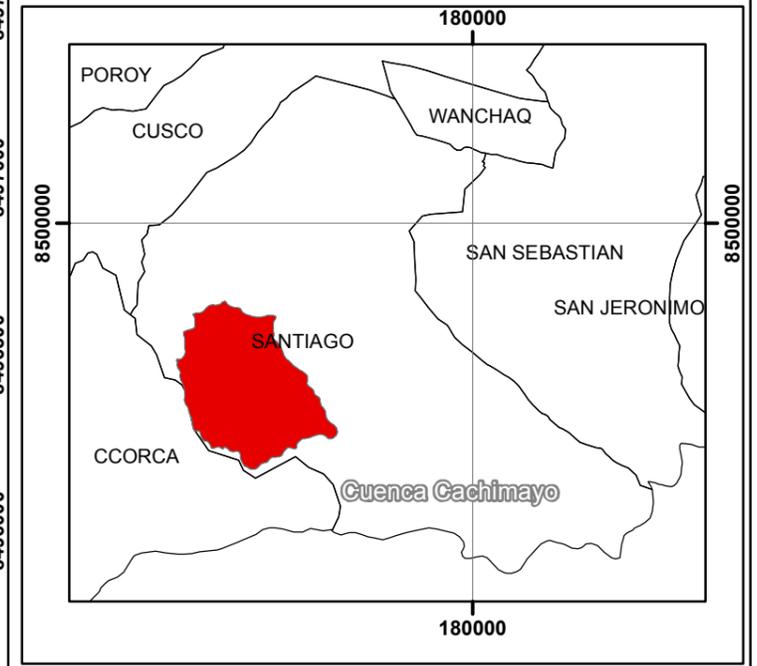
UNIDAD GEOMORFOLOGICA

- Cauce de Rio
- Cono Aluvial
- Montaña Baja
- Terraza Fluvial
- Vertiente de Ladera

DESCRIPCIO

- Curvas Principales
- Curvas Secundarias
- Rios

MAPA DE UBICACION

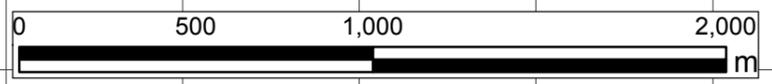


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"

MAPA GEOMORFOLOGICO DE LA CUENCA DE CACHIMAYO

ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM--> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A3
ASESOR:	Esc: 1:20000
Ing. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	LAM 2
UBICACIÓN:	
REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRICTO DE SANTIAGO	



2.2 MAPA PENDIENTES

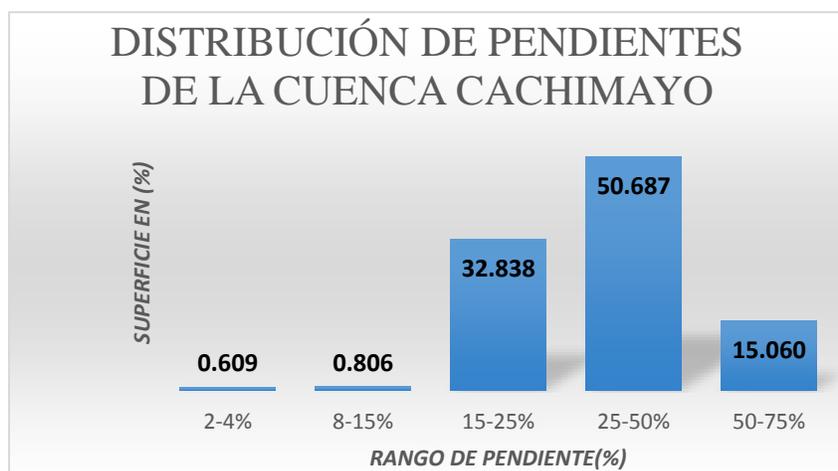
Para la elaboración del mapa de pendientes se tomó en cuenta el “Reglamento de Clasificación de Tierras MINAG – 2002”, que considera 8 tipos de pendientes, desde plana o casi al nivel a extremadamente empinadas; Para los fines del presente estudio se han distinguido las siguientes pendientes: Ligeramente inclinado (2 – 4%), Fuertemente inclinada (8 – 15%), Moderadamente empinado (15 – 25%), Empinada (25 – 50%) y muy empinada (50 - 75%). (Ver LM-3); los cuales se indican en el cuadro siguiente:

Tabla 2. Distribución de la pendiente presente en la cuenca de Cachimayo.

SIMBOLOGIA	TERMINO DESCRIPTIVO	RANGO (%)	AREA Km2	AREA (%)
B	Ligeramente inclinado	2-4	0.044	0.609
D	Fuertemente inclinada	8-15	0.059	0.806
E	Moderadamente empinado	15-25	2.387	32.838
F	Empinada	25-50	3.685	50.687
G	Muy empinado	50-75	1.095	15.060

Elaboración: propio

Fuente: Reglamento de Clasificación de Tierras MINAG - 2002



*Figura 3. Porcentaje de área de las pendientes en la cuenca Cachimayo. ***Elaboración:*** propio.*

3.2.1.1 LIGERAMENTE INCLINADA

Se refiere a las pendientes que tienen una inclinación de la superficie del suelo con respecto a la horizontal, que presentan rangos que varían de 2 – 4%. En la cuenca Cachimayo las pendientes de ligeramente inclinadas se encuentran mayormente en la parte norte del área de estudio, en las comunidades de Huamancharpa y Mayrasco. Estas pendientes corresponden al 0.609 % del área total.

3.2.2.2 FUERTEMENTE INCLINADA

Se refiere a las pendientes que tienen una inclinación de la superficie del suelo con respecto a la horizontal, que presentan rangos que varían de 8 – 15%, están ubicadas en distintas zonas de la cuenca, la cual corresponde al 0.806 % del área total.

3.2.2.3 MODERADAMENTE EMPINADA

Se refiere a las pendientes que tienen una inclinación de la superficie del suelo con respecto a la horizontal, que presentan rangos que varían de 15 – 25 % de pendiente, se ha determinado un 32.838 % de este tipo de pendiente del área total. En este tipo de relieve los comuneros de Huasampata, Mayrasco y Huamancharpa realizan sus actividades agrícolas.

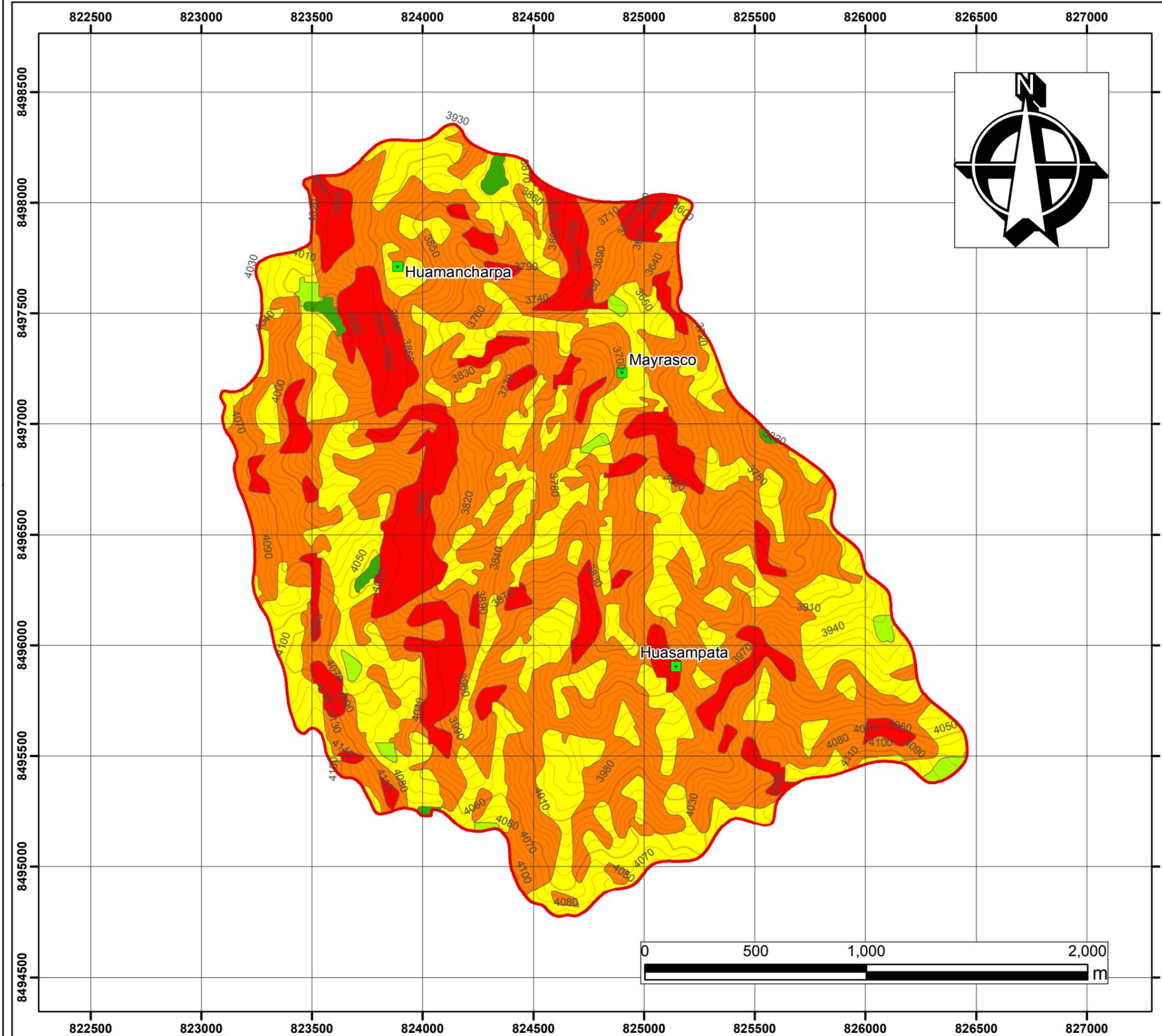
3.2.2.4 EMPINADA

Se refiere a las pendientes que tienen una inclinación de la superficie del suelo con respecto a la horizontal, que presentan rangos que varían de 25 – 50% de pendiente, se ha determinado un 50.687% de este tipo de pendiente del área total. Este rango de pendiente es la que predomina en el área de estudio, en la cual los comuneros de Huasampata, Mayrasco y Huamancharpa, también realizan sus actividades como: agrícolas, pastoreo y otras actividades cotidianas de la zona.

3.2.2.5 FUERTEMENTE EMPINADA

Se refiere a las pendientes que tienen una inclinación de la superficie del suelo con respecto a la horizontal, que presentan rangos que varían de 50 – 75% de pendiente, se ha determinado un 15.060% de este tipo de pendiente del área total. Estas zonas son muy accidentadas, en donde no se pueden realizar actividades agrícolas por que tienden a ser más propensos a sufrir deslizamientos y erosiones; por lo cual los pobladores de la zona realizaron forestación y reforestación con plantas de pino y eucalipto para prevenir estos fenómenos.

MAPA DE PENDIENTES DE LA CUENCA DE CACHIMAYO



SIMBOLOGIA

- Centros Poblados

DESCRIPCIO

- Curvas Principales
- Curvas Secundarias
- Cuenca_Cachimayo

CODIGO

- 2 - 4 % Ligeramente Inclineda
- 8 - 15 % Fuertemente Inclineda
- 15 - 25 % Moderadamente Empinada
- 25 - 50 % Empinada
- 7

MAPA DE UBICACION



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
MAPA DE PENDIENTES DE LA CUENCA DE CACHIMAYO	
ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	WGS84 UTM--> ZONA 18S
ASESOR:	Esc de hoja: A3
Ing. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	Esc: 1:20000
UBICACIÓN:	LAM 3
REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRITO DE SANTIAGO	

CAPITULO IV

GEOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

4.1 GEOLOGIA REGIONAL

Regionalmente la zona de estudio, Según (Carlotto et al. 2011), alberga las formaciones geológicas: Puquín, Quilque, Chilca (Ausangate), Kayra, donde menciona que la formación Puquín se encuentra en el núcleo del anticlinal del mismo nombre, que está ubicado al suroeste de la ciudad de Cusco y los flancos de este anticlinal está compuesto por las formaciones Quilque, Chilca y Kayra.

Luego, para el Mesozoico superior y el Cenozoico, ha diferenciado dos dominios paleogeográficos: Altiplano y borde NE de la Cordillera Occidental, por lo que las unidades litoestratigráficas. (Véase *Figura 4* y *Mapa Geológico Regional*)

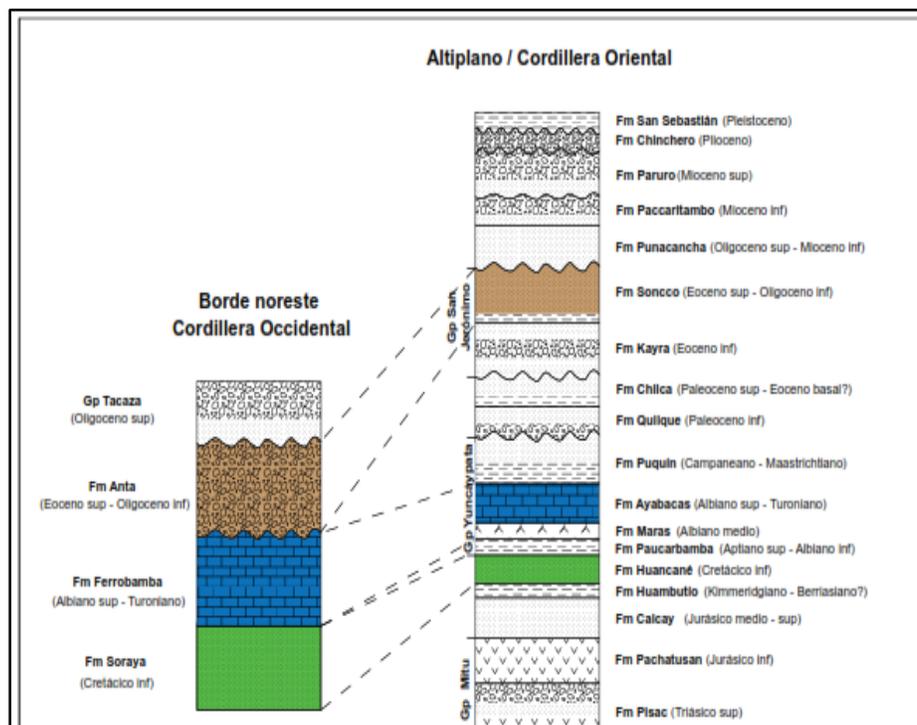
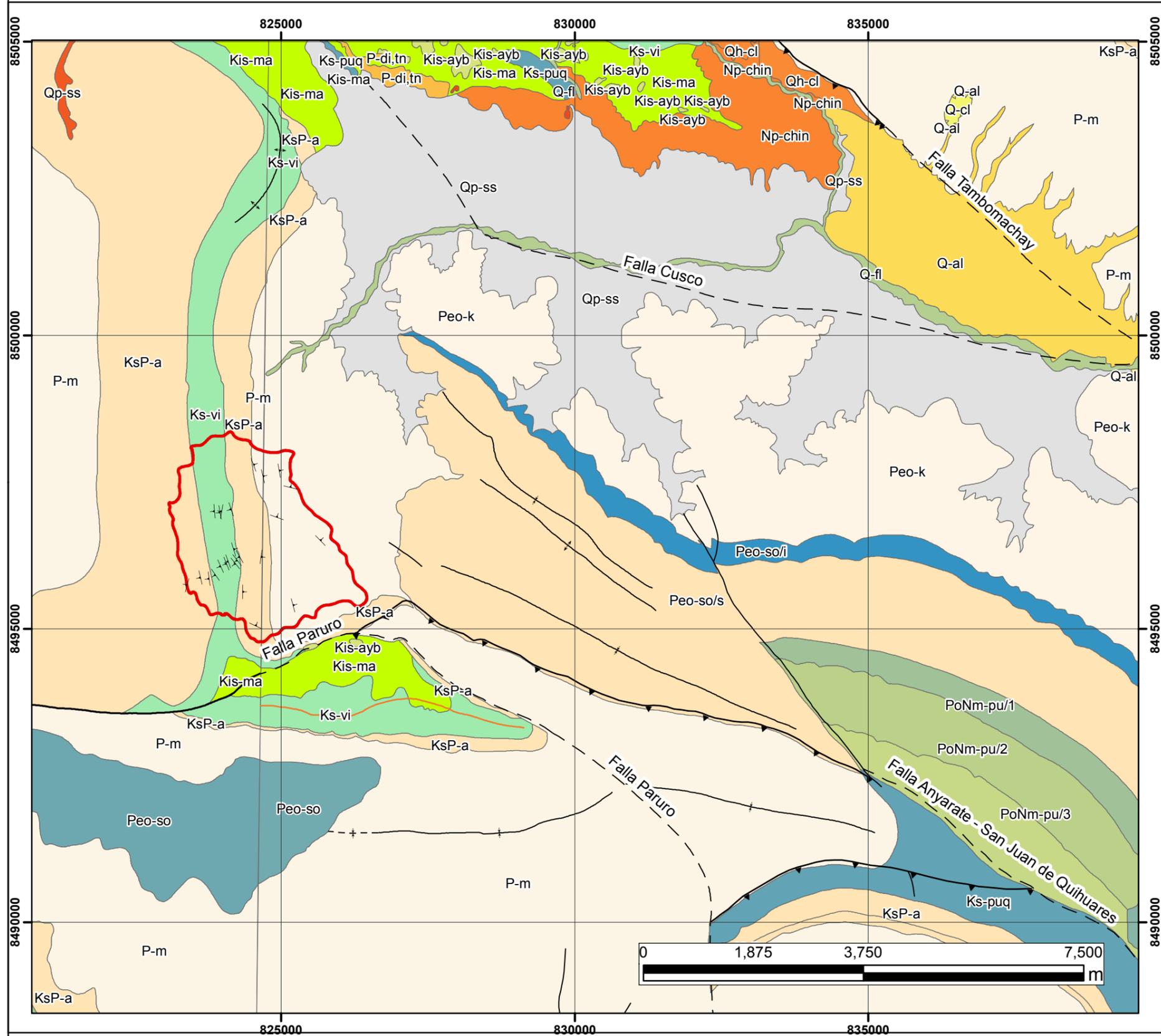


Figura 4. Estratigrafía de los dominios morfoestructurales regionales. Fuente: Carlotto et al. 2011

MAPA GEOLOGICO REGIONAL DE LA CUENCA DE CACHIMAYO



LEYENDA	
	RB-BZ
	Cuenca_Cachimayo
	Falla de rumbo sinistral
	Falla inferida
	Falla inversa
	Falla inversa inferida
	Falla normal
	Flechas
	Eje de anticlinal
	Eje de anticlinal tumbado inferido
	Eje de sinclinal

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
MAPA GEOLOGICO REGIONAL DE LA CUENCA DE CACHIMAYO	
ELABORADO POR: Br. APAZAROJAS ROSS MERY Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	SISTEMA DE COORDENADAS WGS84 UTM--> ZONA 18S Esc de hoja: A3 Esc: 1:75000
ASESOR: ING. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	<h1>LAM 4</h1>
UBICACION: REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRITO DE SANTIAGO	
FUENTE: INGEMMET	

4.2 GEOLOGÍA LOCAL

De acuerdo al cartografiado de campo realizado en la cuenca Cachimayo; se han identificado las siguientes unidades lito estratigráficas locales: formación Puquín, formación Quilque, formación Chilca, formación Kayra, formación San Sebastián, Depósitos Fluviales y Depósitos Aluviales, cuya secuencia en orden cronológico se muestra a continuación: (Ver Figura 5), también se muestra una fotografía que verifica las formaciones encontradas en la zona de estudio (Ver foto 5).

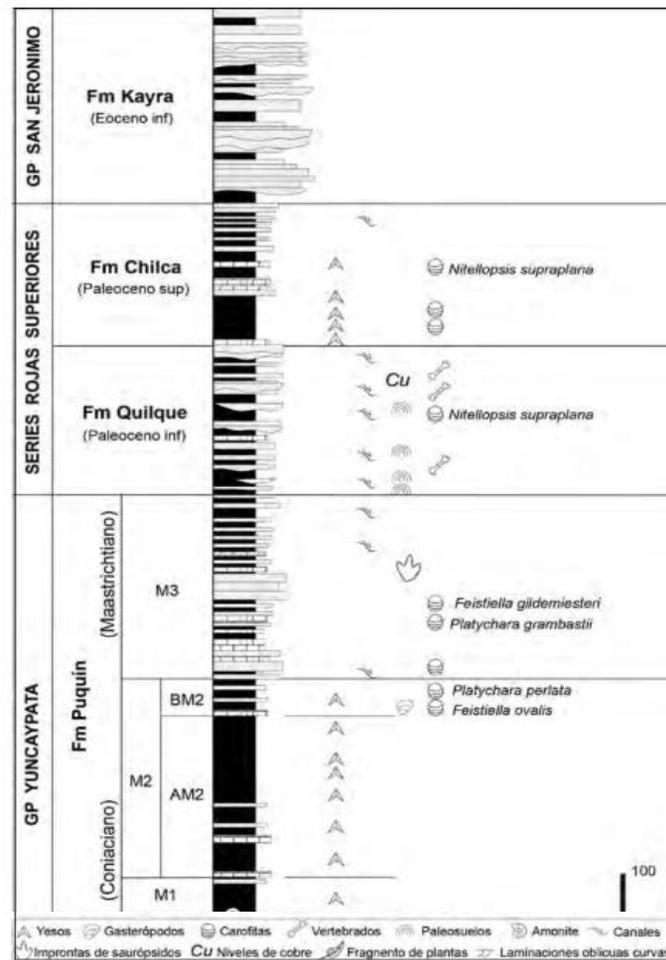


Figura 5. Columna Estratigráfica generalizada de la cuenca de Cachimayo Modificado de Carlotto et al. (2010).

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

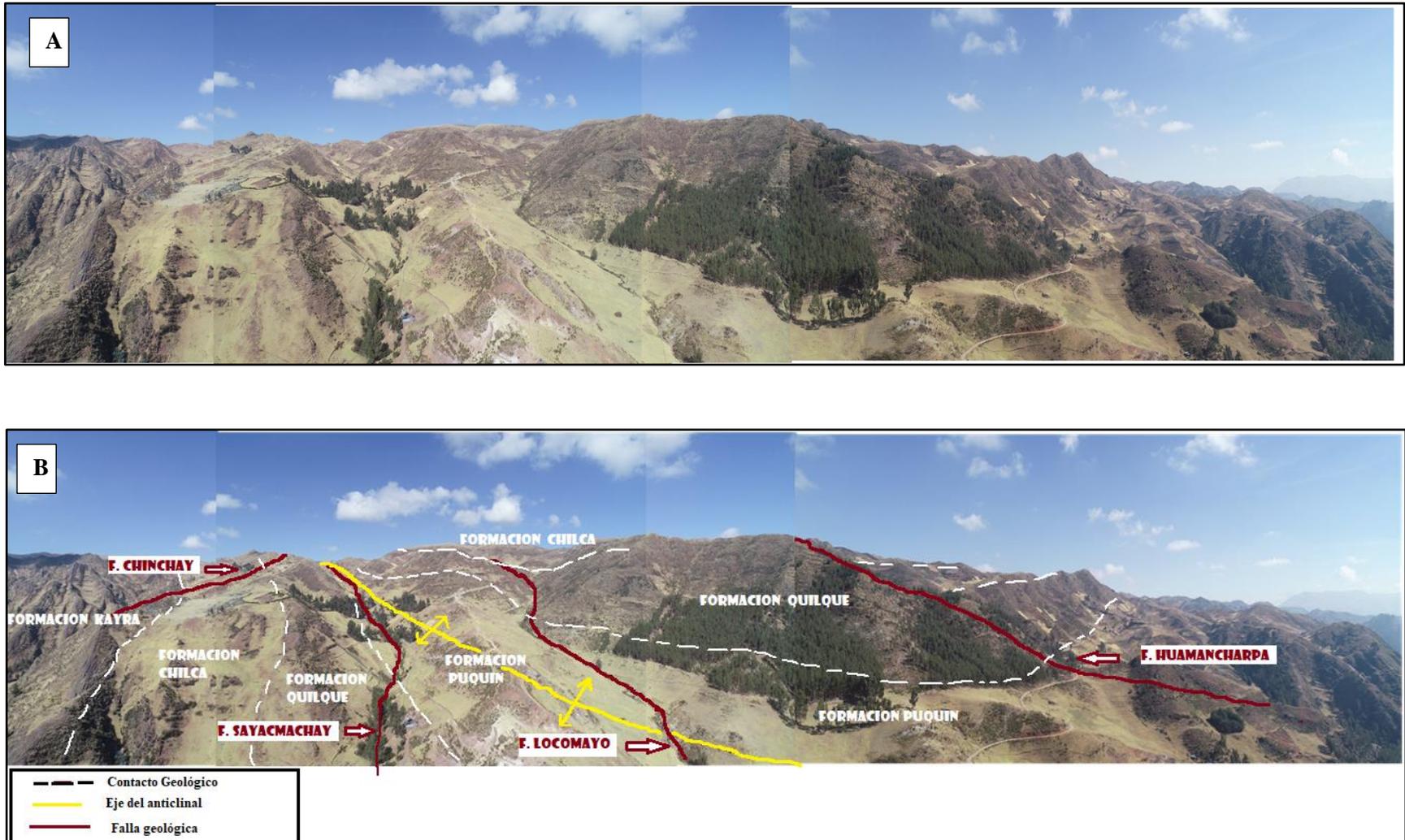


Foto 5. Vista panorámica de las formaciones geológicas de la cuenca Cachimayo (A) donde en la foto B se delimitan dichas formaciones.

4.2.1 GRUPO YUNCAYPATA

El grupo Yuncaypata agrupa las formaciones Paucarbamba, Maras, Ayabacas y Puquín (Carlotto et al 1996). De estas formaciones mencionadas, en la cuenca Cachimayo se ha identificado y cartografiado la formación Puquín.

4.2.1.1 FORMACION PUQUÍN

La formación Puquín asignado al Coniaciano a Maestrichtiano (Carlotto et al., 1992). Está dividida en tres miembros llamados: Miembro M1, Miembro M2 y Miembro M3, que afloran ampliamente en la parte central del núcleo del anticlinal del mismo nombre.

Litología:

El miembro M1 con un espesor de 30m aproximadamente, está constituido por lutitas rojas, yesos laminares y brechas con elementos pelíticos. El miembro M2 con un espesor variable de 100 a 120 m, tiene composición litológica diversa. la base del miembro M2 está constituido por calizas, margas, lutitas negras ricas en materia orgánica, mientras que la parte superior está constituida por lutitas verdes y rojas asociados a yesos laminares con aspecto de tipo rosáceo y sedoso. El miembro M3 con un espesor variable de 100 a 130 m. en muchas partes del anticlinal Puquín generalmente se encuentra erosionado, (*ver foto 21*) este miembro está constituido esencialmente por areniscas feldespáticas de grano fino a medio, seguido de lutitas rojas y mayormente alterados con el óxido de hierro. Por el grado de redondez, la forma de los granos redondeados, la distribución homogénea de tamaño de los granos y con la poca presencia de matriz en las areniscas. Es posible que el miembro M3 sea procedente de un medio fluvial. (*Ver foto 8 y Columna Estratigráfica CE-1*).



Foto 6. Laminaciones de Yeso del miembro M1 de la formación Puquín.

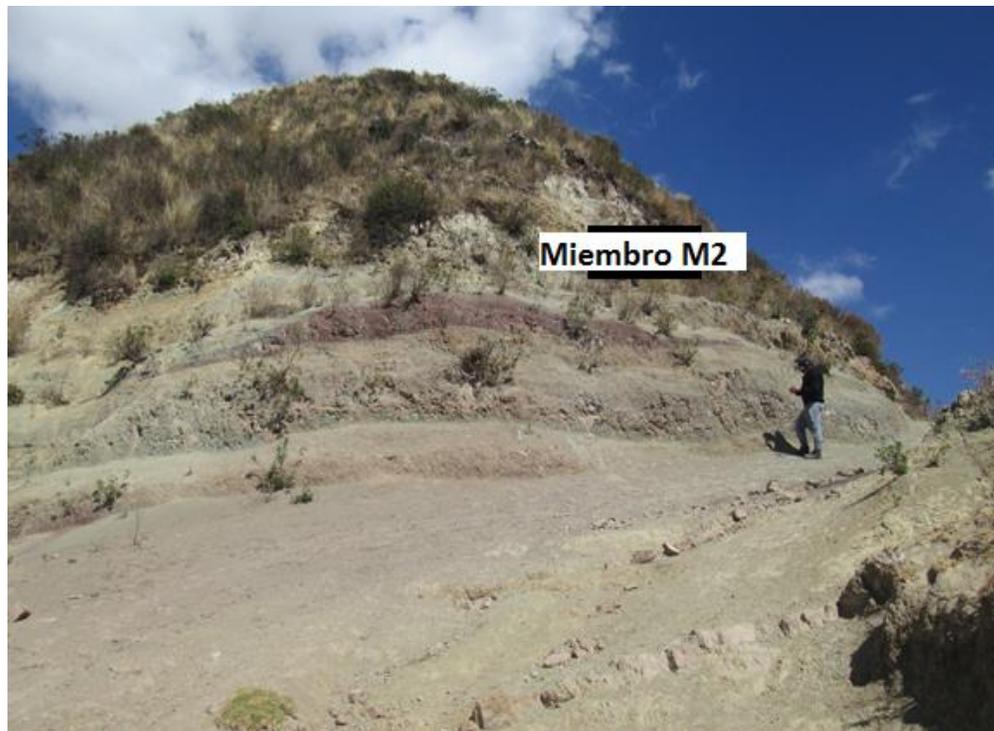
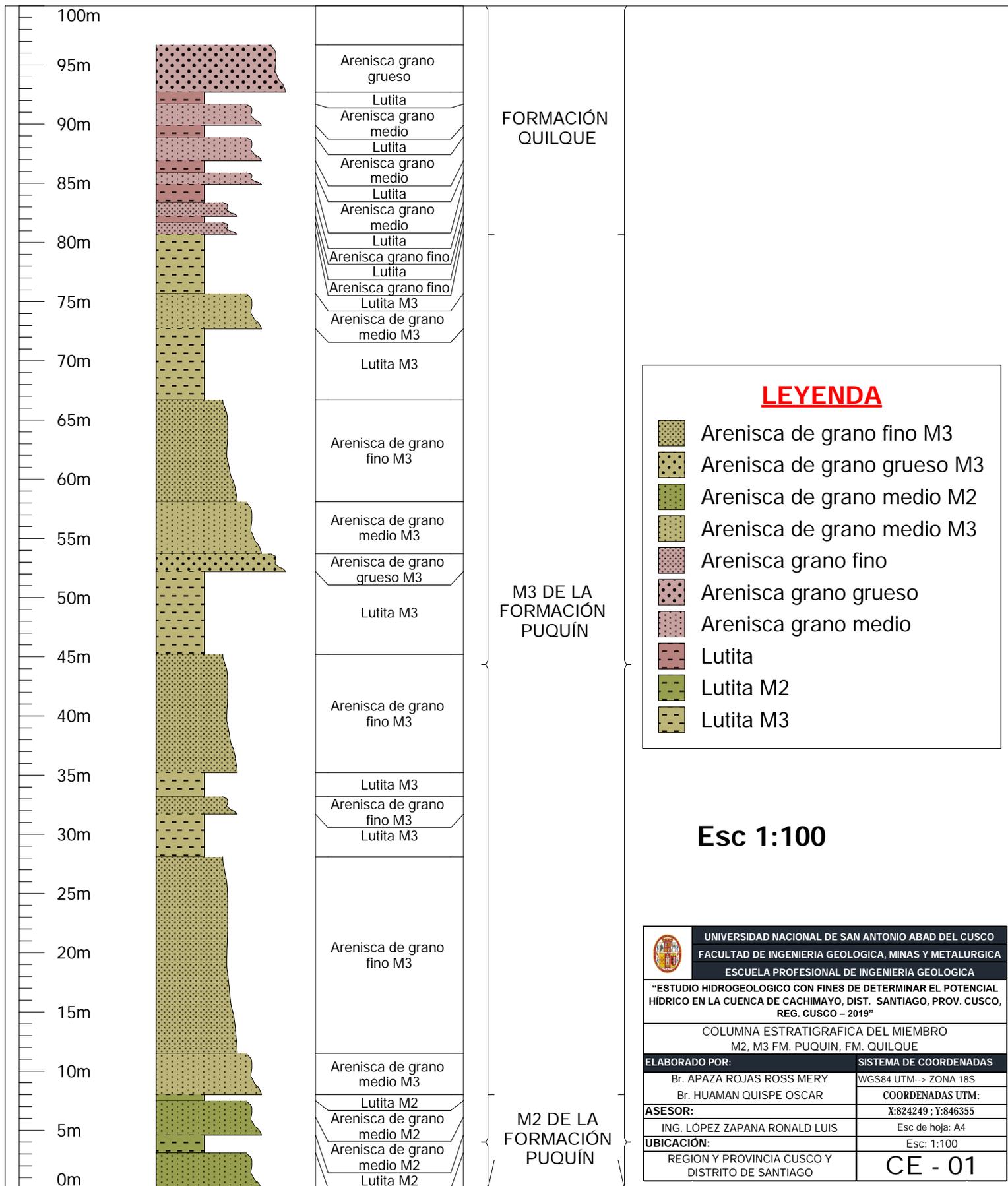


Foto 7. Lutitas rojas y verdes del miembro M2 de la formación Puquín.



Foto 8. En la foto 8-A se observa areniscas del miembro M3. En la foto 8-B se observa una vista panorámica del miembro M1, M2 y M3 de la formación Puquín.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL MIEMBRO M2, M3 FM. PUQUIN, FM. QUILQUE



4.2.2 FORMACION QUILQUE

Definida por Gregory (1916), quien le atribuyó una edad pérmica. Sin embargo (Carlotto et al., 1992; Jaillard et al., 1994) le atribuye la edad Paleoceno inferior. La formación Quilque reposa en discordancia erosional sobre la Formación Puquín.

En el área de estudio, la formación Quilque aflora ampliamente en los flancos del anticlinal Puquín (*Ver LM-5 – Mapa Geológico*), específicamente al suroeste de las localidades de Mayrasco y Huamancharpa.

Litología:

La formación Quilque presenta un espesor aproximado de 150 m de estratos-grano crecientes de lutitas, areniscas de color rojo y algunos conglomerados. estos últimos formados por la erosión de costras calcáreas y calizas (*Ver foto 9 y 10, columna estratigráfica CE-1*). En el flanco izquierdo del anticlinal de Puquín, En los cerros de Majosorcco, Chuñumasapata y Ccoysampo los estratos de la formación Quilque están con dirección de NW – SE y presenta planos de estratificación con buzamientos entre 30° y 75° al suroeste. En el flanco derecho del anticlinal de Puquín, en los cerros de Ccoyapata y Ancactiyanan los estratos de la formación Quilque están con dirección de NW – SE, casi paralelos a la dirección N- S y presenta planos de estratificación con buzamientos entre 66° y 70° al noreste.



Foto 9. Presencia de costras calcáreas de la formación Quilque



Foto 10. Areniscas de la Formación Quilque. A la derecha se observa un afloramiento con azimut N170° y un buzamiento de 68° SW

4.2.3 FORMACION CHILCA

Esta unidad ha sido definida en Cusco por Carlotto, (1992), quien indica que esta unidad se encuentra en los mismos lugares donde aflora la Formación Quilque Además Carlotto & et al, (2010) asumen que la formación chilca es de la edad paleoceno superior- Eoceno.

En nuestra zona de estudio, al norte del flanco derecho del anticlinal Puquín esta formación se encuentra en discordancia erosional sobre la formación Quilque y bajo la formación Kayra, en distintas zonas esta formación se encuentra parcialmente erosionada.

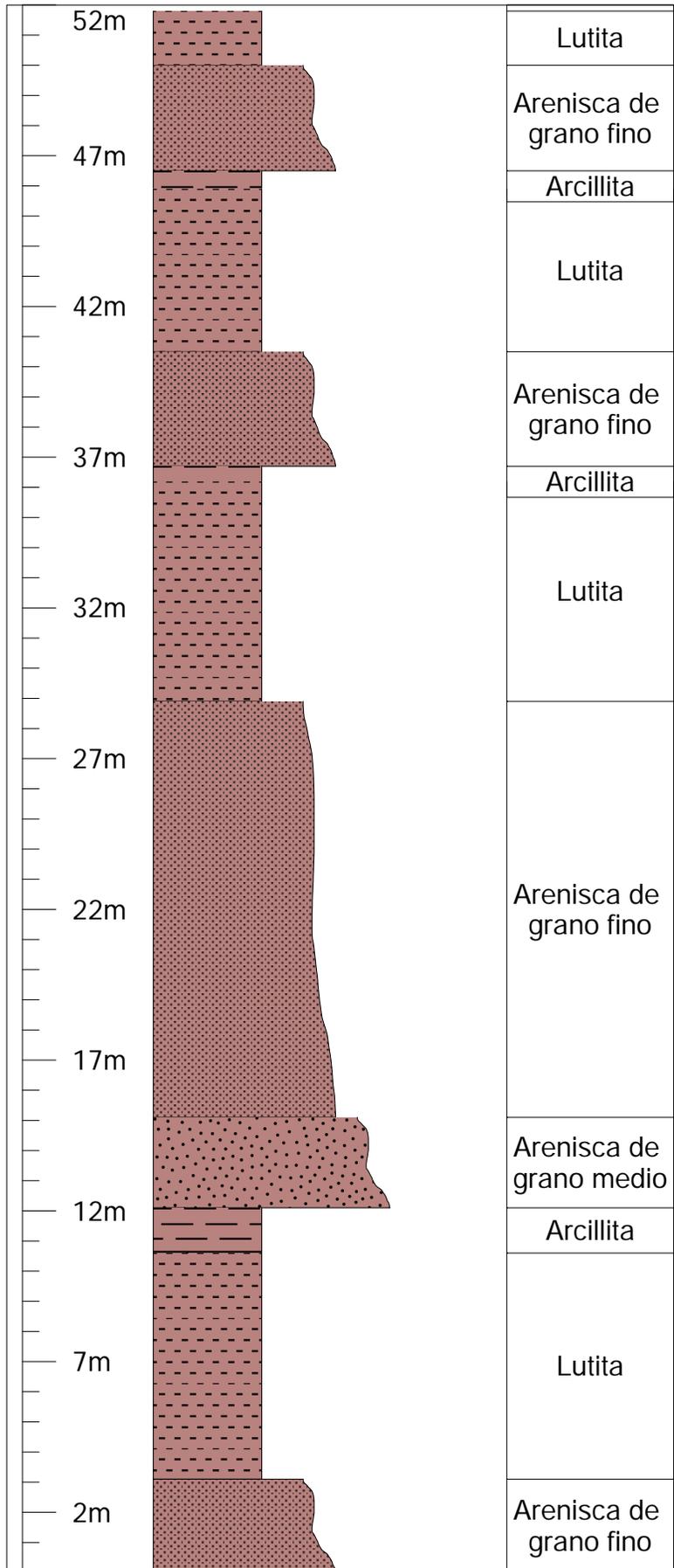
Litología

La formación Chilca está constituido por lutitas rojas, con un espesor de 90 m aproximadamente. Se caracteriza por presentarse en proceso de meteorización, no se logra distinguir la inclinación de los estratos, aunque en el flanco izquierdo del anticlinal de Puquín se pueden observar la orientación de los estratos (*Ver foto 11 y Columna Estratigráfica CE-2*).



Foto 11. Afloramiento de lutitas de la formación geológica Chilca, con Azimut de N167° y un Buzamiento de 35° SW.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CHILCA



LEYENDA

- Arcillita
- Arenisca de grano fino
- Arenisca de grano medio
- Lutita

Esc 1:50

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"		
COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FM. CHILCA		
ELABORADO POR:		SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY		WGS84 UTM--> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR		COORDENADAS UTM:
ASESOR:		X:823560 ; Y:8495910
ING. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS		Esc de hoja: A4
UBICACIÓN:		Esc: 1:50
REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRITO DE SANTIAGO		CE - 02

4.2.4 GRUPO SAN JERONIMO

4.2.4.1 FORMACION KAYRA

La formación Kayra (Córdova, 1986) aflora ampliamente al sur de la ciudad del Cusco, donde forma parte del anticlinal de Puquín. Según (Carlotto et al., 1995a; Carlotto, 1998, 2002, 2006a) esta formación pertenece a la edad de eoceno inferior.

En la cuenca Cachimayo esta formación abarca mayor cantidad de área de estudio, ubicado al norte de la localidad de Huasampata (cubriendo casi en su totalidad las quebradas de Chinchay y Ichuhuaycco), donde forma parte de los flancos del anticlinal Puquín.

Litología: Esta esencialmente constituida por areniscas feldespáticas de 1 a 5 m de espesor, intercaladas con niveles de lutitas rojas de 0.40 a 1 m de espesor y micro conglomerados con clastos volcánicos al suroeste (*ver foto 12*), el espesor de esta unidad varía entre 1000 a 1500 m aproximadamente.

En la Columna estratigráfica CE-3 se aprecia las siguientes características, areniscas estrato - grano decreciente de color rosáceo y lutitas de color marrón, afloramientos de areniscas muy fracturadas, presencia de nódulos y venillas de calcita. Estos estratos presentan alteración de óxido de hierro y están en proceso de erosión. Cabe resaltar que esta columna se levantó al norte de la comunidad Huasampata (corte de la vía Cusco – Occopata, UTM: 175919E – 8497235N).

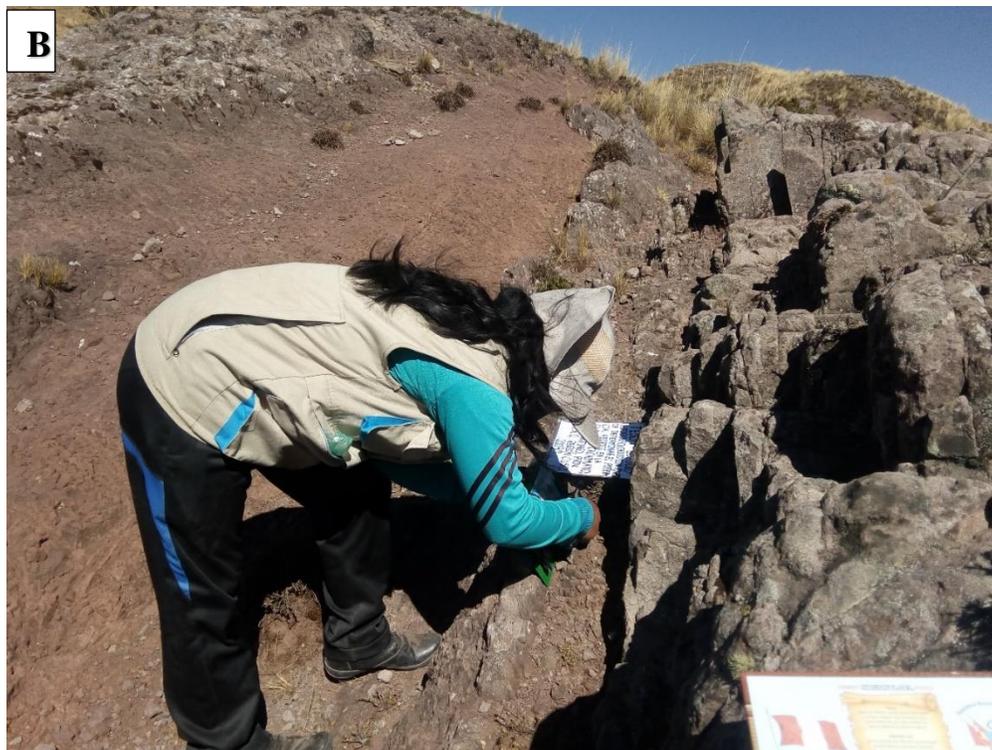
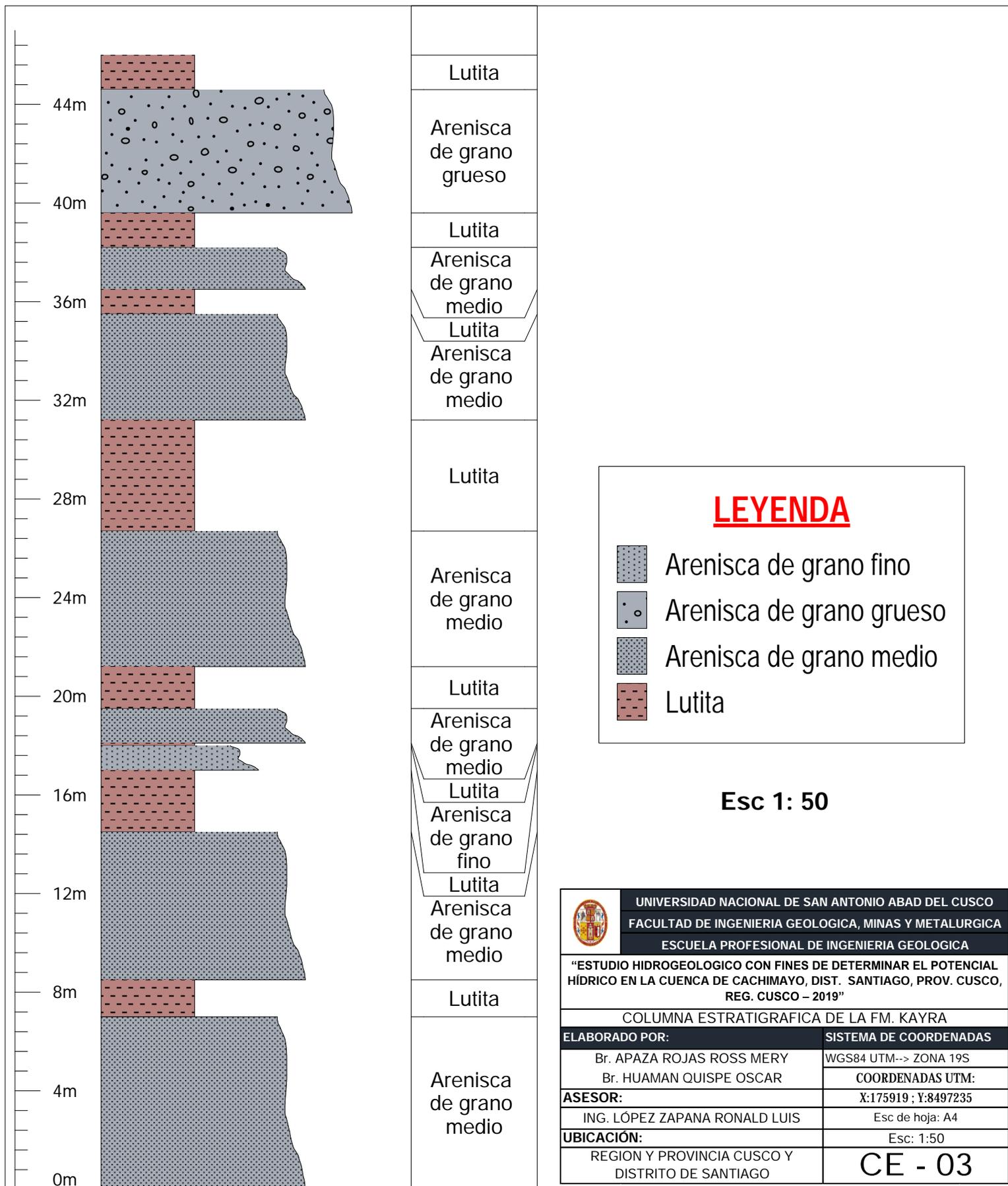


Foto 12. En la foto 12-A se observa Afloramiento de la formación Kayra ubicada al sur de la cuenca Cachimayo (flanco derecho del anticlinal Puquín), con buzamientos de 55NE, foto tomada con dirección sur. En la foto 12-B se observa Presencia de areniscas de la formación Kayra con azimuth N155° y buzamiento 75° SW.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN KAYRA



LEYENDA

- Arenisca de grano fino
- Arenisca de grano grueso
- Arenisca de grano medio
- Lutita

Esc 1: 50

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FM. KAYRA	
ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	WGS84 UTM--> ZONA 19S COORDENADAS UTM:
ASESOR:	X:175919 ; Y:8497235
ING. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	Esc de hoja: A4
UBICACIÓN:	Esc: 1:50
REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRITO DE SANTIAGO	CE - 03

4.1.3 FORMACIÓN SAN SEBASTIAN

La Formación San Sebastián fue definida por Gregory (1916). La presencia de una gran variedad de fósiles vertebrados y de palinomorfos ha permitido datar esta formación como del Pleistoceno (Kalafatovich, 1955; Ramírez, 1958; De Muizon, en Cabrera, 1988). En la zona de estudio esta formación se ubica en la zona de desfogue de la cuenca.

Litología

Esta constituidas por gravas de conos aluviales, arenas fluviales, limos y arcillas lacustres de coloración gris, en la parte superior se encuentra diatomitas y calcáreas (*ver foto 13*). Su espesor es de 100 m aproximadamente.



Foto 13. Presencia de diatomitas y calcáreas de color blanquecina de la formación San Sebastián, foto tomada con dirección hacia el sur.

4.1.4 DEPOSITOS FLUVIALES

Estos depósitos han sido reconocidos en el fondo de las quebradas como: Huamancharpa, Locomayo, Sayacmachay, Chinchay y Isuhuaico, donde están constituidos por bancos de gravas y arenas, formando una o varias terrazas. Las terrazas de Mayrasco y Huamancharpa son las más importantes en la cuenca de Cachimayo. (*Ver foto 14*).



Foto 14. A Cauce del rio Cachimayo donde se aprecia el depósito Fluvial. B Bancos de Gravas con matriz de arena.

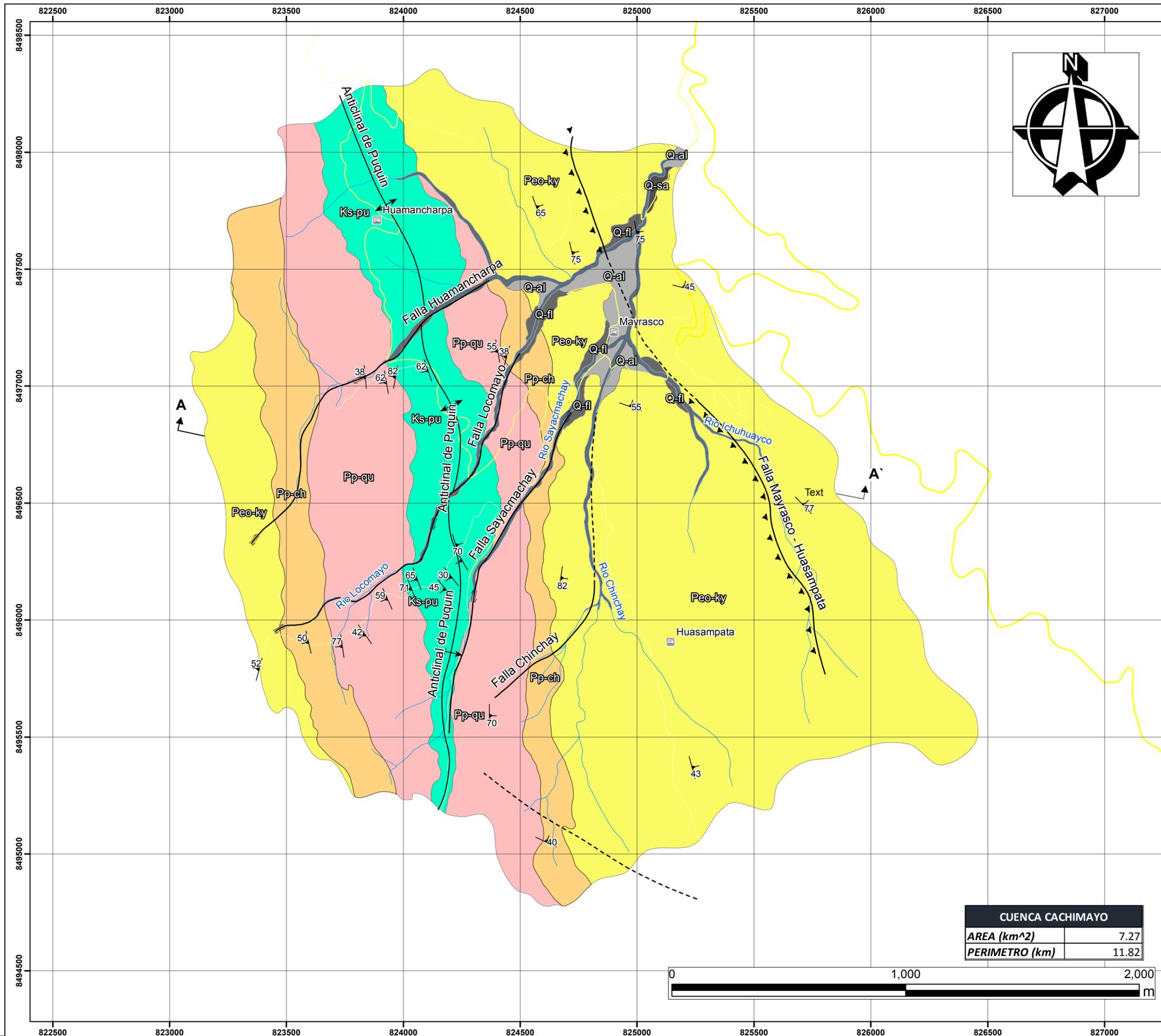
4.1.5 DEPOSITOS ALUVIALES

Se considerado los conos aluviales como parte de los depósitos aluviales. Estos conos están adosados principalmente a la desembocadura de las quebradas adyacentes a los principales ríos como Huamancharpa, Locomayo, Sayacmachay, Chinchay y Isuhuaico. Los conos están conformados por bloques y gravas de areniscas, envueltos por una matriz areno-arcillosa. (*Ver foto 15*)



Foto 15. Deposito de Cono Aluvial donde está asentada la población de Mayrasco.

MAPA GEOLOGICO DE LA CUENCA DE CACHIMAYO



LEYENDA

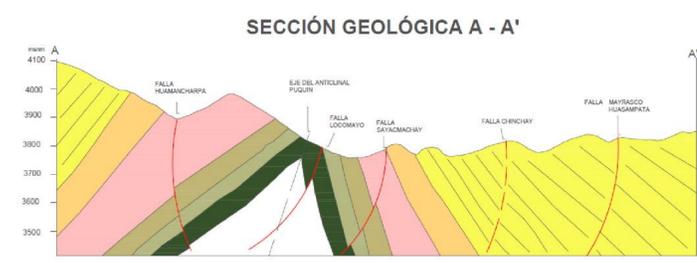
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD	NOMBRE
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Deposito aluvial	Q-al
			Deposito fluvial	Q-fl
		Pleistoceno	Fm. San Sebastian	Q-sa
	PALEOGENO	Eoceno	Fm. Kayra	Peo-Ky
		Paleoceno	Fm. Chilca	Pp-ch
		Fm. Quilque	Pp-qu	
MESOZOICO	CRETACICO	Superior	Fm. Puquin	Ks-pu

Estratigrafia de la Cuenca Cachimayo. Modificado del Boletin N° 138 Serie A (2010)

SIMBOLO

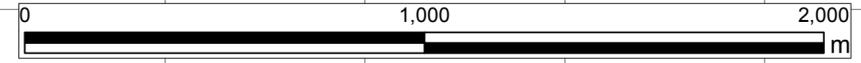
	Centro_Poblado	tipo	-----	Falla Inferidada
	Rumbos y Buzamientos de estratos		▼	Falla Inversa
	Anticinal		—	Falla Normal
	Rios		≡	Falla Normal Dextral

Fallas



CUENCA CACHIMAYO

AREA (km ²)	7.27
PERIMETRO (km)	11.82



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

“ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

MAPA GEOLOGICO DE LA CUENCA DE CACHIMAYO

ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM→ ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A2
ASESOR:	Esc: 1:12500
Mg. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	
UBICACIÓN:	
REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRITO DE SANTIAGO	LAM 5

CAPITULO V

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

5.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

5.1.1 FALLA TAMBOMACHAY

Se ubica al norte de la Ciudad del Cusco y separa la Meseta de Saqsaywaman de las Montañas del Cusco, es decir pone en contacto las formaciones del Grupo Yuncaypata (Cretácico) con las del Grupo San Jerónimo (Eoceno-Oligoceno). Esta falla NO-SE a ONO-ESE es un accidente antiguo que ha tenido muchos juegos, al menos desde el Mesozoico, y que en el Cenozoico ha tenido comportamientos con movimientos de rumbo e inverso (Carlotto, 1988). En efecto, la disposición actual de las rocas indica que se trata de una falla inversa. Sin embargo, esta falla tiene evidencias de un juego cuaternario antiguo de 400 m de desplazamiento caracterizado por las facetas triangulares. (Carllloto et al., 2010: 110)

El plano de falla tiene un buzamiento entre 60 y 70° al sur, y está cubierto parcialmente por detritos de pendiente de los conos de deyección (Cabrera, 1988). Reactivaciones recientes de la falla Tambomachay han creado escarpas menores orientadas hacia el sur en el pie de la escarpa principal (Sébrier et al. 1982, 1985; Cabrera, 1988). Estas escarpas menores se muestran a lo largo de 18 km, exhibiendo ligeramente un patrón arqueado discontinuo entre N80°E y N125°E. Tienen un desplazamiento promedio de 2m y un desplazamiento máximo de 4 m en su terminación más occidental, es decir a una altura de 4,100 m, en el cuadrángulo vecino de Urubamba (27-r). Las reactivaciones recientes han creado formas facetadas al pie de la escarpa, formando patrones en V que demuestran un claro movimiento normal reciente

hacia el sur de la falla Tambomachay. Hacia el este, la falla activa desaparece bajo los conos aluviales de San Jerónimo, a una altura de 3400 msnm. Hacia el oeste, la falla se trunca cerca de la falla Tamboray de dirección N-S (Cuadrángulo de Urubamba). (*Ver LAM-4*).

5.1.2 FALLA CUSCO

Las fotografías aéreas y las imágenes satélites muestran un alineamiento NO-SE que coincide con el piso de valle del río Huatanay, desde Cusco y hasta Saylla-Oropesa. Desde el punto de vista geológico se interpreta como una falla antigua sellada con los sedimentos cuaternarios de la Formación San Sebastián. (Carlloto et al., 2010: 110). (*Ver LAM-4*).

Esta falla separa en parte el Altiplano de la zona intermedia con la Cordillera Oriental. Actualmente esta estructura no muestra signos de reactivaciones recientes, sin embargo, durante el sismo del 21 de mayo de 1950 se observaron desplazamientos en terrenos recientes que afectaron la Formación San Sebastián. De acuerdo a lo que muestra la foto de Ericksen et al. (1954), las estructuras serían una consecuencia de la reactivación de la falla Cusco (Carlotto et al., 1996).

5.1.3 FALLA PARURO

Se extiende con dirección N 150° y Buzamiento de 65° - 70° hacia el oeste a lo largo de 11 kilómetros, entre los pobladores de Yaurisque y Paruro. En la parte norte la falla se divide en 4 escarpas, generando según su distribución una estructura en echelon o la de caballo. La falla se ubica a 3.5 kilómetros al oeste del poblado de Paruro y a 25 kilómetros en la misma dirección de la ciudad de Cusco. (Benavente et al, 2013). (*Ver LAM-4*).

5.1.4 LA FALLA SAN JUAN DE QUIHUARES

La falla activa San Juan de Quihuares está situada en la parte sureste de la falla del mismo nombre que tiene dirección NO-SE y buzamiento al SO de 70°. Esta falla afecta los depósitos de la Formación Paruro en contacto con la Formación Ayabacas al igual que los depósitos cuaternarios coluviales. Tiene hasta dos trazos paralelos y discontinuos con desplazamientos mayores a 2 m. (*Ver LAM-4*)

5.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

5.2.1 FALLA MAYRASCO – HUASAMPATA

La falla Mayrasco – Huasampata se localiza en la C. C. Mayrasco y al NE de la C. C. Huasampata. Ella corresponde a la prolongación hacia el sureste de la falla Huancaro (*Figura 6*). Tiene dirección NO-SE. La disposición actual de las rocas indica que se trata de una falla inversa. El plano de falla tiene un buzamiento entre 60 y 70° al suroeste.

El sector noroeste de la falla está relacionado con el deslizamiento de Huamancharpa donde su corona o cabecera coincide con los planos de falla. (*Ver figura 6*)

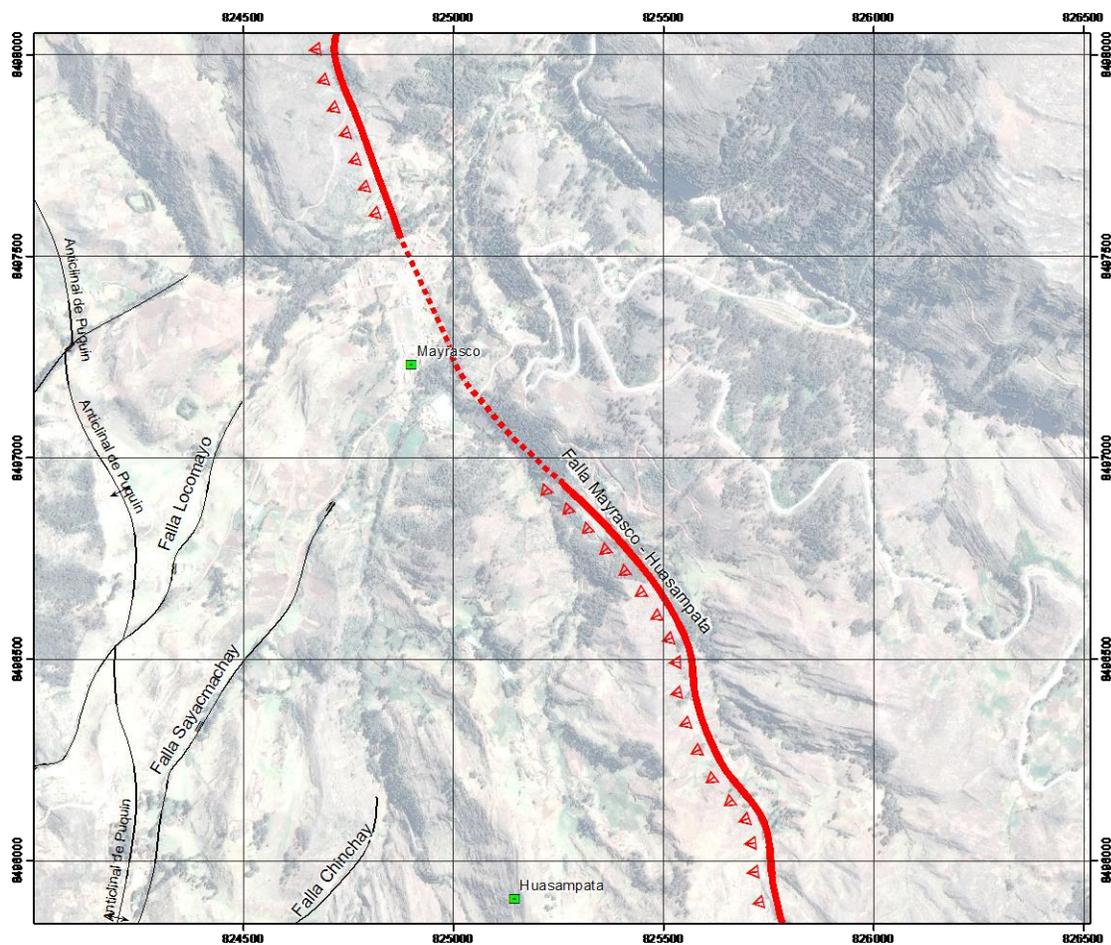


Figura 6. Imagen Satelital de la Falla de Mayrasco - Huasampata

5.2.2 FALLA HUAMANCHARPA

Esta falla se encuentra adyacente a la población de Huamancharpa de ahí su nombre. Tiene una dirección de noreste a suroeste, en la cual se observa que plano de falla presenta un buzamiento hacia noroeste. Se observa depósitos aluviales desplazados con movimientos de tipo normal dextral. No existen registros instrumentales ni históricos que indiquen actividad tectónica. (Ver foto 16)

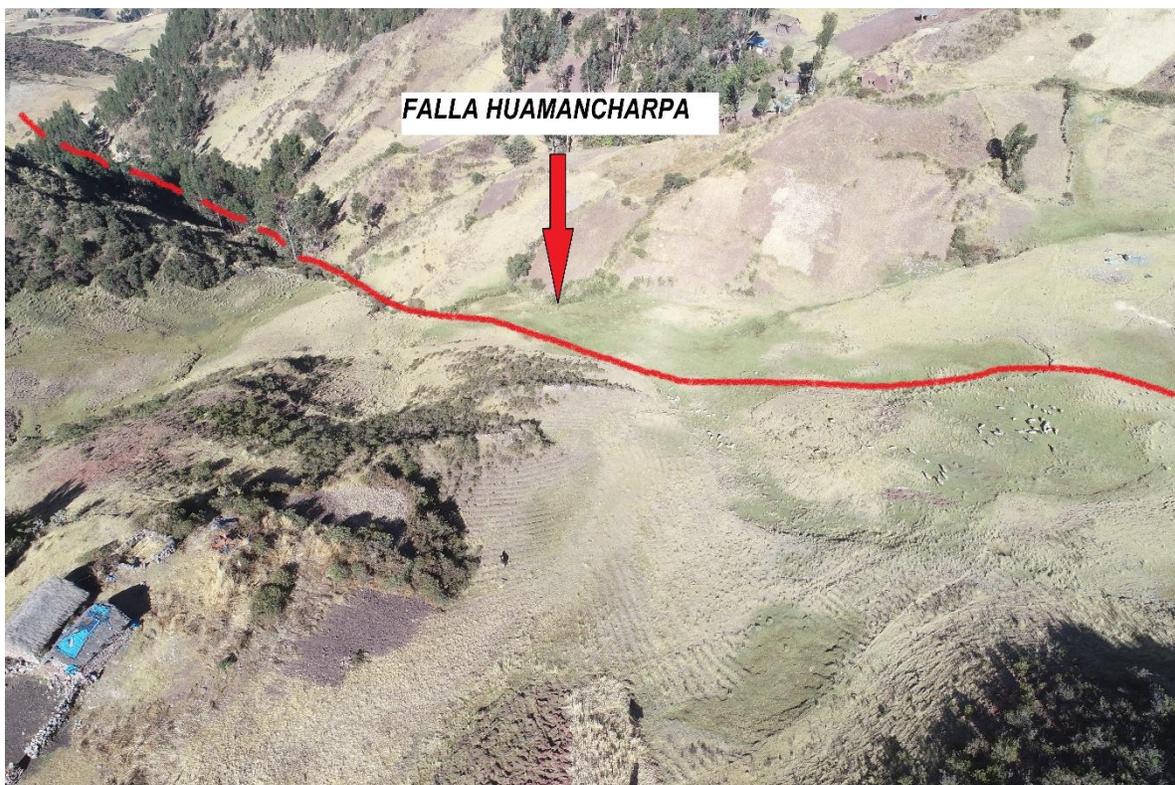


Foto 16. Escarpa de la Falla Huamancharpa. Foto tomada con vista hacia noreste

5.2.3 FALLA LOCOMAYO

La falla Locomayo está ubicado al suroeste de la comunidad de Mayrasco. Tiene una dirección de NE a SW esta falla tiene un desplazamiento de tipo Normal dextral. Esta falla pertenece al sistema de fallas que predominan la zona de estudios. (Ver foto 17)

5.2.4 FALLA SAYACMACHAY

Se ubica al sur del centro poblado de Mayrasco con dirección noreste – suroeste. Esta falla hacia la parte sur coincide con el eje del anticlinal de Mayrasco (*foto 17*) se observan claros movimientos de tipo normal Dextral que en la zona de estudios afectan a la formación Puquin y la formación Quilque.

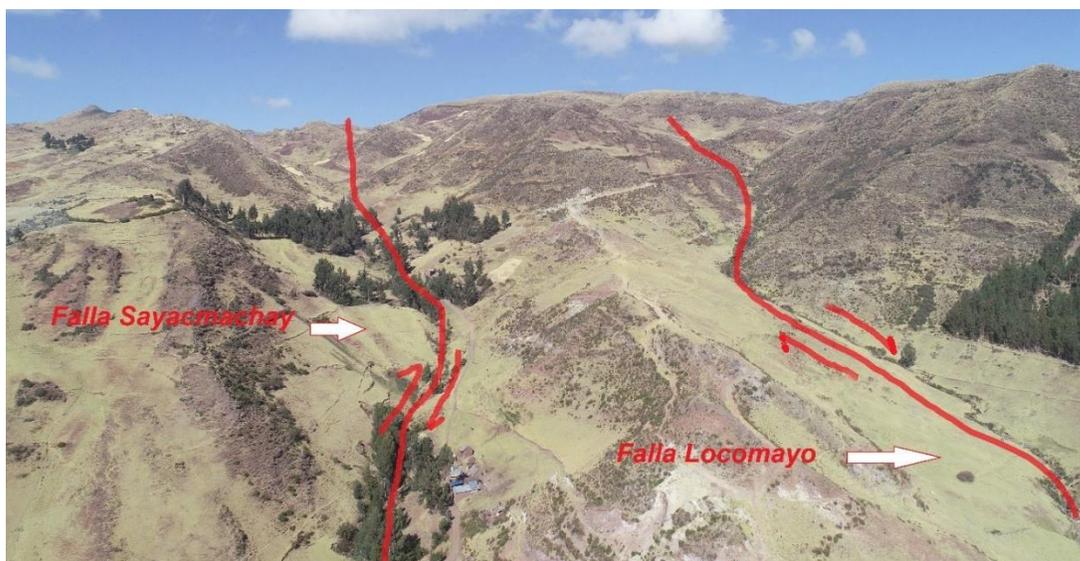


Foto 17. Presencia de las fallas Sayacmachay y Locomayo

5.2.5 FALLA CHINCHAY

Se ubica al norte del centro poblado de Huasampata con dirección noreste – suroeste. Según el cartografiado en campo se observan claros movimientos de tipo normal Dextral, esta falla en gran parte desplaza a la formación Kayra con movimiento Dextral. (*Ver foto 18*)

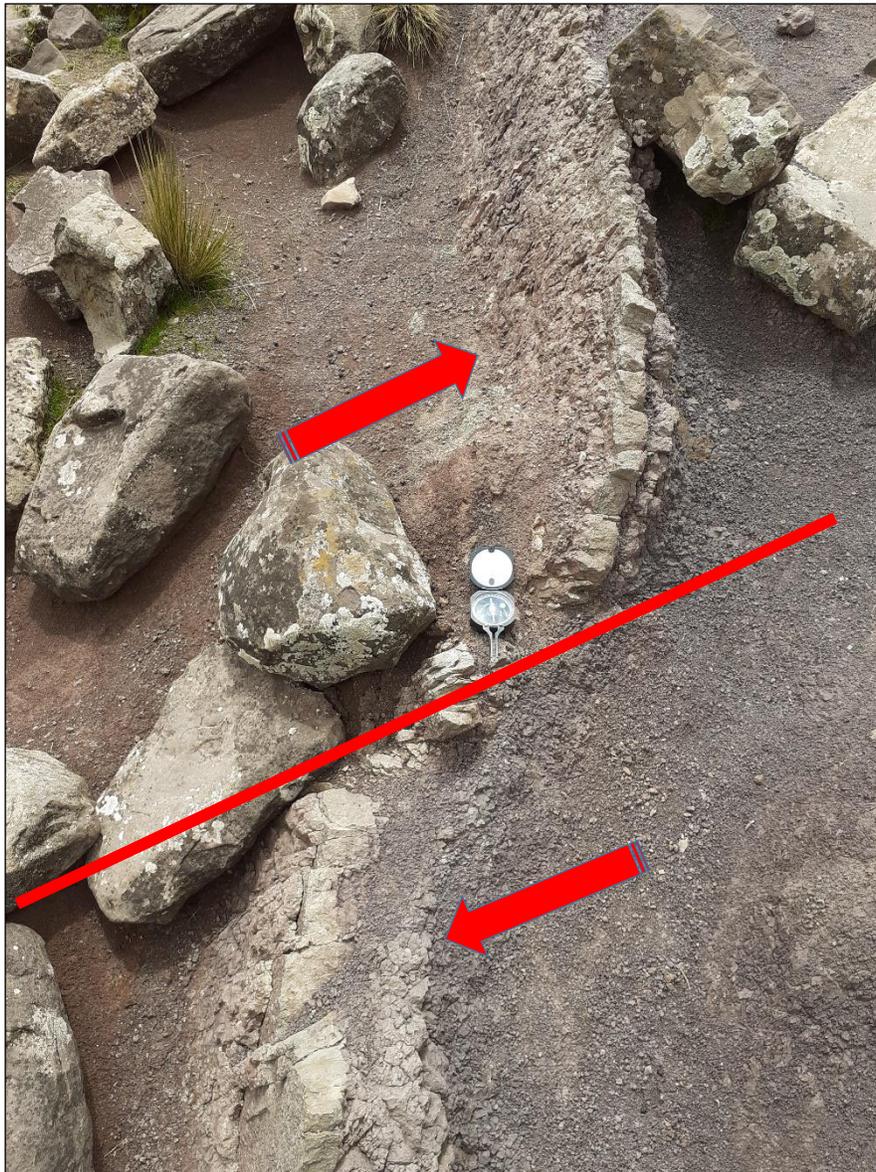


Foto 18. Presencia de micro fallas. Donde se observa claramente el movimiento de tipo Dextral. Vista hacia el sur.

5.3 PLIEGUES

5.3.1 ANTICLINAL DE PUQUIN

El anticlinal de Puquín está situado al sur del centro poblado de Mayrasco, se extiende hasta el suroeste de la Comunidad de Huasampata. El eje de este anticlinal tiene una orientación N-S, es de tipo Buzante hacia el sur (*Ver foto 20*). Donde su núcleo está constituido por la formación Puquín y en los flancos encontramos las formaciones de Quilque, Chilca y Kayra. (*Ver foto 19 y Sección Geológica 01*). Según (Carlotto, 2010) menciona al anticlinal Puquín que se extiende desde el oeste de la ciudad de Cusco hasta el suroeste de la Comunidad de Huasampata.

El anticlinal de Puquín separa la subcuenca de Cusco-San Jerónimo, de orientación NO-SE y la subcuenca Ccorca, de orientación N-S. Los estudios de Córdova (1986) y Carlotto (1998) han demostrado la existencia de subcuencas en el Altiplano del Cusco. Estas subcuencas corresponden a depresiones formadas por movimientos tectónicos dextrales entre 52 y 43 Ma (cuenca Kayra), que jugaron sobre antiguos accidentes, siendo los más importantes las fallas Huanoquite Accha, el anticlinal Monjaspata, el anticlinal de Puquín y la falla Anyarate-San Juan de Quihuare (Carlotto, 1998). Se sabe también que alrededor del Eoceno medio (43 Ma), las fallas comienzan a cabalgar y a formar pliegues de amortiguamiento.

Todos los pliegues presentes en el valle Cusco son interpretados como de amortiguamiento (Carlotto, 2006b). Estos pliegues son parte de un sistema de discordancias progresivas que constituyen una de las estructuras más espectaculares que existen en la región.

“ESTUDIO HIDROGEOLOGÍCO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

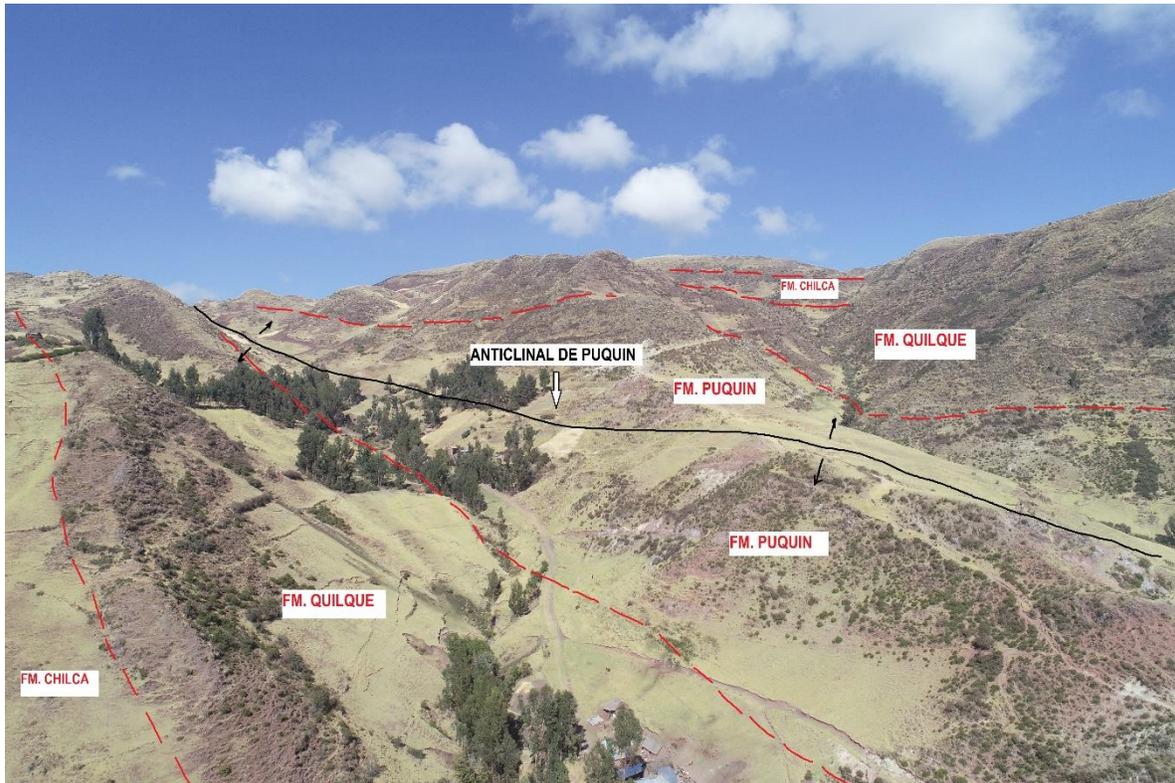
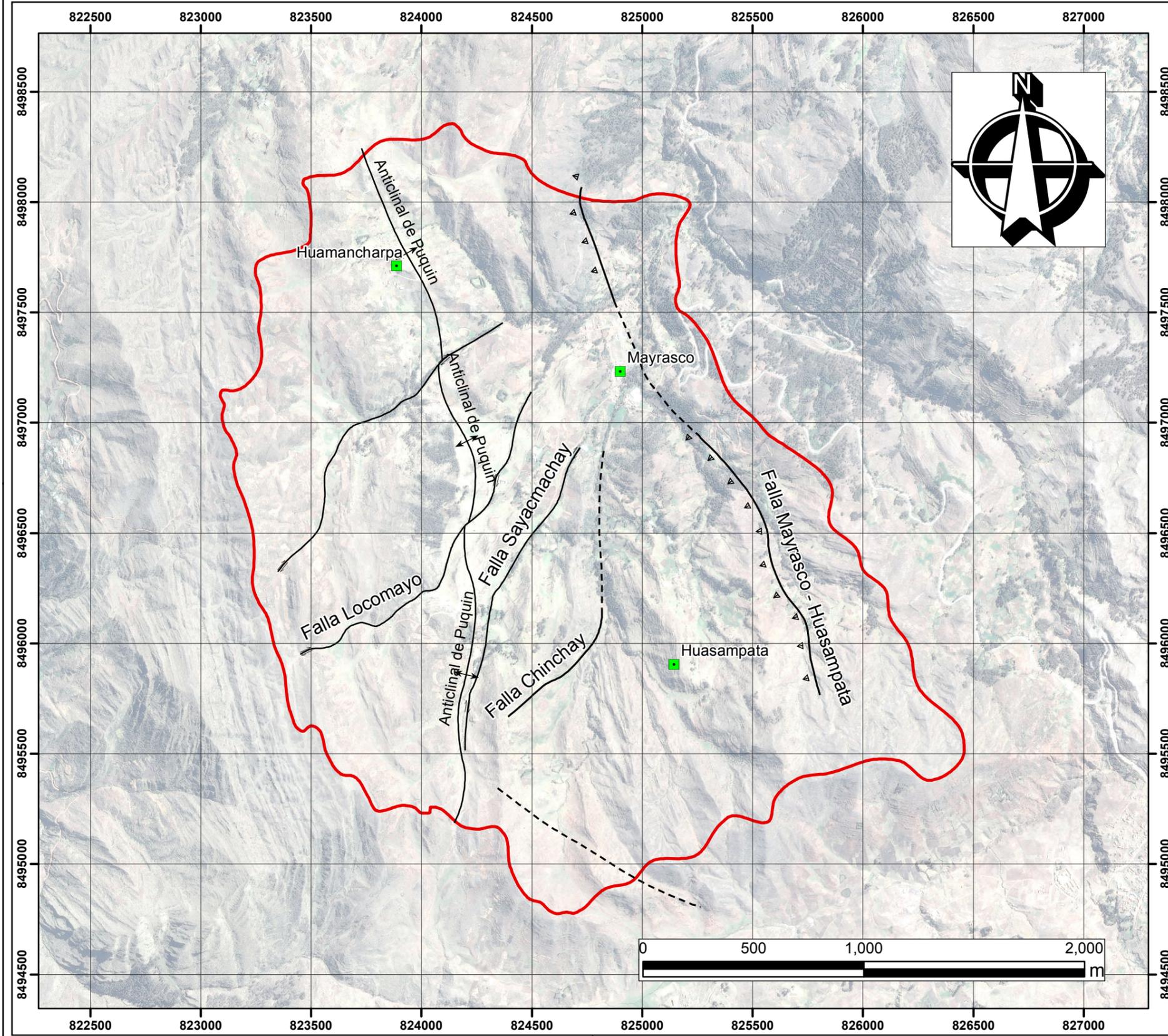


Foto 19. Anticlinal de Puquín, donde el núcleo está constituido por la formación Puquín y los flancos por la Formaciones Quilque y Chilca.



Foto 20. Núcleo del anticlinal de Puquín. A la derecha se observa la interpretación de la estructura.

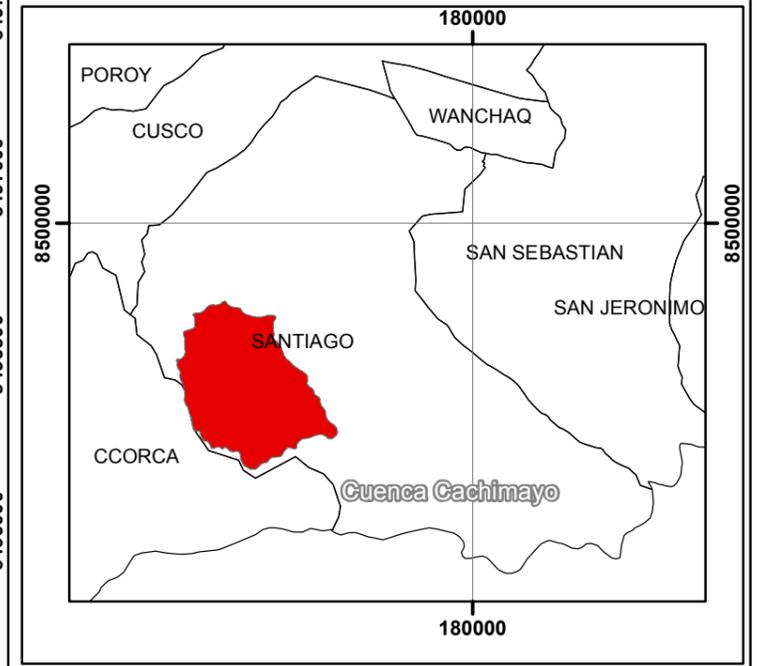
MAPA ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DE CACHIMAYO



SIMBOLOGIA

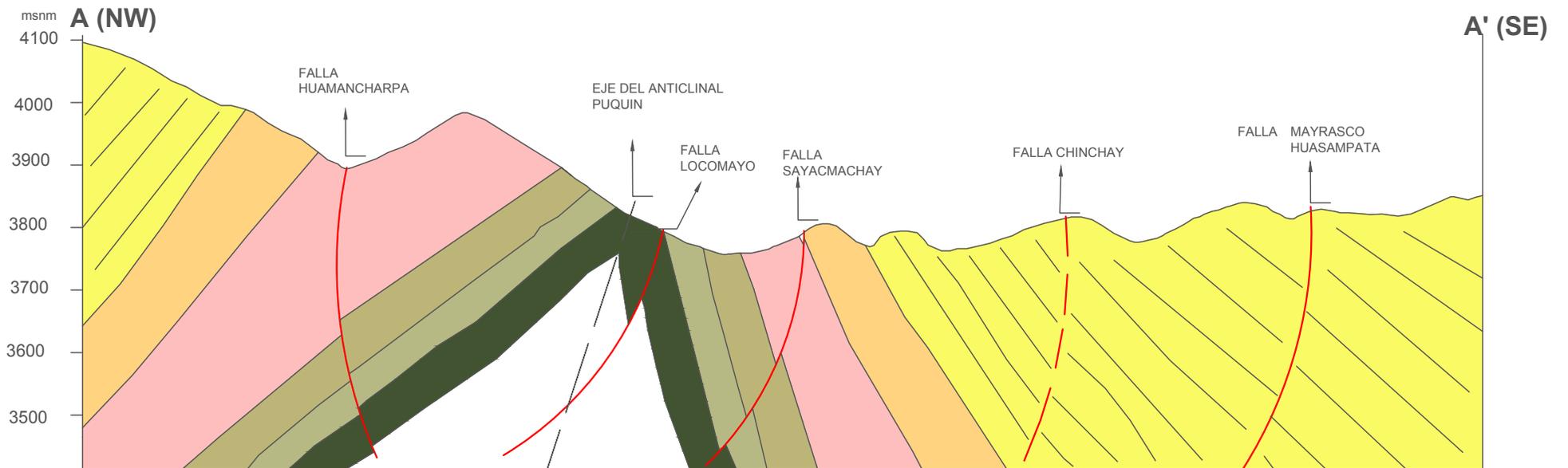
- Cuenca_Cachimayo
- Centros Poblados
- ↕ Anticlinal de Puquin
- Falla Inferidada
- Falla Inversa
- Falla Normal
- Falla Normal Dextral

MAPA DE UBICACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
MAPA ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DE CACHIMAYO	
ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM-> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A3
ASESOR:	Esc: 1:20000
Ing. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	LAM 6
UBICACIÓN:	
REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRITO DE SANTIAGO	

SECCIÓN GEOLÓGICA A - A'



LEYENDA	
	FORMACIÓN PUQUÍN
	FORMACION QUILQUE
	FORMACIÓN CHILCA
	FORMACIÓN KAYRA

SIMBOLOGIA	
	FALLA INFERIDA
	FALLA
	ESTRATIFICACIÓN
	EJE DEL ANTICLINAL

EscV 1:100

EscH 1:12500

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
SECCIÓN GEOLÓGICA A - A'	
ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM-> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A4
ASESOR:	Esc: 1:100
ING. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	SEC: 01
UBICACIÓN:	
REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRITO DE SANTIAGO	

CAPITULO VI

HIDROLOGIA DE LA CUENCA CACHIMAYO

6.1 GENERALIDADES

Para la clasificación de cuenca, en nuestra zona de estudio se utilizó el criterio de Otto Pfafstetter, por tratarse de un método que permite la jerarquización de la red hidrográfica; la topología de la red está incorporada en el código; por ser de aplicación global; por ser de fácil implementación computacional y, consecuentemente, interactuar bien con Sistemas de Información Geográfica – SIGs. Según el sistema Pfafstetter, existen tres tipos, de unidades de drenaje, cuenca, intercuenca, y cuencas internas.

De acuerdo al sistema de codificación Pfafstetter, el Perú se encuentra en tres grandes cuencas o vertientes hidrográficas de Sudamérica, las cuales corresponden al primer nivel y tiene como códigos el **0 (Cuenca interna de Titica)**, **1 (Inter cuenca del Pacifico)** y **4 (Cuenca del Amazonas)**.

En el caso de la cuenca del río Cachimayo se describe de la siguiente manera:

4994969	Nivel 7: Cuenca del río Cachimayo
	Nivel 6: Cuenca del río Huatanay
	Nivel 5: Cuenca del río Vilcanota
	Nivel 4: Cuenca del río Urubamba
	Nivel 3: Cuenca del río Ucayali
	Nivel 2: Cuenca cabecera del río Amazonas
	Nivel 1: Region Hidrografica del Amazonas

Hidrográficamente el río Cachimayo se encuentra en el séptimo nivel (7 dígitos), se ubica en las nacientes de la cuenca del Huatanay, conformando uno de sus principales tributarios de la cuenca del río Vilcanota. La cuenca del Vilcanota pertenece a la cuenca del río Urubamba

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

A su vez la cuenca del río de Urubamba es afluente de la cuenca del río Ucayali perteneciente a la cabecera de la región hidrográfica del Amazonas.

6.2 PARÁMETROS HIDROMORFOMETRICAS DE LA CUENCA CACHIMAYO

El estudio sistemático de los parámetros fisiográficos o geomorfológicos de las cuencas es de gran utilidad práctica en la ingeniería hidrológica, pues con base en ellos se puede lograr una transferencia de información de un sitio donde existe poca información; bien sea por error en los datos, por carencia total de información de registros hidrológicos, a otro; siempre que exista una semejanza geomorfológica y climática entre las zonas en cuestión.

Cuadro 2. Parámetros de forma de la cuenca Cachimayo. Elaboración: propio

Parámetros de Forma	Símbolo	Unidad	Método	C. Cachimayo
Área de la Cuenca	Ac	Km ²	Automatizado	7.260
Perímetro	Pc	Km	Automatizado	11.810
Longitud Axial	Lax	Km	Automatizado	3.098
Ancho Promedio	Ap	Km	$Ap=Ac/Lax$	2.343
Factor de Forma	Ki		$Ff=Ap/Lax$	0.756
Coefficiente de compacidad	Kc		$Kc=0.28*\frac{Pc}{\sqrt{Ac}}$	1.227
Elongación	Ei		$Ei=2*\sqrt{\frac{Ac}{\pi}}*Lax$	0.981
Índice de circularidad	lc	SCHUM	$lc=\sqrt{4\pi * \frac{Ac}{Pc^2}}$	0.809
Lado Mayor	L	Km	$L = \frac{k_c * \sqrt{p * Ac}}{2} * (\sqrt{1 - \frac{4}{p * k_c^2}})$	4.083
Lado Menor	l	Km	$l = \frac{K_c * \sqrt{p * Ac}}{2} * (1 - \sqrt{1 - \frac{4}{p * K_c^2}})$	1.778

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

Parámetros de Forma	Símbolo	Unidad	Método	C. Cachimayo
Altitud máxima	Hmax	m.s.n.m	$Hm = \sum (al * hi) / Ach$	4150
Altitud mínima	Hmin	m.s.n.m	Automatizado	3600
Altitud más Frecuente	Amf	m.s.n.m	Curva hipeometrica-	Polígono de frecuencia
Línea de Máxima de pendiente	LMP	%	Automatizado	23.4697
Declividad Equivalente Constante	S	%	Automatizado	2.0207
Tiempo Medio de Traslado	Tm	horas	Automatizado	Igual al Tc
Índice de Pendiente	Ip	%	Automatizado	0.0104
Pendiente de la cuenca	S	%	$S = \frac{Amax - Amin}{LRP} * 100$	17.75
Criterio de Jusstin	Pmck	%	Automatizado	0.2041
Criterio del Rectan. Equivalente	Cm	%	Automatizado	13.4702

Existen diversos parámetros fisiográficos que permiten describir a una cuenca, sin embargo, los más importantes son:

Área de la Cuenca: Para el cálculo de área de la cuenca Cachimayo se utilizó el software ARCGIS, donde el área total de la zona de estudios es igual a 7.26 km².

Según DSMC-DGASI/Lima, 1983 (Ver cuadro 3), la clasificación por rango de área, la zona de estudio pertenece a una quebrada ya que presenta un área menor a 10 km² (7.26 km²)

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

Cuadro 3. Unidades Hidrográficas y rango.

Unidad Hidrográfica	Área (km ²)	N° de orden del Rio
Quebrada (muy pequeña)	<10	1°, 2°
Microcuenca (pequeña)	10 – 100	1°, 2° o 3°
Sub Cuenca (mediano)	100 - 700	4° o 5°
Cuenca (grande)	700 - 600	6° a mas

Fuente: DSMC-DGASI/Lima, 1983 - Metodología de Priorización de cuencas).

Elaboración: propio

Perímetro (P): De igual manera para el cálculo del perímetro de la cuenca Cachimayo se utilizó el software ARCGIS, donde el perímetro total de la zona de estudios es igual a 11.81 km.

Índice de compacidad (índice de Gravelious): El índice de compacidad de una cuenca definido por Gravelious, expresa la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca, es decir:

$$k = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

- P: perímetro de la cuenca (11.81 km)
- A: área de la cuenca (7.26 km²)

Para la cuenca de Cachimayo el índice de compacidad resulta 1.23 que corresponde a una cuenca de forma circular.

6.3 CUANTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL BALANCE

6.3.1 PRECIPITACIÓN

6.3.1.1 MEDIDA DE LA PRECIPITACION

VALIDACIÓN DE LOS DATOS Y OBTENCIÓN DE SERIES DE PRECIPITACIÓN

La información meteorológica se ha obtenido de la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Cabe resaltar que la cuenca en estudio no cuenta con ningunas estaciones pluviométricas y climatológica.

Tabla 3. UBICACION DE ESTACIONES METEREOLÓGICAS

CODIGO	NOMBRE	TIPO	UBICACIÓN			LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
			Dpto.	Provincia	Distrito	(°, ', ")	(°, ', ")	(msnm)
100044	KAYRA	CO-607	CUSCO	CUSCO	SAN JERONIMO	13° 33' 25"	71° 52' 3"	3,219
114032	YAURI	CO-607	CUSCO	ESPINAR	ESPINAR	14° 49' 1"	71° 25' 1"	3,927
113034	URUBAMBA	CO-884	CUSCO	URUBAMBA	URUBAMBA	13° 18' 18.6"	72° 7' 28.4"	2,850
113035	ANCACHURO	CO-684	CUSCO	ANTA	ZURITE	13° 28' 6"	72° 12' 57"	3,340
113037	PARURO	CO-684	CUSCO	PARURO	PARURO	13° 46' 3"	71° 50' 41"	3,084

Elaboración: Propia en base a la información de SENAMHI

6.3.1.2 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN

Para la estimación de las precipitaciones en nuestra zona de estudio se evaluaron los datos de precipitación total mensual registrados en las estaciones de SENAMHI ya mencionadas anteriormente, desde el año 1964 hasta el año 2018. Estos datos se realizaron las pruebas de consistencia, ajuste de información y se procedió a completar los datos faltantes. Posteriormente se regionalizo y extrapolo los datos para contar con la información para la cuenca de Cachimayo. Cabe mencionar que todos los métodos para la estimación de precipitación del ámbito de estudio, se tomaron como referencia el libro de “*Hidrología Estadística*” de Máximo Villon Bejar

6.3.1.2.1 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

El análisis de consistencia de la información, es el proceso que consiste en la identificación o detección, descripción y remoción de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie de tiempo hidrológica.

Antes de utilizar la serie histórica para el modelamiento, es necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo, a fin de obtener una serie confiable, es decir, homogénea y consistente.

El análisis de consistencia de la información hidrológica, se realiza mediante los siguientes procesos:

- Análisis visual gráfico
- Análisis doble masa.
- Análisis estadístico

Análisis visual gráfico: Con los datos históricos se efectuá hidrogramas. Este gráfico sirve para analizar la consistencia de la información hidrológica en forma visual, e indicar, el período o períodos en los cuales la información es dudosa, lo cual se puede reflejar como "picos" muy altos o valores muy bajos, saltos y/o tendencias, los mismos que deberán comprobarse, si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido, o si son producto de errores sistemáticos

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

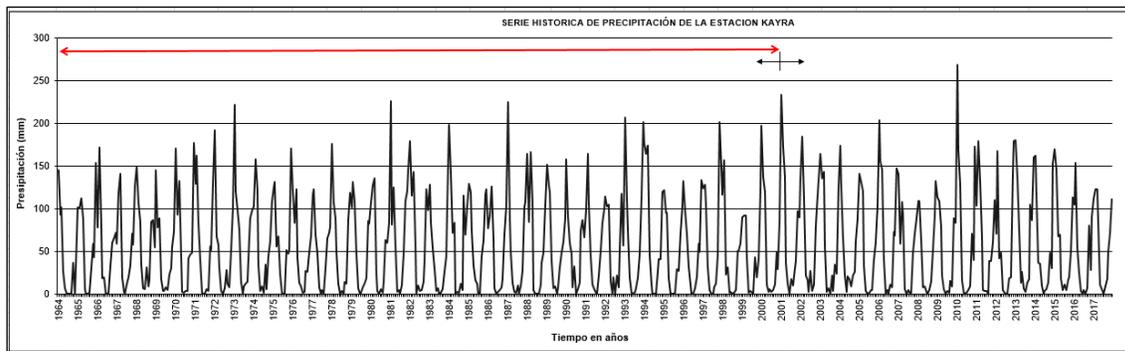


Figura 7. Serie histórica de precipitaciones promedios anuales de la Estación Kayra.

Análisis doble masa: Este análisis se utiliza para tener una cierta confiabilidad en la información, así como también, para analizar la consistencia en lo relacionado a errores, que pueden producirse durante la obtención de los mismos, y no para una corrección a partir de la recta doble masa.

			Nro. Datos	Media	Desviación est.	Varianza
Primer periodo	1964-2000		37.00	660.49	106.56	11355.37
Segundo periodo	2001-2017		17.00	701.00	112.96	12759.58
			54.00			

Figura 8. Análisis de doble masa- Estación Kayra

Análisis estadístico: Después de obtener de los gráficos construidos para el análisis visual y de los de doble masa, los períodos de posible corrección, y los períodos de datos que se mantendrá con sus valores originales, se procede al análisis estadístico de saltos, tanto en la media como en la desviación estándar.

a. Análisis de Saltos

1. Consistencia de la Media

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba t (prueba de hipótesis), si los valores medios (X_1 , X_2) de las submuestras, son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95Vo o con 57o de nivel de significación.

01.- EVALUACION DE LA ESTACION KAYRA					
		N	X	S	
		Nro. Datos	Media	Dev. est.	Varianza
Primer periodo	1964-2000	37.00	660.49	106.5615622	11355.36653
Segundo periodo	2001-2017	17	701.002	112.9583214	12759.58238
1. CONSISTENCIA EN LA MEDIA					
Hipótesis	Cálculo de la desviación estándar de la diferencia de promedios				U1-U2
Hp: $\mu_1 = \mu_2$	Media poblacional	Caso de variaciones iguales			Realización de la prueba T
Ha: $\mu_1 < \mu_2$					SIGNIFICANCIA
$\alpha = 0.05$	G.L. = n_1+n_2-2	$S_d = S_p \cdot (1/n_1+1/n_2)^{1/2}$	$T_c = [(x_1-x_2)-(u_1-u_2)]/S_d$		$\alpha = 0.05$
		$S_p = \{[(n_1-1) \cdot S_1^2 + (n_2-1) \cdot S_2^2] / [n_1+n_2-2]\}^{1/2}$			
GL	Sd	Sp	Tc	Tt	Significancia
52.00	31.81	108.57	-1.28	1.67	NO SIGNIFICA Ho
INTERPOLACION TABLA "T"					
	52.00	1.675			NO CORRECCION
					no hay diferencia entre los bloques de periodos en

Figura 9. Análisis de Consistencia de la Media de la Estación Kayra

2. Consistencia de la Desviación Estándar
3. El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba F, si los valores de las desviaciones estándar de las submuestras son estadísticamente iguales o diferentes, con un 95% de probabilidad o con un 57 % de nivel de significación,

2. CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR											
Hipótesis	ver condicion para Fc										
Hp: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ Varianza poblacional	Cálculo del Fc										
Ha: $\sigma_1^2 < \sigma_2^2$	NO	$F_c = [S_1^2(x)]/[S_2^2(x)]$	Si $S_1^2(x) > S_2^2(x)$	G.L.N. = n_1-1							
$\alpha = 0.05$	SI	$F_c = [S_2^2(x)]/[S_1^2(x)]$	Si $S_2^2(x) > S_1^2(x)$	G.L.D. = n_2-1							
	GL N	Fc	Ft	Significancia							
	36.00	1.12	2.168	NO SIGNIF Ho							
	GL D	16.00									
INTERPOLACION TABLA "F"											
		NO CORRECCION	$F_c > F_t = **$	30	2.194						
			$F_c < F_t = NS$	36.00	2.168						
				40	2.151						
Tabla t-Student		Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER									
		$1 - \alpha = 0.95$ $1 - \alpha = P(F \leq f_{\alpha, n_1, n_2})$									
Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005					
50	0.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778					
51	0.6793	1.2984	1.6753	2.0076	2.4017	2.6757					
52	0.6792	1.2980	1.6747	2.0066	2.4002	2.6737					
53	0.6791	1.2977	1.6741	2.0057	2.3988	2.6718					
54	0.6791	1.2974	1.6736	2.0049	2.3974	2.6700					
$n_1 \backslash n_2$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	40
1	248.307	248.979	248.823	249.052	249.260	249.453	249.631	249.798	249.951	250.096	251.144
2	19.448	19.450	19.452	19.454	19.456	19.457	19.459	19.460	19.461	19.463	19.471
3	8.654	8.648	8.643	8.638	8.634	8.630	8.626	8.623	8.620	8.617	8.594
4	5.795	5.787	5.781	5.774	5.769	5.763	5.759	5.754	5.750	5.746	5.717
5	4.549	4.541	4.534	4.527	4.521	4.515	4.510	4.505	4.500	4.496	4.464
6	3.865	3.856	3.849	3.841	3.835	3.829	3.823	3.818	3.813	3.808	3.774
7	3.435	3.426	3.418	3.410	3.404	3.397	3.391	3.386	3.381	3.376	3.340
8	3.140	3.131	3.123	3.115	3.108	3.102	3.096	3.090	3.084	3.079	3.043

Figura 10. Consistencia de la Desviación Estándar de la Estación Kayra.

4. Corrección de los datos

En los casos en que los parámetros media y desviación estándar de las submuestras de las series de tiempo, resultan estadísticamente iguales, la información original no se corrige, por ser consistente con 95% de probabilidad, aun cuando en la doble masa se observe pequeños quiebres

b. Análisis de Tendencias

Antes de realizar el análisis de tendencias, se realiza el análisis de saltos y con la serie libre de saltos, se procede a analizar las tendencias en la media y en la desviación estándar.

1. Tendencia en la Media
2. Tendencia en la desviación estándar

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

Según Salas "la tendencia en la desviación estándar, generalmente se presenta en los datos semanales o mensuales, no así en datos anuales". Por lo que, cuando se trabajan con datos anuales, no hay necesidad de realizar el análisis de la tendencia en la desviación estándar.

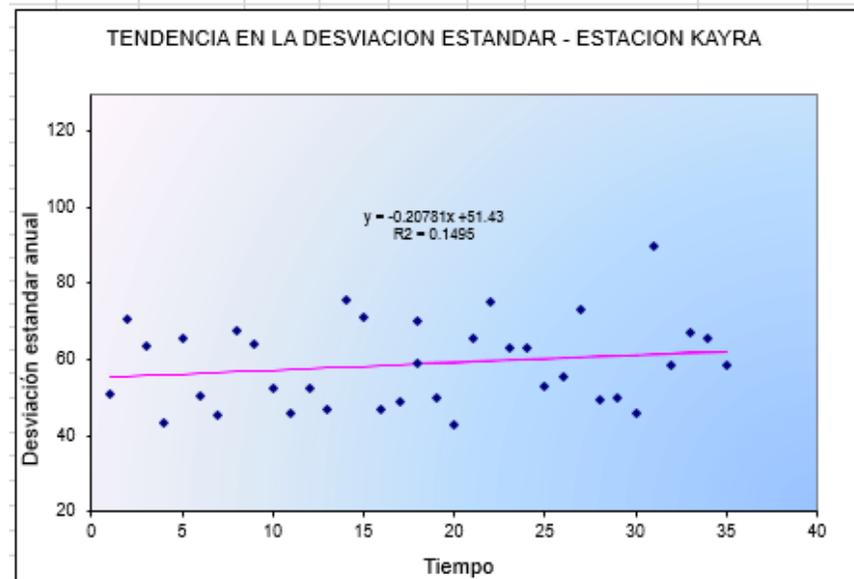


Figura 11. Tendencia en la desviación estándar - Estación Kayra.

6.3.1.2.2 COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN

La extensión de información, es el proceso de transferencia de información desde una estación con un "largo" registro histórico a otra con un "corto" registro.

La completación de datos, es el proceso por el cual, se llenan "huecos" que existen en un registro de datos. La completación es un caso particular de la extensión.

La extensión de datos, es más importante que la completación, por cuanto modifican sustancialmente a los estimadores de los parámetros poblacionales, por ejemplo, la media de una muestra corta, será diferente a la media de una muestra extendida.

La completación y extensión de la información hidrometeorológica faltante, se efectúa para tener en lo posible series completas, más confiable y de un período uniforme.

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

Existe varias técnicas para la completación, y extensión de información, entre ellas podemos mencionar, por ejemplo: la regresión lineal simple, relleno con criterios prácticos, regresión lineal múltiple, etc. Para la completación de información de nuestra zona de estudio se utilizó la técnica de regresión lineal simple.

Metodo de la recta de regresión													
REGRESION LINEAL SIMPLE ESTACION YAURI CON LA ESTACION KAYRA													
Media y variancia para el periodo común													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Prom. Esto. Incomp	$\bar{y} = 179.42$	173.82	125.74	56.98	7.69	4.17	3.24	10.11	19.20	39.61	51.31	119.77	
Varianza Esto. Incomp	$S^2(\bar{y}) = 3846.23$	4252.44	2557.71	1368.39	80.24	90.67	27.08	391.60	401.98	870.12	1431.26	1781.89	
Desviación Est. Incomp	$S(\bar{y}) = 62.02$	65.21	50.57	36.99	8.96	9.52	5.20	19.79	20.05	29.50	37.83	42.21	
Prom. Esto. Indice	$\bar{x} = 146.19$	126.34	96.24	40.13	7.15	2.83	4.35	6.46	18.19	46.51	65.00	113.26	
Varianza este Indice	$S^2(\bar{x}) = 5846.08$	4052.35	2613.42	728.49	39.93	18.08	42.15	56.35	168.05	732.56	1757.99	3669.32	
Desviación est. Indice	$S(\bar{x}) = 47.56$	33.18	35.64	24.16	6.30	4.60	6.96	8.02	12.02	21.32	35.32	36.78	
Coeficiente de correlación													
$r = \frac{\sum xy - \bar{x}\bar{y}}{\sqrt{Sx^2 Sy^2}} = 0.53$													
Prueba de significación del coeficiente de correlación													
metodo recta regresion	$H_0: r = 0$	0.55	0.50	0.48	0.30	0.62	0.34	0.70	0.70	0.28	0.26	0.47	0.56
covarianza Sxy	$H_1: r > 0$	1577.04	1062.04	951.42	264.12	34.06	14.40	24.69	108.59	67.63	161.79	613.68	890.63
	$a = 0.05$												
	$n = 40$	39	42	43	43	44	41	44	42	39	38		
	$T_0 = ((n-2)^{1/2})/(r)^{1/2}$	3.90	3.43	3.39	1.98	4.84	2.23	6.14	5.86	1.90	1.68	3.14	3.93
	$G.L. = n-2$	38	37	40	41	41	42	39	42	40	37	36	
	$T_t =$	1.3025	1.3025	1.3016	1.3016	1.302	1.3031	1.3031	1.304	1.3031	1.3025	1.3036	1.3025
Interpretación:													
Como $T_0 > T_t$ entonces r es significativo al 95% de probabilidades y procede la completación de datos													
Estimación de parámetros de la ecuación de regresión													
	$b = rSy/Sx$	0.79	0.57	0.67	0.45	0.96	0.63	0.51	1.63	0.47	0.36	0.45	0.63
	$a = \bar{y} - b\bar{x}$	77.51	91.98	61.23	38.92	1.75	2.25	1.90	-0.79	10.68	23.06	19.34	48.84
	$y = a + bx$												
metodo recta regresion	$a =$	139.98	140.68	94.39	42.43	1.79	1.92	0.67	-2.34	11.88	23.34	28.62	93.51
metodo recta regresion	$b =$	0.270	0.262	0.326	0.363	0.853	0.797	0.690	1.327	0.402	0.221	0.349	0.232
	$y = a + bx$												
		$F_0 > F_t = **$											
		$F_0 < F_t = NS$											
						30	1697						
						31	1696						
						40	1684						

Figura 12. Completación y Extensión de datos por el método recta de regresión simple - Estación Kayra. Elaboración: propio

6.3.1.2.3 REGIONALIZACIÓN Y EXTRAPOLACIÓN

Para la Cuenca de Cachimayo la precipitación media mensual se obtuvieron con la regionalización y extrapolación (ver cuadro 4) de los datos la cual se detalla en el cuadro 5. También se muestra la precipitación media, mínima, y máxima; por tanto, la precipitación media de la cuenca de Cachimayo es de 773.55 mm/año.

Cuadro 4. Coeficiente para generación de precipitación en la Cuenca Cachimayo.

COEFICIENTES PARA GENERACION DE PRECIPITACION EN LA ZONA DE ESTUDIO																	
CUENCA	CACHIMAYO	coordenadas		FACTOR DE PROPORCIONALIDAD DE PRECIPITACION				FACTOR DE INFLUENCIA POR TRANSPORTE DE PRECIPITACION POR ALTITUD		FACTORES DE INFLUENCIA POR DISTANCIA Y ALTITUD DE ESTACIONES A PUNTO INTEREZ				FACTOR DE INFLUENCIA TOTAL			
ESTACION	ALTITUD	COORDENADAS UTM		PRECIPITACION HISTORICA (mm/año)	PRECIPITACION CORREGIDA (mm/año)	DIST. HORIZ. CUENCA- ESTACION (d, m)	DIFERENCIA DE ALTITUD ENTRE PUNTO INTERES - ESTACIONES (h ₁₂)	N° Ecuacion	4	Proporcion Inversa Distancia	Proporcion Inversa diferencia de alturas	FACTOR INFLUENCIA POR DIST. Y ALTITUD	F _{0n} = (F ₀ + F _n)/2	F _t = F _p * F _{0n}			
		X	Y	P _{hist.}	P _{corr.}	F _p = $\frac{P_{Cuenca}}{P_{Estac.}}$	F ₀ = $\sum (d_i)/d_i$								F _n = $(f_p/\sum f_i)$	F ₁ = $\sum (h_i)/h_i$	F ₂ = $(f_p/\sum f_i)$
KAYRA	3,219.00	188,793.81	8,499,441.00	674.77	-17,914.82	635,772.92	569.00			1.146	2.08	0.0145	4.9174	0.1286	0.0715	0.082	
YAURI	3,927.00	239,873.17	8,360,516.92	788.52	-21,988.02	600,295.06	139.00			0.981	2.20	0.0153	20.1295	0.5263	0.2708	0.266	
URUBAMBA	2,850.00	811,549.46	8,527,316.40	508.21	-15,950.90	33,436.52	938.00			1.522	39.55	0.2749	2.9829	0.0780	0.1765	0.269	
ANCACHURO	3,340.00	801,449.16	8,509,365.29	723.58	-18,582.54	26,443.17	448.00			1.069	50.01	0.3476	6.2455	0.1633	0.2555	0.273	
PARURO	3,084.00	192,377.0551	8,476,168.312	855.28	-17,183.68	26,443.17	704.00			0.904	50.01	0.3476	3.9744	0.1039	0.2258	0.204	
				Σ		1,322,390.83	2,798.00						143.85	1.00	38.25	1.0000	1.094

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

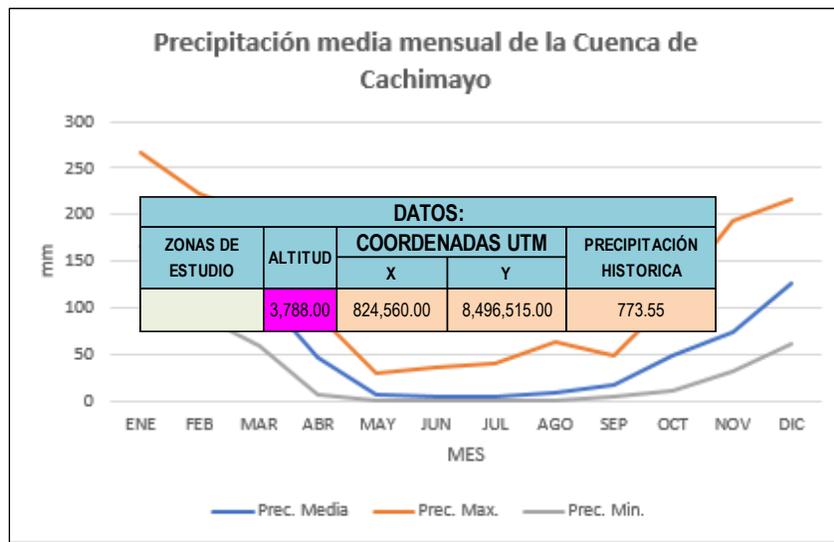


Figura 13. Precipitación media mensual de la Cuenca de Cachimayo. Elaboración: propio

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

Cuadro 5. Precipitación media mensual de la Cuenca de Cachimayo. Elaboración: propio
ESTUDIOS: HIDROLOGÍA

TESIS: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

Cusco - diciembre,
2019

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL - CUENCA CACHIMAYO (mm)															
CUENCA CACHIMAYO					Latitud:		13° 34' 54,9"		S	Departamento:			CUSCO		
					Longitud:		72° 0' 4,07"		W	Provincia:			CUSCO		
					Altitud:		3,788		msnm	Distrito:			SANTIAGO		
N° REG.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1	1,964	156.0	129.4	134.5	42.1	9.4	0.3	0.0	0.3	15.7	45.7	54.0	79.9	667.2	
2	1,965	140.7	123.0	131.2	66.7	3.1	0.3	0.3	0.6	18.7	37.1	56.3	190.7	768.7	
3	1,966	106.5	175.4	74.0	24.4	29.5	0.7	0.1	5.2	40.4	112.5	88.1	92.6	749.5	
4	1,967	78.0	139.2	150.4	48.6	11.4	1.2	21.7	15.8	18.7	74.2	69.7	118.0	746.9	
5	1,968	166.9	102.8	112.1	34.0	2.8	3.5	34.5	15.2	18.0	52.3	134.7	82.0	758.8	
6	1,969	195.1	120.6	103.5	39.8	1.1	2.1	7.4	3.2	15.2	20.7	62.8	105.3	676.7	
7	1,970	180.5	113.6	82.8	61.4	1.4	0.6	2.9	3.0	48.4	45.3	54.5	207.7	802.0	
8	1,971	163.8	203.0	104.7	41.8	1.1	1.0	0.0	6.0	3.9	48.1	50.7	147.1	771.3	
9	1,972	207.5	105.2	122.6	37.7	2.0	0.3	9.8	23.0	22.6	24.3	72.0	140.3	767.3	
10	1,973	251.7	195.6	140.7	93.8	12.4	1.5	9.4	9.4	25.4	36.7	85.2	106.0	967.7	
11	1,974	169.6	208.2	158.1	55.8	7.9	16.9	0.1	62.8	15.6	32.7	42.3	77.1	847.1	
12	1,975	143.8	199.1	91.1	89.2	25.1	4.6	0.0	4.4	21.9	32.1	51.7	182.2	845.1	
13	1,976	162.1	125.2	140.1	45.2	12.5	16.1	7.4	9.6	38.7	12.4	50.2	108.1	727.8	
14	1,977	122.4	138.4	100.0	43.7	3.9	0.3	2.9	1.6	16.8	69.7	104.0	87.5	691.3	
15	1,978	208.1	93.2	110.2	47.7	12.4	0.3	1.1	0.3	12.4	10.9	81.5	130.9	708.9	
16	1,979	142.3	146.5	130.7	47.8	7.8	0.9	0.5	10.8	22.0	22.5	81.4	100.0	713.1	
17	1,980	123.4	144.1	156.2	30.8	3.7	0.9	2.8	2.3	9.9	53.9	72.8	103.2	704.0	
18	1,981	195.4	109.0	123.0	70.2	3.3	3.2	0.3	14.3	35.9	86.7	92.3	132.8	866.4	
19	1,982	198.5	139.2	138.5	53.1	1.8	7.7	3.1	5.6	23.4	42.6	94.8	106.3	814.6	
20	1,983	141.6	118.7	85.9	36.5	10.1	7.6	0.7	1.4	9.3	30.6	39.1	118.7	600.3	
21	1,984	181.8	163.2	98.8	74.4	1.8	4.5	1.1	21.0	10.0	101.9	52.7	97.1	808.3	
22	1,985	139.3	134.0	90.9	41.8	8.2	8.2	1.0	1.0	29.7	54.0	104.8	139.9	752.8	

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

ESTUDIOS: HIDROLOGÍA

TESIS: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

Cusco - diciembre,
2019

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL - CUENCA CACHIMAYO (mm)															
CUENCA CACHIMAYO					Latitud:		13° 34' 54,9"		S	Departamento:				CUSCO	
					Longitud:		72° 0' 4,07"		W	Provincia:			CUSCO		
					Altitud:		3,788		msnm	Distrito:			SANTIAGO		
23	1,986	109.9	130.6	124.4	59.6	12.7	0.9	1.3	4.8	8.6	25.6	57.1	100.4	635.7	
24	1,987	211.3	96.9	59.8	13.9	1.7	6.1	21.4	0.3	11.5	32.6	98.2	140.1	693.9	
25	1,988	226.1	138.9	180.5	78.8	4.9	1.4	1.8	0.3	10.5	27.6	37.5	119.6	827.9	
26	1,989	182.0	143.0	134.6	43.6	14.7	7.6	0.4	6.2	17.8	44.7	52.1	96.6	743.1	
27	1,990	175.1	115.4	66.5	40.4	6.0	36.0	0.3	11.8	15.2	82.0	77.1	80.1	705.8	
28	1,991	106.3	194.0	125.6	41.4	7.8	23.2	0.1	0.3	25.8	47.1	86.8	98.8	757.2	
29	1,992	146.1	136.8	91.4	28.2	1.9	23.2	0.0	28.6	4.2	52.1	98.1	61.7	672.5	
30	1,993	193.3	153.2	95.3	55.8	3.6	0.3	1.8	17.6	17.6	75.2	130.8	215.4	960.0	
31	1,994	224.5	192.2	185.7	45.3	12.7	0.5	0.0	0.3	25.2	42.2	64.4	142.5	935.5	
32	1,995	148.5	95.4	156.6	37.7	2.1	1.6	0.3	1.4	20.3	36.2	65.2	160.4	725.8	
33	1,996	183.4	168.6	91.1	56.9	11.9	0.5	0.1	13.3	14.4	42.7	56.6	130.6	770.1	
34	1,997	170.7	158.5	121.7	36.4	4.7	0.3	0.0	14.9	17.9	33.3	127.7	169.9	856.1	
35	1,998	158.1	146.1	83.1	27.1	1.9	2.5	0.0	2.0	6.7	50.5	57.5	67.9	603.3	
36	1,999	156.2	186.0	124.0	67.1	6.6	1.4	0.1	1.5	40.4	42.4	57.8	150.1	833.6	
37	2,000	190.5	166.6	132.7	28.4	4.2	9.4	1.3	6.3	13.0	82.7	32.0	133.8	801.1	
38	2,001	266.7	170.7	197.9	46.0	15.7	0.5	15.8	14.0	13.3	63.6	65.2	88.2	957.7	
39	2,002	142.7	220.2	133.3	54.3	16.7	5.3	40.2	3.7	25.6	72.5	78.8	146.3	939.6	
40	2,003	155.4	164.9	174.9	33.6	5.5	5.1	0.3	16.4	13.6	41.7	45.9	137.3	794.6	
41	2,004	198.6	163.4	71.7	33.6	1.9	18.8	17.4	10.6	25.0	43.4	59.1	114.0	757.5	
42	2,005	110.1	147.5	105.3	34.9	1.5	0.7	2.2	6.0	7.7	38.9	68.9	133.2	656.9	
43	2,006	214.4	129.1	136.5	58.6	0.5	6.6	0.0	6.7	9.8	59.0	78.3	126.9	826.5	
44	2,007	126.8	104.3	117.9	66.4	10.3	0.0	2.1	0.0	7.4	53.9	76.1	126.3	691.5	
45	2,008	154.2	120.0	86.0	11.1	10.4	3.8	0.2	3.8	11.6	64.3	94.0	122.8	682.1	
46	2,009	149.4	145.6	90.6	26.0	8.1	0.0	6.7	0.6	10.3	24.2	192.7	122.7	776.7	

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

ESTUDIOS: HIDROLOGÍA

TESIS: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

Cusco - diciembre,
2019

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL - CUENCA CACHIMAYO (mm)															
CUENCA CACHIMAYO					Latitud:		13° 34' 54,9"		S	Departamento:				CUSCO	
					Longitud:		72° 0' 4,07"		W	Provincia:			CUSCO		
					Altitud:		3,788		msnm	Distrito:			SANTIAGO		
47	2,010	249.1	164.5	125.2	28.4	5.5	1.0	1.5	4.8	5.4	53.1	43.5	168.2	850.2	
48	2,011	113.6	223.4	145.1	62.9	9.5	7.8	8.2	4.5	38.0	34.8	64.1	158.5	870.4	
49	2,012	129.6	202.7	117.6	46.0	4.2	1.8	1.8	0.1	28.4	24.1	110.8	188.8	855.9	
50	2,013	167.6	166.0	90.6	5.9	7.5	8.4	1.4	19.5	6.0	82.9	99.3	172.2	827.3	
51	2,014	175.3	127.4	81.5	43.0	9.7	0.0	2.6	2.3	19.4	71.8	31.1	176.7	740.7	
52	2,015	192.7	114.0	95.7	84.0	11.0	1.0	5.6	9.7	25.8	30.7	54.7	142.6	767.4	
53	2,016	111.8	201.0	72.4	50.6	3.9	0.2	6.5	5.7	8.4	65.3	50.5	112.7	689.0	
54	2,017	131.1	144.0	149.6	49.7	15.6	1.0	1.3	6.1	7.2	46.7	73.3	127.4	752.9	
55	2,018	168.5	168.4	140.5	36.7	4.2	15.5	16.8	9.1	13.3	66.6	76.5	114.4	830.6	
N° Datos	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	
Media	165.7	149.6	117.9	46.5	7.5	5.0	4.8	8.2	18.1	49.1	73.8	127.3	773.55		
Desv. Estándar	39.93	33.97	31.65	18.29	5.94	7.25	8.43	10.10	10.29	21.79	29.20	34.96	87.46		
Coef. Variacion	0.24	0.23	0.27	0.39	0.79	1.45	1.74	1.23	0.57	0.44	0.40	0.27	0.11		
Prec. Max.	266.7	223.4	197.9	93.8	29.5	36.0	40.2	62.8	48.4	112.5	192.7	215.4	266.7		
Prec. Min.	78.0	93.2	59.8	5.9	0.5	0.0	0.0	0.0	3.9	10.9	31.1	61.7	0.0		

Elaboración: Propia en base a la información de SENAMHI

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

6.3.2 TEMPERATURA

La temperatura media mensual de la cuenca Cachimayo es de 7.95 °C, en tanto la temperatura máxima es de 17.45 °C y por último la temperatura mínima es de -1.78 °C

Cuadro 6. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL - VS - ELEVACION

ESTACION	ALTITUD.	MES / TEMPERATUA MEDIA												MEDIA
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
	msnm	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°
Cuenca Cachimayo	3788.00	9.84	9.67	9.59	8.60	6.45	4.59	4.58	5.62	7.68	9.04	9.91	9.83	7.95

Elaboración: Propia en base a la información de SENAMHI

Cuadro 7. TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL - VS - ELEVACION

ESTACION	ALTITUD.	MES / TEMPERATURA MAXIMA MEDIA												MEDIA
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
	msnm	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°
Cuenca Cachimayo	3788.00	17.01	16.66	16.89	17.04	17.11	16.88	16.72	17.31	18.13	18.56	19.24	17.88	17.45

Elaboración: Propia en base a la información de SENAMHI

Cuadro 8. TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL - VS - ELEVACION

ESTACION	ALTITUD.	MES / TEMPERATURA MINIMA MEDIA												MEDIA
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
	msnm	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°
Cuenca Cachimayo	3788.00	2.79	2.80	2.44	0.04	-4.74	-8.11	-8.18	-6.54	-3.15	-0.85	0.41	1.74	-1.78

Elaboración: Propia en base a la información de SENAMHI

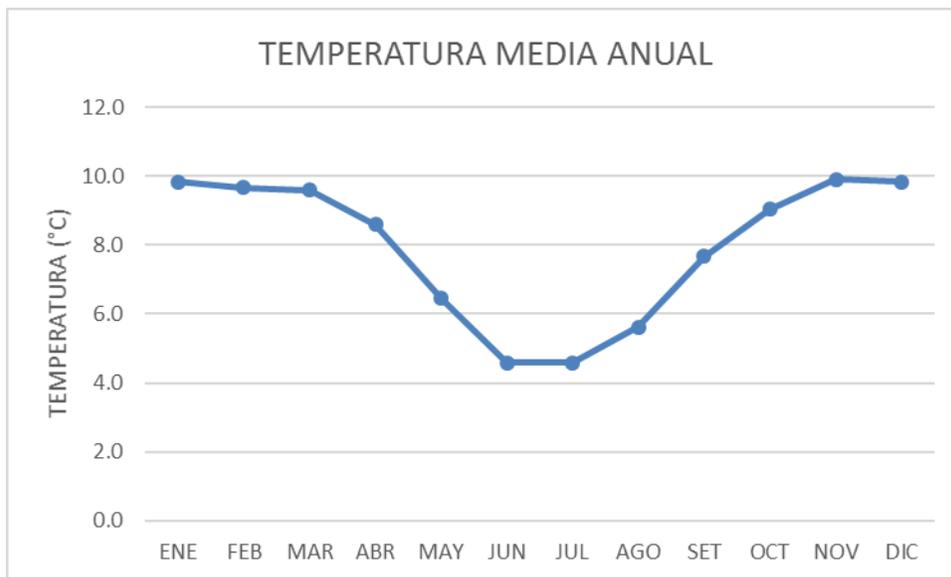


Figura 14. Temperatura media de la Cuenca Cachimayo.

6.3.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN

Se define evapotranspiración como el volumen de agua que desde el estado sólido o líquido pasa a la atmósfera a estado de vapor, bien por evaporación directa, transpiración de las plantas. Habitualmente se expresa en mm para un tiempo determinado. Es evidente que la evapotranspiración está en función esencialmente de la alimentación del agua, y por consiguiente de la humedad del suelo, el cual limita con frecuencia su acción.

La tasa de evapotranspiración está determinada por un conjunto de factores que regulan la evaporación y la transpiración, siendo estos físicos y biológicos.

Thornthwaite introdujo el término "evapotranspiración potencial", que define la cantidad de agua que perdería una superficie completamente cubierta de vegetación en crecimiento activo, si siempre existiera en el suelo humedad suficiente para su uso máximo por las plantas, en contraposición al de "evapotranspiración real", que es la cantidad de agua evapotranspirada en la realidad.

6.3.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

La Evapotranspiración real (E_r) es el volumen de agua que pasa a la atmosfera en forma de vapor como consecuencia de la evaporación directa y de la transpiración de la planta en función del volumen de agua disponible.

La E_r está condicionada por la cantidad de agua disponible en un momento determinado (precipitación y contenido de humedad en el suelo).

Turc ha establecido diversas fórmulas basadas en la temperatura media y la altura de precipitación media anual o mensual. La ecuación es:

$$E_r = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

E_r = Evapotranspiración real (mm)

P = Precipitación media anual (mm)

$L = 300 + 25T + 0.05T^3$

T = Temperatura media anual (°C)

Esta es la fórmula en la que la T es la temperatura media anual del aire en °C, que expresa el poder evaporante de la atmosfera y es aplicable a todos los climas: áridos, húmedos, fríos y cálidos.

Para la cuenca de Cachimayo aplicando esta fórmula se tiene:

$$P = 773.55 \text{ mm}$$

$$T = 7.95$$

$$L = 300 + 25(7.95) + 0.05 (7.95)^3$$

$$L = 523.87 \text{ mm}$$

$$Er = \frac{P}{\sqrt{(0.9 + \frac{773.55^2}{523.87^2})}}$$

$$Er = 440.74$$

$$\text{Evapotranspiración real (Er)} = 440.74$$

6.3.5 ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

De las aguas de precipitación parte retornan a la atmosfera por procesos de evapotranspiración, otra parte es filtrada por el suelo y subsuelo, y el resto genera las avenidas y se escurre por la superficie hasta formar grandes cauces de escorrentías que finalmente desaguan en los ríos y riachuelos.

La cantidad de agua que durante la precipitación escapa a la infiltración y a la evaporación es expresada en porcentajes; en la cuenca analizamos con el método de Justin donde los valores de la Escorrentía Superficial están dados por la siguiente fórmula:

$$Ce = \frac{0.183 * S^{0.157} * P^2}{160 + 9T}$$

Donde:

Ce = Escorrentía de la cuenca en mm. (Precipitación efectiva)

P = Precipitación promedio anual en (773.55 mm)

T = Temperatura media anual (7.95 °C)

S= Pendiente media de la cuenca (17.75%)

$$Ce = \frac{0.183 * (17.75)^{0.157} * 773.55^2}{160 + 9(7.95)}$$

Ce = 742.86 mm (Altura media de agua precipitada que se escurre)

% de Escurrimiento = (Ce/P) * 100

% de Escurrimiento = (742.86 mm/773.55 mm) * 100

% de Escurrimiento = 96.03 % (Porcentaje de agua que se escurre)

6.3.6 INFILTRACIÓN

La infiltración es el agua de las precipitaciones que pasa a través de la superficie del suelo y el subsuelo hacia el interior de la tierra, ayudado por la percolación llega a alimentar a las aguas subterráneas.

Para calcular la infiltración, existen varios métodos que pueden ser directos e indirectos, en este caso se utilizó la formula basada en la medida de aforo de las aguas subterráneas que descargan en forma de manantiales (m³/s); de esta

manera se tiene la siguiente expresión:

$$I = \left(\frac{Qm * t}{A} \right) * 100$$

Donde:

I = altura de agua infiltrada anual (mm).

Qm = Caudal medio (0.1498 m³/s).

t = Tiempo (31536000 seg.).

A = Superficie de la cuenca (7260000 m²).

Aplicando la formula y los datos obtenidos, para la cuenca de Cachimayo, se tiene:

$$I = \left(\frac{0.1498 * 31536000}{7260000} \right) * 100$$

$$I = 65.07 \text{ mm/año}$$

6.4 BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA

El balance hídrico de la cuenca tiene por objeto contabilizar los aportes y las pérdidas de agua en la cuenca hidrogeológica. El cálculo se basa en los datos relativos a los elementos hidrológicos.

Todo fenómeno cíclico implica una igualdad de pérdidas y ganancias, por lo que el balance del agua los representamos con la siguiente igualdad.

$$P = Er + Ce + I$$

Donde:

P = Totalidad de la capa de agua caída sobre la cuenca.

Er = La evapotranspiración real.

Ce = Escorrentía superficial.

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

1 = Infiltración.

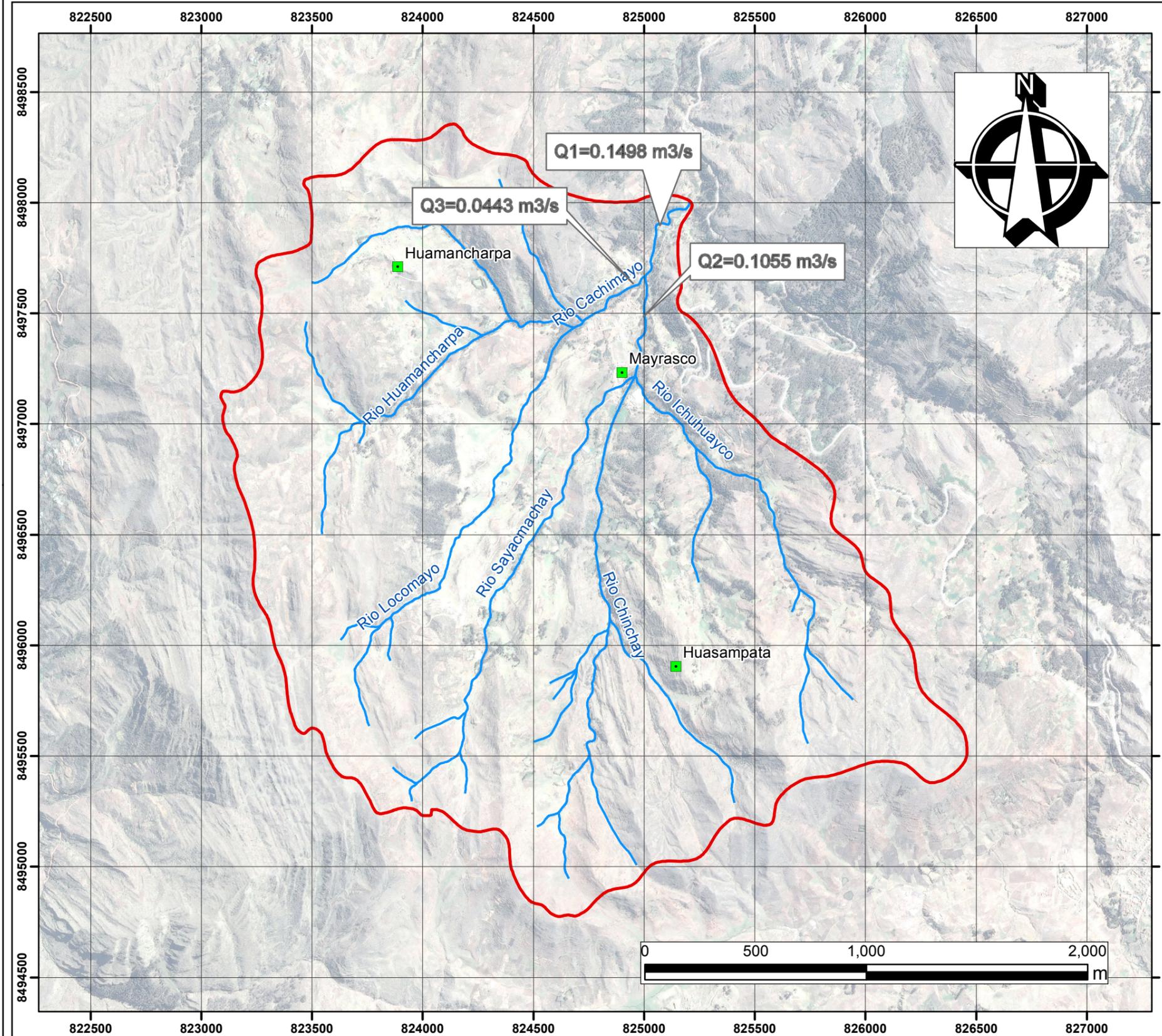
$$P = 440.74 + 742.86 + 65.07$$

$$P = 1248.67$$

La totalidad de la capa de agua caída sobre la cuenca es de 1248.67 mm. La precipitación media anual es de 773.55 mm.

El balance hídrico entre los aportes y pérdidas de agua, en toda la cuenca hidrogeológica es de 475.12 mm, que es el valor de las aguas almacenada en los acuíferos.

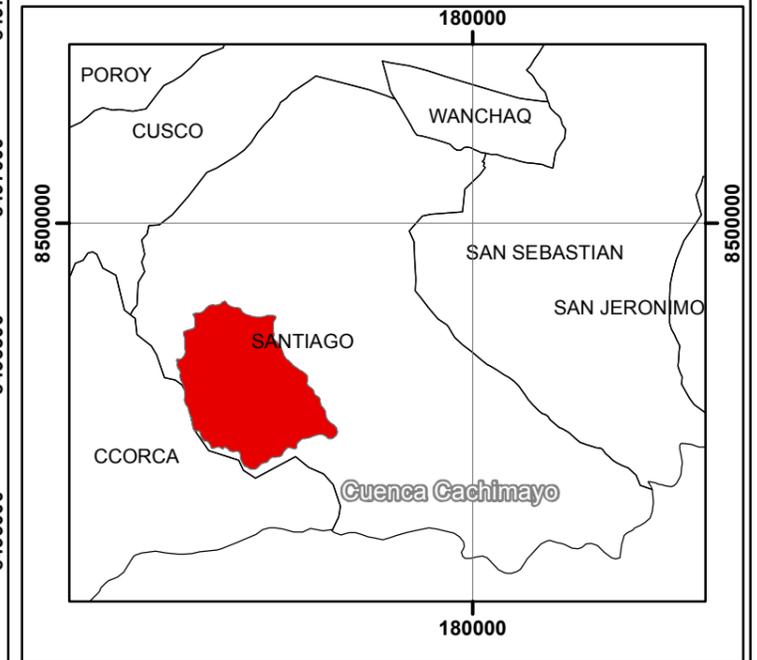
MAPA HIDROLOGICO DE LA CUENCA DE CACHIMAYO



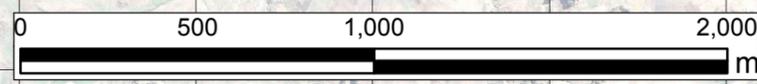
SIMBOLOGIA

- Cuenca_Cachimayo
- Centros Poblados
- Rios

MAPA DE UBICACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
MAPA HIDROLOGICO DE LA CUENCA DE CACHIMAYO	
ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM-> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A3
ASESOR:	Esc: 1:20000
Ing. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	
UBICACIÓN:	LAM 7
REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRITO DE SANTIAGO	



CAPITULO VII

GEOFÍSICA

7.1 METODOLOGIA DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Es un conjunto de estudios, trabajos y operaciones, llevados en el campo, tanto con técnicas directas como indirectas, para poder localizar los acuíferos, ya sean para captación de aguas subterráneas, en cantidad y con la calidad adecuadas para fines de consumo y para el riego y entre otros aspectos, y poder realizar la explotación óptima de los mismos. El estudio hidrogeológico conduce a la prospección.

7.1.1 PROSPECCION GEOFISICA

Los métodos geofísicos se basan en la medición de propiedades físicas de los materiales de la corteza terrestre como la densidad, el campo magnético, la conductividad eléctrica, velocidad de transmisión de ondas elásticas, etc. La interpretación de dichas mediciones con base en los contrastes entre ellas y las anomalías observadas, permite preparar modelos de las características del subsuelo y de la distribución espacial. La interpretación de los datos geofísicos tiene dos partes:

- I.** PRIMERO: Se realiza el modelamiento matemático en el que se definen las combinaciones de valores de la propiedad de resistividad que se mide y luego determina la geometría de las masas de suelos o de las rocas.

- II.** SEGUNDO: esta interpretación lo realizar el geólogo y/o hidrogeólogo. En esta interpretación se combinan los modelos matemáticos de la geometría y litología

con su respectiva resistividad; verificando con la información geológica para poder realizar una mejor interpretación física del sondeo geo-eléctrico.

Finalmente, de la combinación de los modelos físicos con la información geológica e hidrogeológica existente, resulta un modelo que permite estimar probables comportamientos mecánicos del subsuelo.

7.1.2. FUNCIONALIDADES Y EQUIPOS.

Para determinar valores geo eléctricos en el trabajo de tesis, se trabajó con el equipo de marca GEOGIGA ELECTRIC, equipo de la corporación GEOGIGA con más de 15 años comercializando equipos de tecnología en Geo eléctrico.

Los modelos a usar son DZD-6A (para determinar el sondeo eléctrico vertical SEV) y DUK-2A para determinar la Tomografía Geoeléctrica.

7.1.2.1 FUNCIONALIDAD

La funcionalidad es indispensable para el uso adecuado de este equipo, de acuerdo a ello podemos entender que el funcionamiento del equipo geo eléctrico depende de la instalación

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

y sus funciones que las poseen, en el siguiente grafico se explica mediante un diagrama de flujos el funcionamiento del equipo geoelectrica.

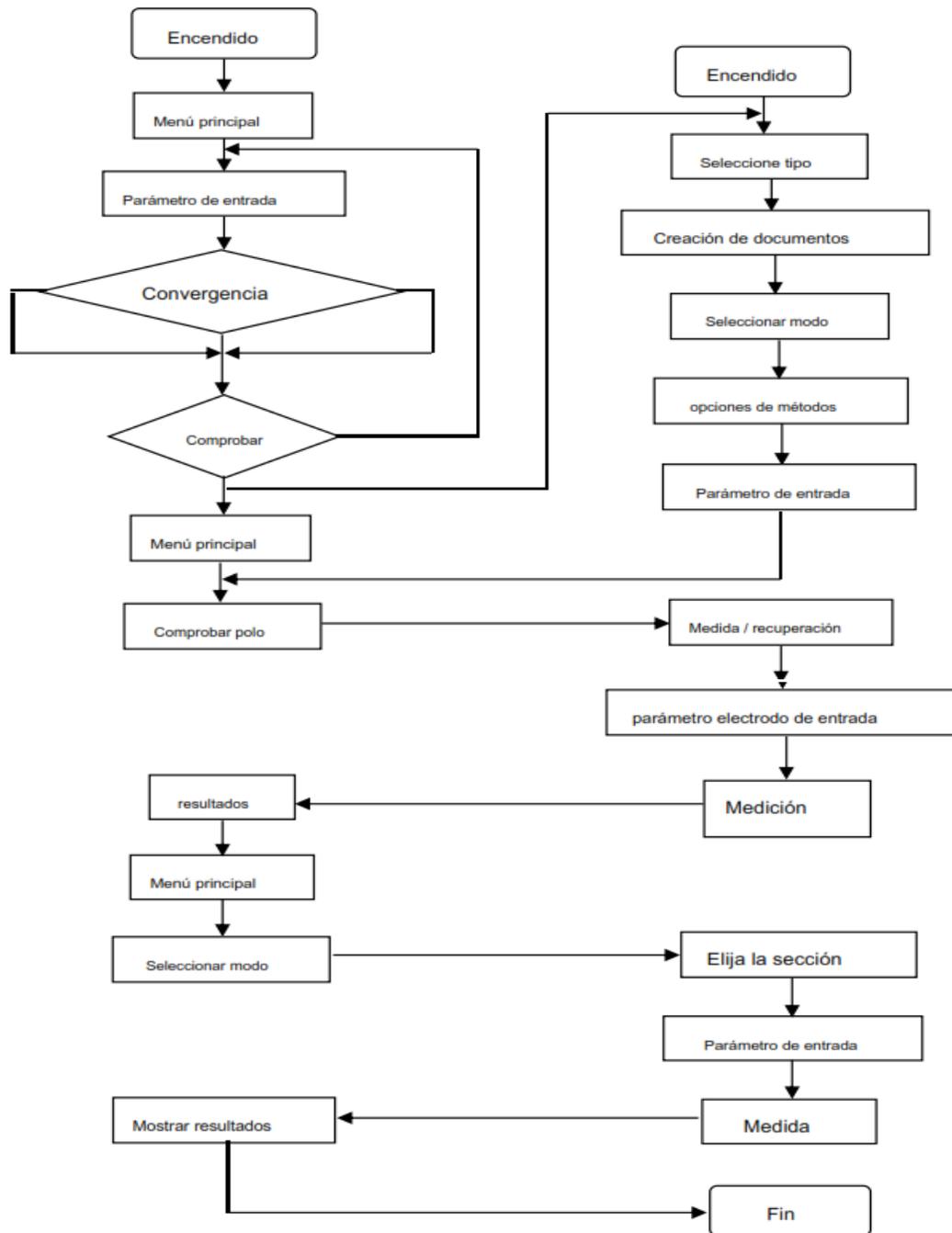


Figura 15. Diagrama de flujo para el funcionamiento del equipo. Tomado de Berrios et al, 2018.

7.1.2.2 EQUIPOS

7.1.2.2.1 Equipos De Instalación

A.- ELECTRODOS

Consta de 60 unidades de electrodos, con aleación de hierro y cobre, la finalidad de los electrodos es de transmitir un voltaje hacia la profundidad de la corteza terrestre donde se instala el equipo.

B.- BATERIA

Batería consta de variedad de voltajes como de 24v, 48 v y de 90 v,

C.- CABLES DE CONEXIONES

Cables de cobre para extender hasta los 240 metros de distancia

D.- ADITIVOS PARA EL CORRECTO USO DEL EQUIPO

Agua con sal para la mayor conductividad en los electrodos, recomendados en terrenos áridos y secos para que pueda ayudar a la conductividad.

E.- OTROS INSTRUMENTOS ADICIONALES

Comba, alicates, voltímetros, botellas con agua y sal, guantes para seguridad, casco y lentes.



Foto 21. Equipo de trabajo y los Equipos de la prospección geo eléctrica.

DZD-6A

Se puede utilizar solo como un estudio de resistividad convencional o metro IP y visualizar nueve matrices directamente. Además, puede mostrar las mediciones directamente en el voltaje de medición, la corriente de alimentación, resistividad aparente, así como más de catorce datos de celdas como combinado con la unidad de conmutación de multi-electrodo compacto, bajo consumo.

El sistema se utiliza para la resistividad y de formación de imágenes IP en la solicitud tal como carbón, metal, agua, aceite, oro, exploración de diamantes, investigación geotécnica, ingeniería prospección geológica, la detección de la cavidad, estudio de los recursos minerales no metálicos de metal y la prospección geotérmica. (Berrios, 2018).



Foto 22. Equipo de modelo DZD-6A con funcionalidades para hallar SEV

DUK-2A

Es equipo resistivimetro de múltiples electrodos con un total de 60 a 120 electrodos, solo se dio el uso de los 60 electrodos y sistema de imagen IP que consiste en una multifunción ohmios-metro conjuntamente con el resistivimetro DZD-6A y un conmutador de

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”



Foto 23. Observa A la izquierda Equipo Para Tomografía Geoeléctrica de 60 Multicanales, a la derecha se observa ambos equipos DZD-6A y DUK-2A con la batería de 12V- 45V-90V derecha se observa ambos equipos DZD-6A y DUK-2A con la batería de 12V- 45V-90V.

multielectrodo. Basado en el método de estudio de resistividad convencional y la tecnología en tomografía geoelectrica en la prospección geofísico. (Berrios, 2018)

Así mismo para poder trabajar y obtener datos y resultados de sondaje Geoelectrico es muy importante hacer la instalación adecuada en ambos equipos Geoelectrico como se muestra en la siguiente figura esquemática (ver figura N° 16).

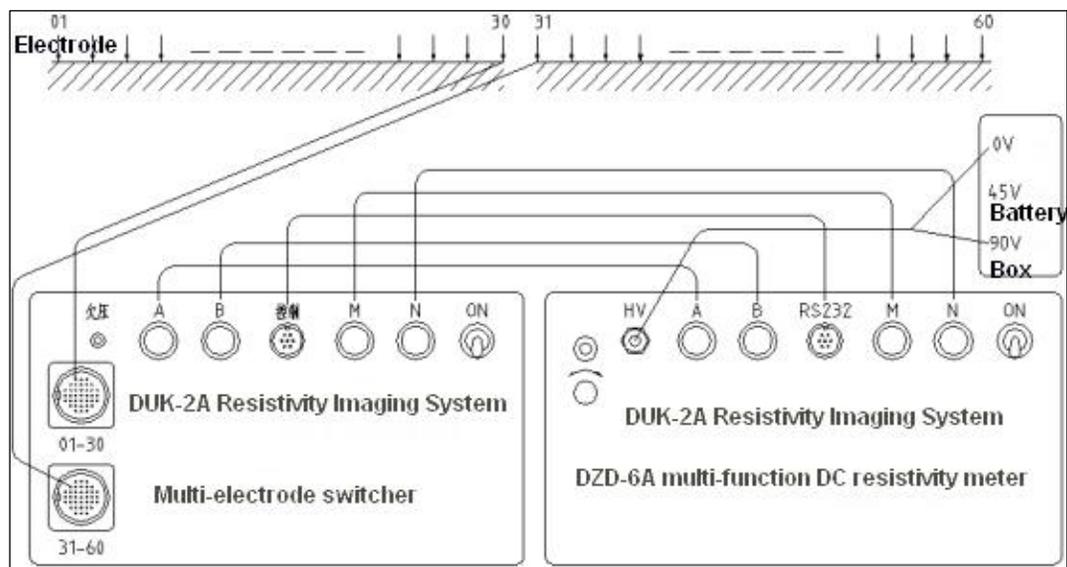


Figura 16. Método de prospección geoelectrica con el equipo DZD-6A, DUK-2A. Tomado de Berrios 2018.

7.2 MEDICION DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUBSUELO: TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

La tomografía eléctrica (Electrical Resistivity Tomography o ERT) es un método geofísico no invasivo en el que se obtiene imágenes 2D o 3D de resistividades del subsuelo, para así, determinar la profundidad y espesor de los materiales geológicos (Telford et al., 1990). Para obtener las resistividades, se inyecta una cantidad conocida de corriente al subsuelo y se mide la diferencia de potencia entre dos puntos. La tomografía 2D, que es lo que se utiliza en este estudio, tiene como principal objetivo obtener un modelo del subsuelo con las variaciones verticales y horizontales de las resistividades a lo largo de perfil. Esta técnica de exploración se utiliza en diversas áreas como: geotecnia, hidrogeología, medio ambiente, arqueología y entre otros. En este estudio lo aplicamos en el área de geohidrología.

7.2.1 METODO UTILIZADO PARA LA PROSPECCION GEOELECTRICA EN EL EQUIPO DZD-6A-DUK-2A

7.2.1.1 METODO WENNER

La regla de electrodo (por 60 canales) es la siguiente: electrodos A, M, N y B (entre ellos, A & B son los enchufes de energía y M & N la medición de los pares de electrodos), $AM = MN = NB$; es una separación entre electrodos unidad que aumenta con el intervalo de factor n cambiando desde el mínimo hasta el máximo.

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”



Foto 24. Se observa la instalación de los equipos. en la fotografía derecha se muestra la instalación de los 60 electrodos de combinación, la fotografía de la izquierda se ve todo el equipo de prospección geoeléctrica.

Así mismo el espaciamiento del intervalo son 4 electrodos uniformemente, este conjunto es adecuado para la medida de la sección fija y sus características, el resultado es da la siguiente forma escalonada inversa como se muestra en la figura N° 17).

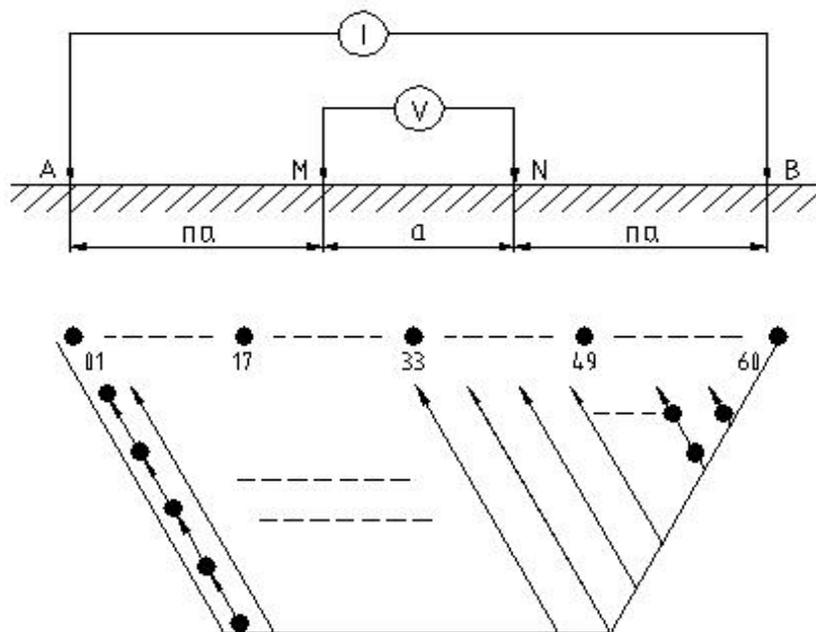


Figura 17 Inducción y combinación de los electrodos por el método de Wenner.

El método se utilizó en cada punto fue el método de Wenner con una combinación de 60 electrodos, esto se desarrolló con el fin de contrastar los valores de resistividad eléctrica de los materiales dentro de los 75 a 85 metros de profundidad, por lo cual los valores obtenidos varían de acuerdo a la cantidad de agua existente dentro del estrato subterráneo.

Los puntos de prospección que se desarrollaron fueron para obtener resultado del nivel de agua en el subsuelo o la capa de nivel piezométrico, con la finalidad de determinar en qué profundidad los estratos están saturados.

7.2.1.2 PROFUNDIDAD DE ADQUISICIÓN

La capacidad de obtener una profundidad con el equipo de tomografía eléctrica depende fundamentalmente de la configuración geométrica de los electrodos. Esto quiere decir que, si la distancia de los electrodos aumenta, la profundidad de investigación será mayor (Gómez, 2007).

Para el dispositivo Wenner la profundidad se determina multiplicando la distancia a o L por el coeficiente que aparece en la tabla N° 4

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

Tabla 4. Tabla de coeficiente para determinar la profundidad media de investigación (z_c) para dos de los principales dispositivos. Wenner y Dipolo-Dipolo.

Tipo de dispositivo	n	Z_c/a	Z_c/λ
Wenner	-	0.519	0.173
Dipolo-Dipolo	1	0.416	0.139
	2	0.697	0.174
	3	0.962	0.192
	4	1.220	0.203
	5	1.476	0.211
	6	1.730	0.216
	7	1.983	0.220
	8	2.236	0.224
Wenner-Schlumberger	1	0.520	0.173
	2	0.930	0.186
	3	1.320	0.189
	4	1.710	0.190
	5	2.090	0.190
	6	2.480	0.190

FUENTE. Edwards, 1977

Los resultados obtenidos para las secciones A, B y C se compararon con el Cuadro de Resistividades respectivamente (Ver cuadro N° 9)

Cuadro 9. Rango de resistividades para rocas y minerales existentes en el subsuelo

Roca	Resistividad	Roca	Resistividad
Basamento	> 10000	Arenas saturadas	100 - 200
Basamento fractura	1500 - 5000	Limos semi-saturados	100 - 200
Gravas no saturadas	500 - 2000	Limos saturados	20 - 100
Gravas saturadas	300-500	Arcillas no saturadas	20 - 40
Arenas no saturadas	400-700	Arcillas saturadas	5 - 20

DESCRIPCION DE LAS SECCIONES GEOFISICAS

ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Para obtener los perfiles de la tomografía eléctrica de resistividad (Líneas A, B y C), para la zona de estudio se utilizó el método Wenner. Se ejecutó un total de 03 líneas de tomografía eléctrica distribuidos en el área de estudio. Las distancias entre electrodos de corriente y potencial se definieron en función a la profundidad de exploración requerida y al área libre disponible.

En la Tabla 5 se presentan las características generales de los ensayos, donde se especifica la ubicación, código, longitud del ensayo, y coordenadas de los perfiles de tomografía eléctrica. Además, ver Lamina 07.

Tabla 5. Ubicación de los ensayos de tomografía eléctrica

ENSAYO	PROFUNDIDAD (m)	COORDENADAS UTM				LONGITUD (m)	SECTOR
		INICIO		FIN			
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE		
SECCION GEOFISICA A – A`	80	823643	8495877	823630	8496190	300	LOCOMAYO
SECCION GEOFISICA B – B`	80	824503	8495515	824475	8495774	300	CHINCHAY
SECCION GEOFISICA C – C`	32	824378	8496068	824283	8496000	120	SAYACMACHAY

Elaboración: Propia

SECCION GEOFISICA A – A`

Ubicación

La sección Geofísica A – A` se realizó al SW del centro poblado de Mayrasco, en la parte alta de la quebrada Locomayo y tiene una orientación NW-SE. (Ver tabla N° 5).

Descripción

Para la sección Geofísica A – A` se dispuso una línea de 60 electrodos, donde los electrodos se dispone cada 5 metros, alcanzando una longitud total de 300 metros con dirección NW – SE y alcanzo una penetración máxima de 80 metros de profundidad. Esta geometría de adquisición se desplego a lo largo de las denominada como Línea A.

Propósito a obtener

Se realizo la prospección en esta zona para comprobar la zona de recarga 1, debido a la presencia de relieves favorables, litología y presencia de bofedal de agua superficial. (Ver foto 25)



Foto 25. Presencia de bofedales en la Zona de recarga 1

Interpretación

En la sección geoelectrica A-A' (Ver Sección geofísica 01-A), se aprecia:

- Horizonte 1: Corresponde a areniscas saturadas de grano fino de resistividades bajas, con valores que varían de 6.64 a 11.39 Ω .m (color celeste), y están a profundidades que varían entre 0 a 35 m.
- Horizonte 2: Corresponde a areniscas semi saturadas, de grano fino de resistividades medias, con valores que varían de 11.39 a 19. 52 Ω .m (colores verdes), y están a profundidades que varían entre 35 a 70 m.
- Horizonte 3: Corresponde a areniscas no saturadas de grano medio, de resistividades altas, con valores que varían de 19.52 a 33.40 Ω .m (color amarillo a anaranjado), y están a profundidades que varían entre 40 a 80 m.

Análisis y discusión

1. En las progresivas 15 a 180 de la línea de sección A -A` (parte sur) se observa la presencia de suelos orgánicos con profundidades que alcanzan 2.5 m, presenta humedad constante todo el año (presencia de bofedal); se cree que esto es debido a presencia de fracturas, micro falla y la falla Locomayo. (ver foto 28).
2. Se confirmó que este sector es una de las zonas de recarga (ZONA DE RECARGA 1), donde la falla Locomayo, micro falla y las fracturas debilitan a las areniscas presentes en esta zona por lo cual las aguas superficiales se infiltran con mayor facilidad por estas discontinuidades hacia los acuíferos (Ver Sección geofísica 01-B).

3. A lo largo de la línea de sección geofísica A-A` se observa que el nivel freático en la mayor parte de la línea es casi superficial (en el rango de 0 – 4 m) es por ello que en esta zona la humedad del suelo es constante todo el año.

En resumen, Según a los resultados obtenidos en la sección A – A’ la resistividad mínima es de 6.64 y la máxima es de 33.47 Ω .m, de materiales limo, arenisca fina a media; esta resistividad en conjunto es muy baja e indica que los materiales están muy saturados de agua subterránea por lo cual se ha confirmado que esta zona es una zona de recarga.

SECCION GEOFISICA B – B`

Ubicación

Esta sección B-B’ se ubica en la parte alta de la quebrada Chinchay, en la comunidad de Huasampata. Tiene una orientación SE - NW. (*Ver tabla N°05*)

Descripción

Para la sección Geofísica B – B` se dispuso una línea de 60 electrodos, donde los electrodos se dispone cada 5 metros, alcanzando una longitud total de 300 metros con dirección SE - NW y alcanzo una penetración máxima de 80 metros de profundidad. Esta geometría de adquisición se desplego a lo largo de las denominada como Línea B.

Propósito a obtener

Se realizó la prospección en esta zona por que se pretendía buscar un acuífero. Y comprobar la presencia de la falla Chinchay. (*Ver Sección geofísica 02-B*)

Interpretación

En la sección geoelectrica B-B’ (*Ver Sección geofísica 02-A*), se aprecia:

- **Horizonte 1:** Corresponde a areniscas muy saturadas, con resistividades muy bajas, con valores que varían de 2.23 a 4 Ω .m (color azul), lo cual corresponde a resistividades exclusivamente de agua subterránea y están a profundidades que varían entre 30 a 80 m.
- **Horizonte 2;** Corresponde a Areniscas saturadas, con resistividades bajas, con valores que varían de 4 a 12.14 Ω .m. (color celeste), y están a profundidades que varían entre 10 a 80 m.
- **Horizonte 3:** Corresponde a areniscas semi saturas de grano fino. con resistividades medias con valores que varían de 12.14 a 66.18 Ω .m. (color verde) y están a profundidades que varían entre 0 a 75 m.

Análisis y discusión

Se observa en esta sección, que desde los 10 m hasta los 80 m de profundidad existe presencia de cuerpo de agua subterránea en gran volumen (*Ver Sección geofísica 02-B*). Esto se debe a la presencia de la falla de Chinchay y la presencia de micro fallas; los cuales actúan como medio de transmisión para la surgencia de aguas subterráneas hacia la superficie.

En resumen, en la sección geoelectrica B encontramos litologías de areniscas muy saturado con resistividad baja que varían de 2.23 a 4 Ω .m, Areniscas saturadas de grano medio con resistividad que varían de 4 a 12.14 Ω .m, y por último areniscas saturadas de grano fino con resistividades que varían de 12.14 a 66.18 Ω .m, y por lo cual con estos resultados se confirma la existencia de un acuífero por fallamiento, presencia de falla Chinchay y la presencia de dos microfallas.

SECCION GEOFISICA C – C`

Ubicación

Esta sección geo eléctrica se ubica en la parte media de la quebrada Sayacmachay, en la comunidad de Mayrasco. Tiene una orientación E -W. (*Ver tabla N° 5*)

Descripción

Para la sección Geofísica C – C` se dispuso una línea de 60 electrodos, donde los electrodos se dispone cada 2 metros, alcanzando una longitud total de 120 metros con dirección SE - NW y alcanzo una penetración máxima de 32 metros de profundidad. Esta geometría de adquisición se despliego a lo largo de las denominada como Línea C.

Propósito a obtener

Esta sección se realizó con el fin de buscar un acuífero y la presencia de la falla Sayacmachay.

Interpretación

En la sección geoelectrica C-` (*Ver Sección geofísica 03-A*), se aprecia:

- **Horizonte 1:** Corresponde a areniscas muy saturadas, con resistividades muy bajas, con valores que varían de 2.23 a 4 Ω .m (color azul), lo cual corresponde a resistividades exclusivamente de agua subterránea y están a profundidades que varían entre 4 a 32 m.
- **Horizonte 2;** Corresponde a Areniscas saturadas, con resistividades bajas, con valores que varían de 4 a 12.14 Ω .m. (color celeste), y están a profundidades que varían entre 4 a 30 m.

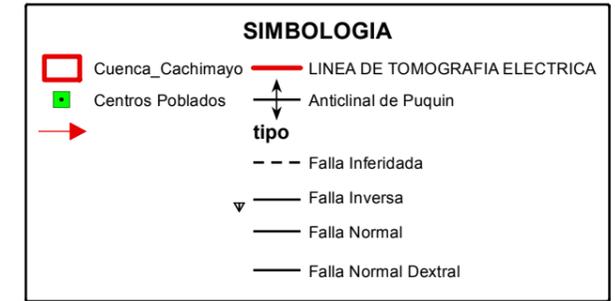
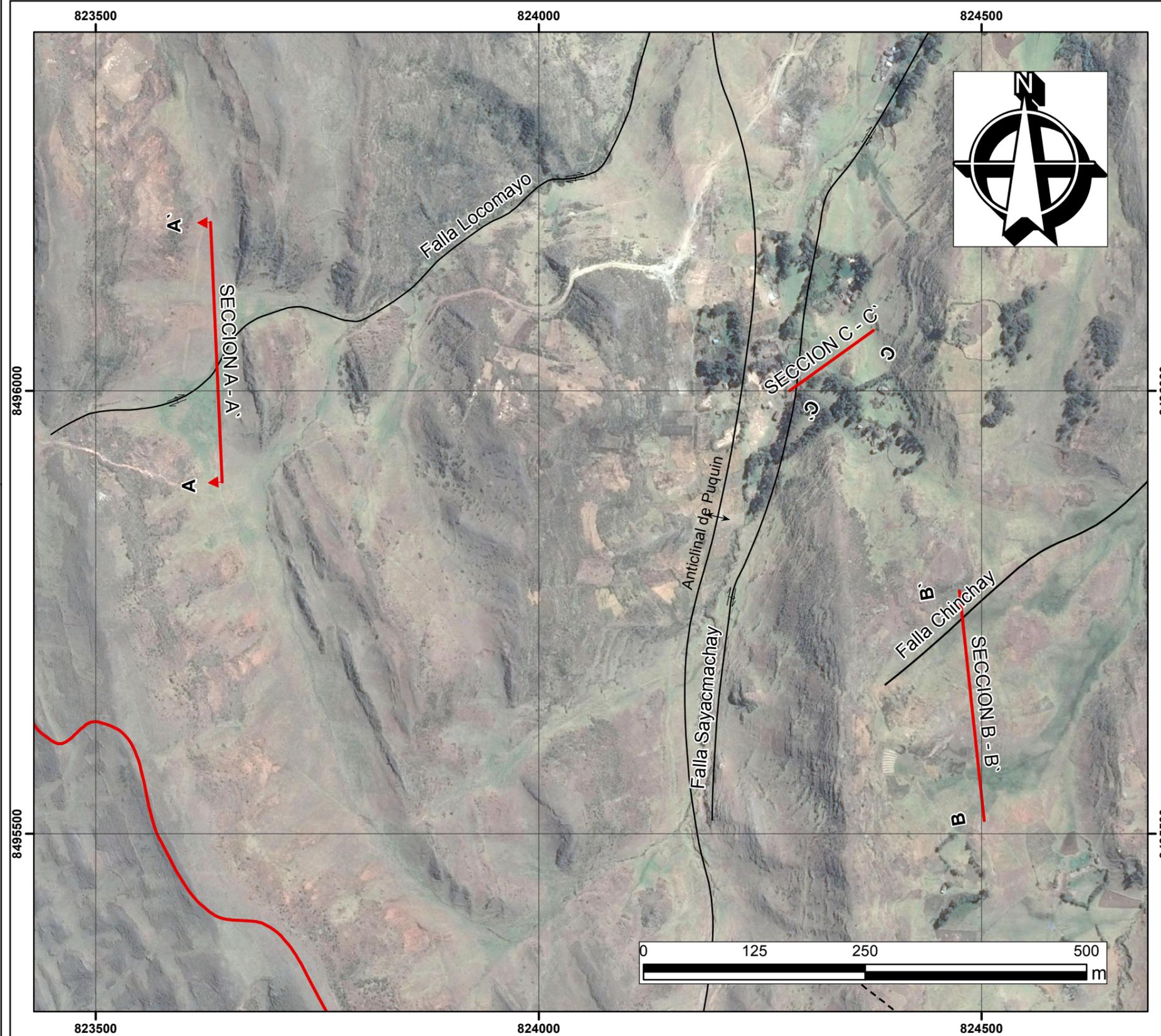
- **Horizonte 3:** Corresponde a areniscas semi saturas de grano fino. con resistividades medias con valores que varían de 12.14 a 66.18 Ω .m. (color verde) y están a profundidades que varían entre 4 a 35 m.

Análisis y discusión

1. Se interpretar desde la sección geofísica C-C` que existe presencia de cuerpos de agua subterránea en gran volumen desde 4 m hasta más de 32 m de profundidad. Y alrededor de este cuerpo, existe material de areniscas semi saturadas. (*Ver sección geofísica 03-B*).
2. En la parte Oeste de la sección se encuentra en riachuelo de Sayacmachay que coincide con la falla del mismo nombre. lo cual actúa como medio de transmisión para la surgencia de aguas subterráneas hacia la superficie. (*Ver sección geofísica 03-B*).

En conclusión, De acuerdo a la interpretación y resultados de los datos obtenidos, existe presencia de cuerpos de agua subterránea en gran volumen, además hay existencia de estructuras como fallas, fracturas, etc. Y se confirma la existencia del acuífero por fallamiento en esta zona.

MAPA DE INVESTIGACION GEOFISICA DE LA CUENCA DE CACHIMAYO

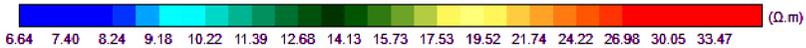
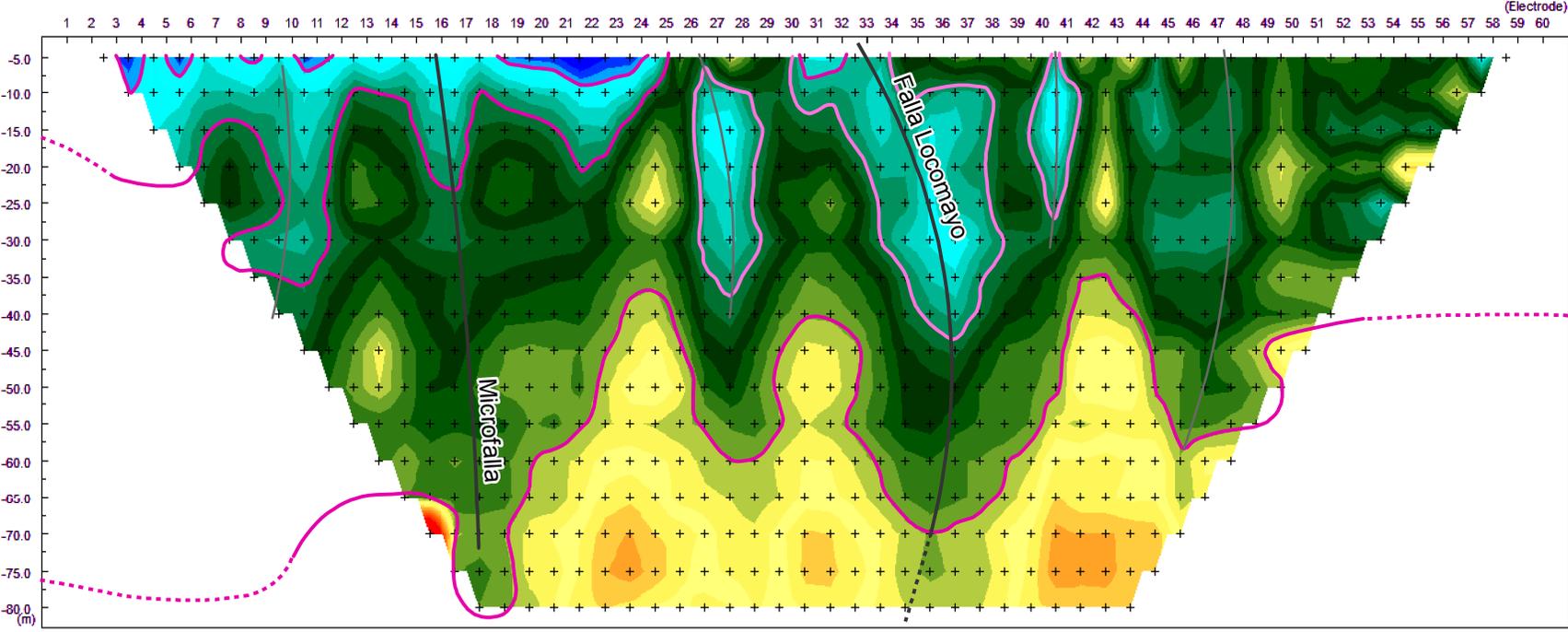


MAPA DE UBICACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
MAPA DE INVESTIGACION GEOFISICA DE LA CUENCA DE CACHIMAYO	
ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM--> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A3
ASESOR:	Esc: 1:5000
Ing. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	LAM 8
UBICACIÓN:	
REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRITO DE SANTIAGO	

SECCION GEOFISICA A - A'

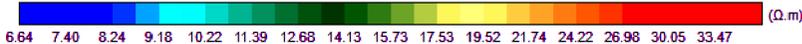
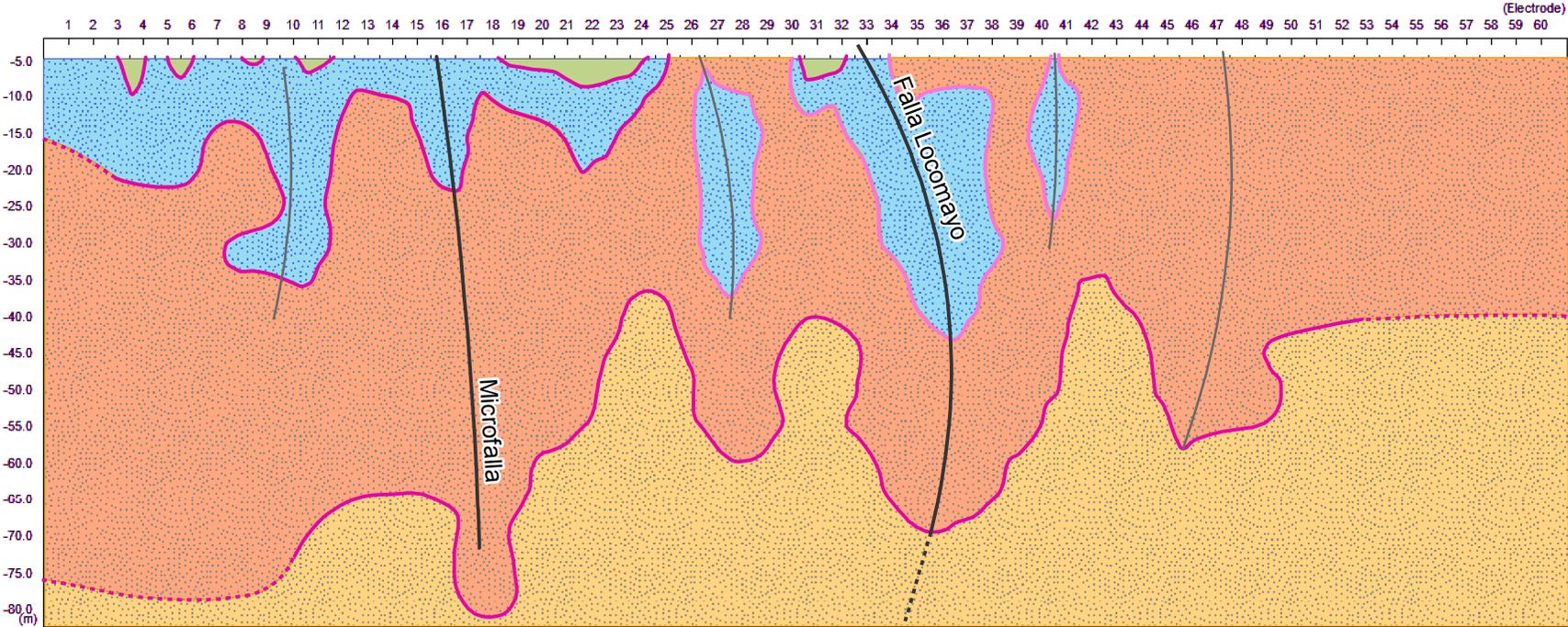


E=1/1000

SIMBOLOGIA	
—	Falla
—	Contacto litologico
.....	Falla inferida
.....	Contacto litologico inferido
—	Fractura
—	Zona saturada
—	Microfalia

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
SECCION GEOFISICA A - A'	
ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM--> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A4
ASESOR : ING. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	SECCION 01-A

SECCION GEOFISICA A - A'

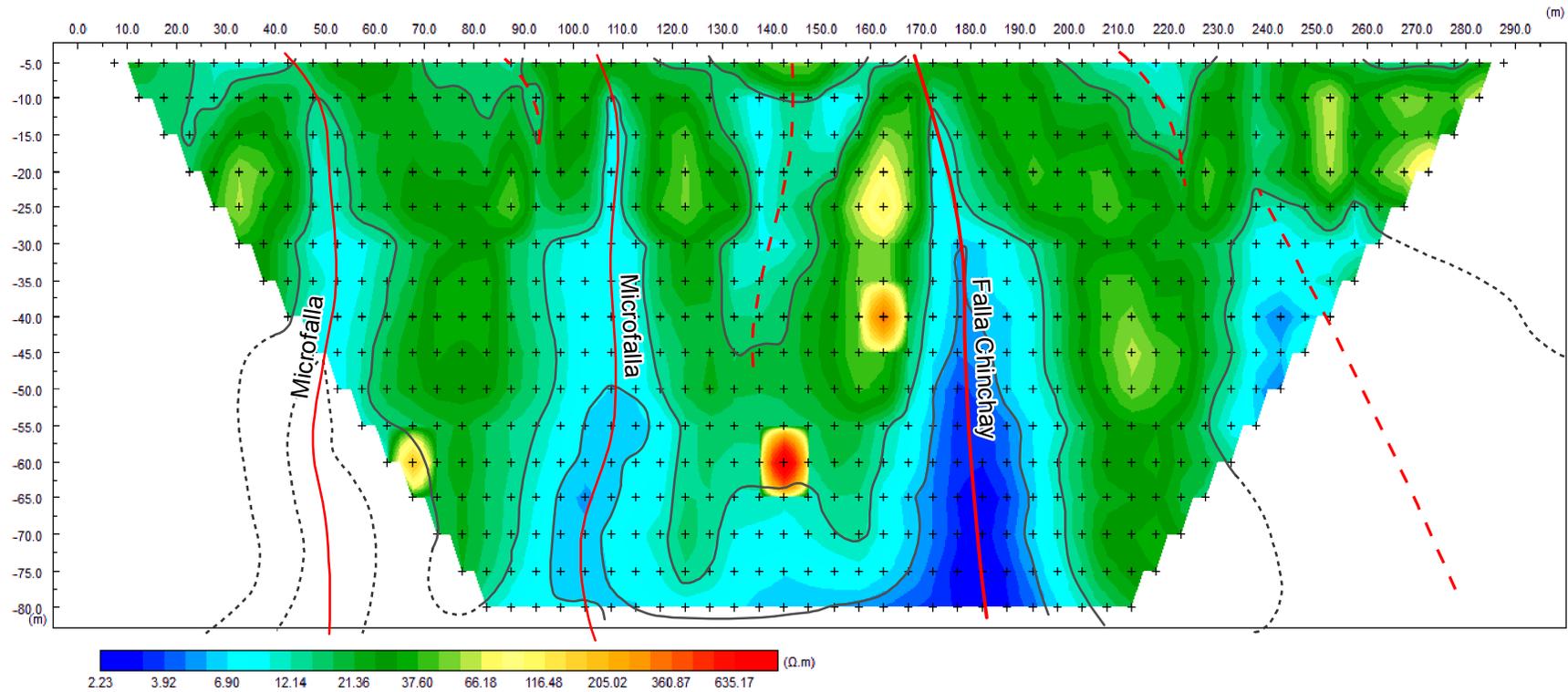


SIMBOLOGIA	
Litologia	Contorno
Arenisca de grano fino, saturada de la fm. Chilca	Contacto litologico
Arenisca de grano fino, semisaturada; fm. Chilca	Contacto litologico inferido
Arenisca de grano medio de la fm. Quilque	Zona saturada
Limos Organicos Saturados	
Discontinuidades	
Falla	
Falla inferida	
Fractura	
Microfalia	

E=1/1000

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DELCUSCO
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"		
SECCION GEOFISICA A - A'		
ELABORADO POR:		SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY		WGS84 UTM--> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR		Esc de hoja: A4
ASESOR : ING. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS		SECCION 01-B

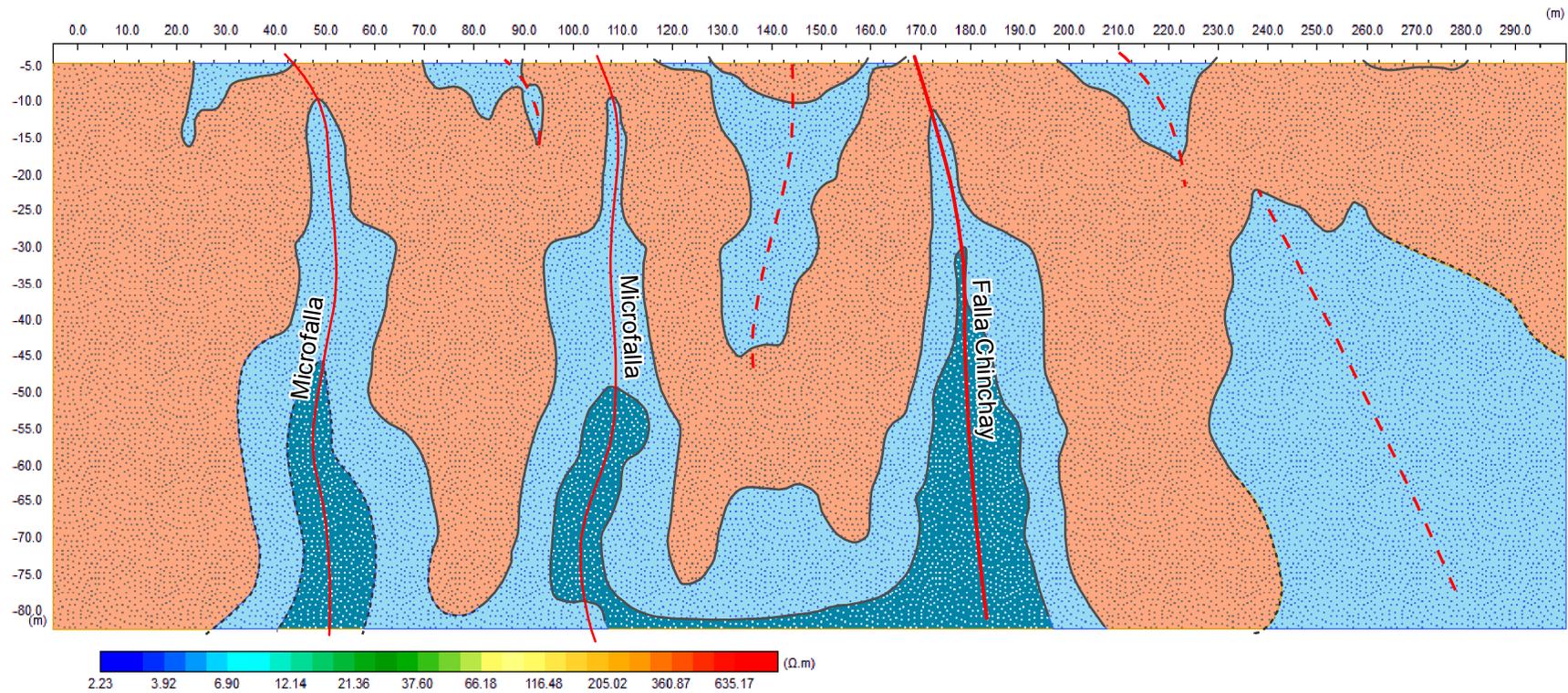
SECCION GEOFISICA B -B`



SIMBOLOGIA	
Discontinuidades	— Contacto litologico
— Falla	----- Contacto litologico inferido
- - - Fractura	
— Microfalla	E=1/1000
Contorno	

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
SECCION GEOFISICA B -B`	
ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM--> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A4
ASESOR : ING. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	SECCION 02-A

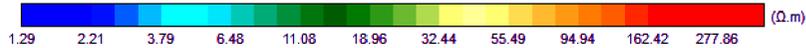
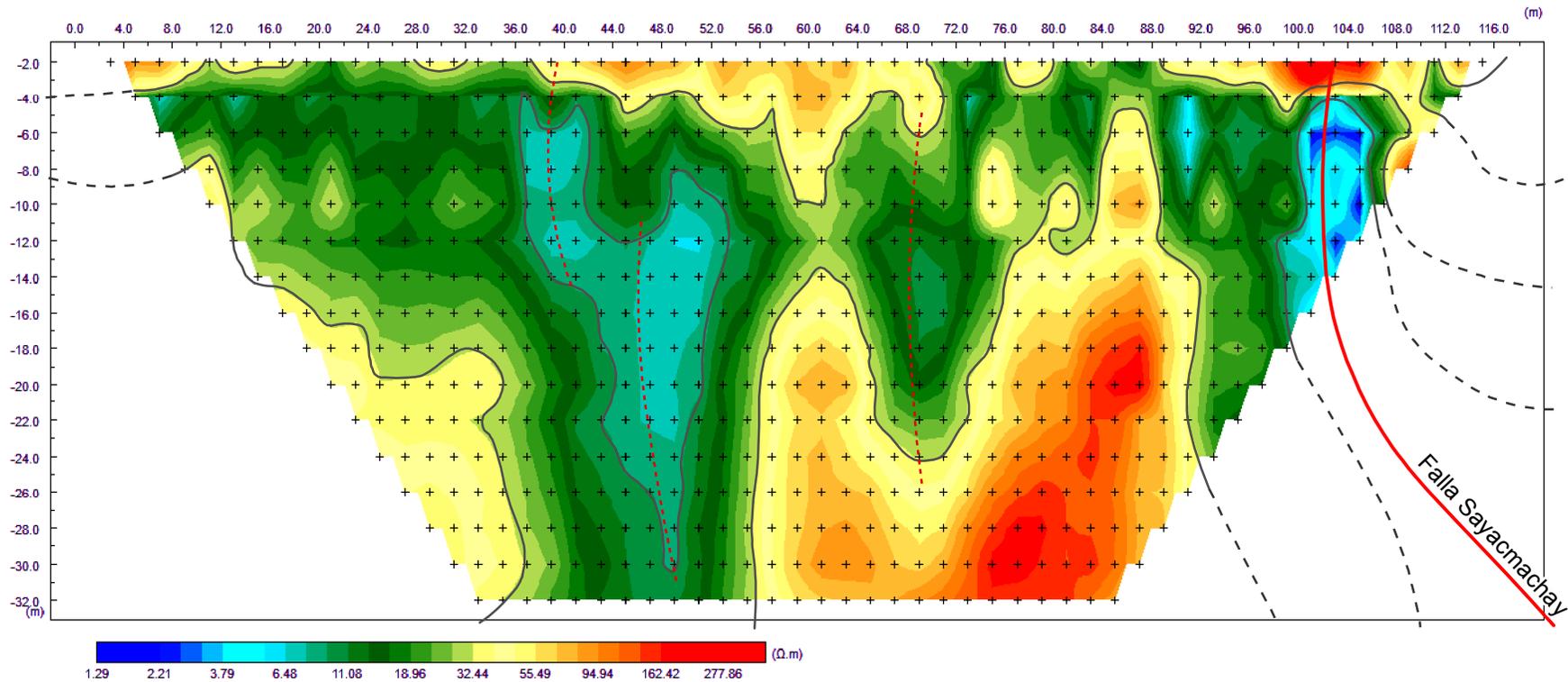
SECCION GEOFISICA B -B'



SIMBOLOGIA	
Discontinuidades	— Contacto litologico
— Falla	----- Contacto litologico inferido
- - - Fractura	E=1/1000
— Microfalla	
Contorno	
	Litologia
	Arenisca muy saturadas
	Arenisca saturada
	Arenisca semisaturada

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
SECCION GEOFISICA B -B'	
ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM--> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A4
ASESOR : ING. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	SECCION 02-B

SECCION GEOFISICA C - C'

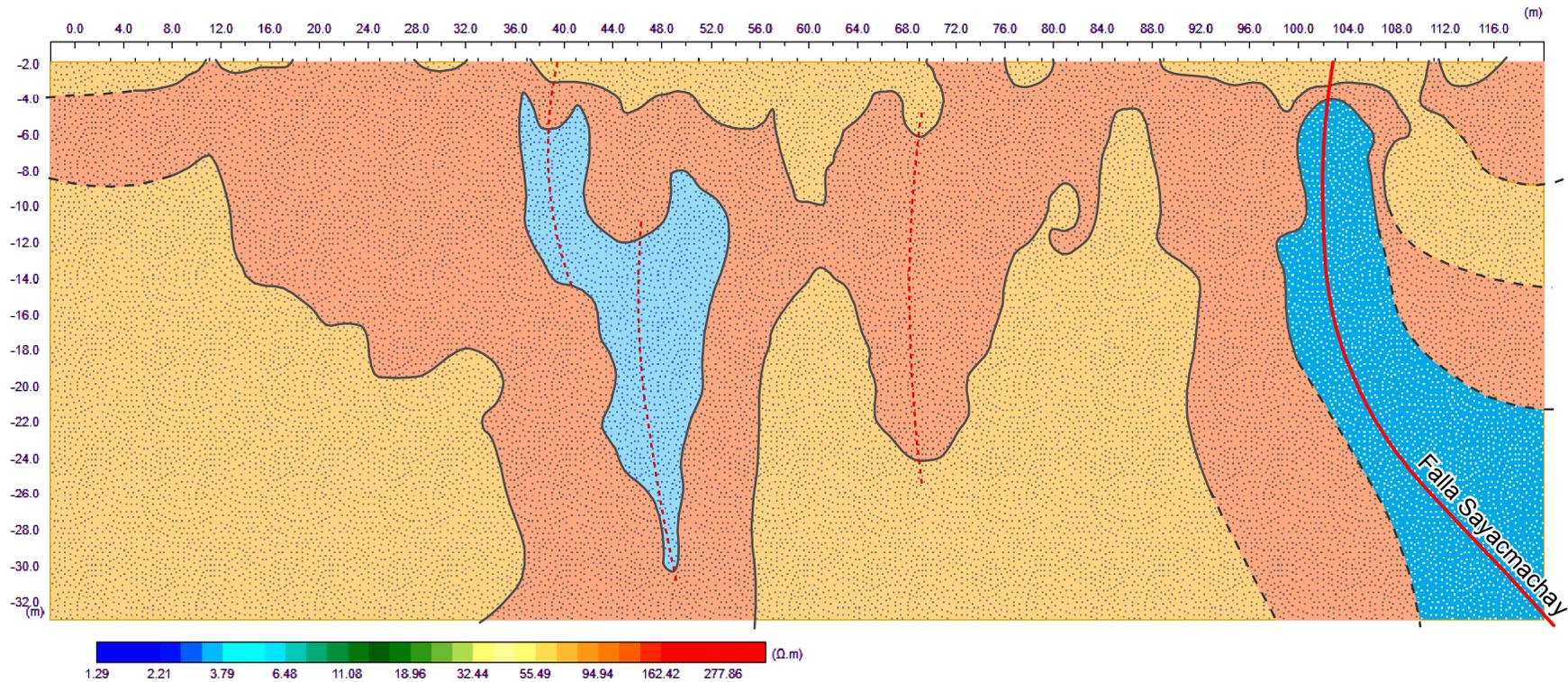


SIMBOLOGIA	
Discontinuidades	
	Falla
	Fractura
Contorno	
	Contacto Litologico
	Contacto Litologico inferido

E=1/400

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
		"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
		SECCION GEOFISICA C - C'	
ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS		
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM--> ZONA 18S		
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A4		
ASESOR : ING. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	SECCION 03-A		

SECCION GEOFISICA C - C'



SIMBOLOGIA	
Discontinuidades	
— Falla	••••• Arenisca
- - - Fractura	••••• Arenisca muy saturada
Contorno	••••• Arenisca saturada
— Contacto Litologico	••••• Arenisca semi saturada
- - - Contacto Litologico inferido	
Litologia	

E=1/400

	
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"	
SECCION GEOFISICA C - C'	
ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM--> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A4
ASESOR : ING. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	SECCION 03-B

CAPITULO VIII

HIDROGEOLOGIA

8.1 GENERALIDADES

La caracterización hidrogeológica depende del carácter de otros factores como son la litología, estructurales, composición química de los suelos y las rocas respectivamente, estos permitirán establecer los parámetros de evaluación, con la finalidad de conocer el comportamiento físico mecánico y físico químico de las aguas subterráneas, asociados a las estructuras geológicas y litológicas que tienen una influencia directa en el comportamiento de las aguas subterráneas, y que determinan el flujo de los caudales y volúmenes de reserva en los acuíferos. Por lo cual este capítulo nos permitirá establecer valores para el análisis de recarga y descarga del agua en la cuenca Cachimayo.

Para identificar y caracterizar las unidades hidrogeológicas se debe tener en cuenta los factores litológicos, algunos parámetros hidrogeológicos como la permeabilidad, la porosidad, transiividad, parámetros físico químicos de las aguas como el Ph, conductividad eléctrica, contenidos de sales y otros, para lo cual ha sido necesario realizar ensayos de campo en situ, obtención de muestras de agua para análisis físico químicos en el laboratorio.

8.1 PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS

8.1.1 POROSIDAD LAS FORMACIONES GEOLOGICAS

Porosidad Primaria

La porosidad es el volumen extraído (agua gravifica) por bombeo de una muestra de material permeable con respecto al volumen total de la muestra.

$$Me = \frac{Ve}{Vt} * 100$$

La porosidad total representa los espacios vacíos y/o intersticios entre los granos de las rocas.

$$mt = ms + me$$

Donde:

- mt = Porosidad total.
- me = Porosidad eficaz
- ms = capacidad de retención específica.

Se tomo en cuenta el Cuadro “Valores de porosidad de las rocas” según Pulido (1978) (*Cuadro 10*) para la clasificación y caracterización hidrogeológica de las formaciones. También se tomó como referencia el Boletín del Cuadrángulo de Cusco, donde menciona la porosidad de las formaciones de interés para nuestro objeto de estudio.

Porosidad de las fracturas

Es el principal factor que permite el almacenamiento de las aguas subterráneas. La dirección del flujo de aguas es controlada por el sistema de fracturas, fisuras, diaclasas o fallas. (Fluquer et al, 2009)

La dirección de un lineamiento de dirección suroeste – noreste a lo largo del río Cachimayo, la presencia del anticlinal de Puquin y las fallas locales con direcciones sureste – noreste controlan la surgencia de las aguas subterráneas. Estas estructuras aumentan considerablemente la porosidad de las fracturas de las rocas.

Cuadro 10. Valores de porosidad de las rocas.

Material		Porosidad	
Tipo	Descripción	mt (%)	me (%)
Rocas sedimentarias coherentes	Areniscas	entre 2 y 15	entre 0 y 20
	Calizas	entre 10 y 30	entre 0.5 y 20
Rocas sedimentarias incoherentes	Aluviones	entre 20 y 40	entre 5 y 35
	Gravas	entre 25 y 40	entre 15 y 35
	Arena	entre 20 y 45	entre 10 y 35
	Depósitos glaciares	entre 15 y 35	entre 5 y 30
	Limo	entre 35 y 50	entre 2 y 20
	Arcillas	entre 40 y 60	entre 0 y 10

Fuente: J. Pulido (1978)

8.1.2 ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS

El factor de permeabilidad de los suelos es muy importante para definir la velocidad de flujo de las aguas, por consiguiente, contribuye en la definición del tipo de acuífero. En el marco teórico se define detalladamente sobre estos aspectos.

Para la obtención de los parámetros de cada formación geológica se ha realizado ensayos de permeabilidad in situ, utilizando el método de carga variable; debido a que las rocas presentes en la Cuenca Cachimayo son rocas de tipo sedimentario

Método de Carga Variable Decreciente.

En este ensayo se realiza una perforación y se instala un tubo donde se cubre la parte externa del tubo implantado con material impermeable para que no exista escape de agua a la superficie, se llena con agua el tubo, la que luego podrá filtrarse hacia el suelo y/o roca. La tasa de cambio del nivel superficial de agua se observa mediante la profundidad del nivel de

agua debajo del extremo superior de la perforación a 1, 2 y 5 minutos luego de haber empezado el ensayo y luego a intervalos de 5 minutos hasta que la diferencia entre e lecturas consecutivas se despreziable o el número de lecturas permita determinar satisfactoriamente la permeabilidad. Para tales pruebas se ha utilizado un tubo de 0.80cm de longitud y 2” de diámetro.

El procedimiento que se utilizo fue la siguiente:

1. Se realiza un hoyo previamente hasta alcanzar la profundidad adecuada del suelo o roca que es objeto a estudiar; es decir, debajo de la cobertura vegetal.
2. Se sella los alrededores del tubo implantado, con material impermeable (arcillas, limos, etc.) hasta que esté bien compacto y no exista escape de agua a la superficie.
3. Se procede a saturar completamente el suelo o roca y se dio inicio al ensayo.

Estos ensayos se han realizado en distintos tipos de suelo o roca, teniendo en cuenta las características litológicas existentes en la Cuenca Cachimayo. Se realizaron varios ensayos de permeabilidad por formación geológica como unidades de muestreo, muchas de ellas que se encuentren cercanas a los manantes. Las hojas de cálculos están adjuntadas en los anexos.

Cuadro 11. Tabla convencional de permeabilidad según Benitez (1963)

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

Valores (m/día)	Permeabilidad										
	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴
Calificación	Impermeable		Poco permeable		Algo permeable		Permeable		Muy permeable		
	Acuicludo		Acuitardo		Acuífero pobre		Acuífero medio a bueno		Acuífero		
Tipo de Materiales	Arcilla compacta granito		Limo arenoso, limo, arcilla limosa		Arena fina, arena limosa, caliza fracturada		Arena limpia, grava y arena fina		Grava limpia		

8.1.2.1 PERMEABILIDAD EN LA FORMACIÓN PUQUÍN

En la formación Puquín el ensayo de permeabilidad se realizó en la comunidad de Mayrasco en el cerro Machumocco, teniendo como resultado los siguientes datos que veta resumido en el cuadro N° 8, cuyas hojas de cálculo se encuentran anexadas. (*Ver Anexo 1*)

Cuadro 12. Resumen de prueba de permeabilidad de la Fm. Puquín.

N°	Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		ALTITUD	CÓDIGO	K (m/día)	Calificación	Calificación del acuífero	SECTOR	COMUNIDAD
			X	Y							
1	Formación Puquín	Arenisca de color verde de la formación puquín, fracturada del miembro III.	824378	8496491	3812	PM-01	3.889E-01	Poco permeable	Acuitardo	CERRO MACHUMOKO	MAYRASCO

Fuente y Elaboración: Propia



Foto 26. Foto de la realización de la prueba de permeabilidad en la formación Puquín

Para la interpretación de las permeabilidades obtenidas en los ensayos de campo se utilizó el cuadro de Benitez, (1963). Donde El coeficiente de permeabilidad para la formación Puquín resultado de $3.889 \cdot 10^{-1}$ m/día, considerándose como poco permeable.

El ensayo de permeabilidad de la formación Puquín se realizó en las areniscas limpias fracturada del Miembro M3, que se atribuye a un acuífero pobre. Cabe resaltar que en su conjunto la formación Puquin es un acuitardo por presentar arcillas y limos.

8.1.2.2 PERMEABILIDAD EN LA FORMACIÓN QUILQUE

Los ensayos de permeabilidad realizados en esta formación se ubican en el cerro Ancaqtiyanan y el cerro Tankarmocco pertenecientes de la comunidad de Mayrasco, los resúmenes de los resultados se muestran en el cuadro siguiente (ver cuadro N° 9) y el cálculo

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

completo se encuentra en el anexo. La ubicación de la prueba de permeabilidad 1 en la formación Quilque. (*Ver Anexo 1*)

Cuadro 13. Resumen de pruebas de permeabilidad Fm Quilque

N°	Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		ALTITUD	CÓDIGO	K (m/día)	Calificación	Calificación del acuífero	SECTOR	COMUNIDAD
			X	Y							
1	Formación Quilque	Arenisca de color rojo claro de la formación quilque, fracturada.	824376	8495546	3998	PM-02	4.630E-01	Algo Permeable	acuífero pobre	CERRO ANCCAQTIANAN	MAYRASCO

N°	Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		CÓDIGO	K (m/día)	Calificación	Calificación del acuífero	SECTOR	COMUNIDAD
			X	Y						
2	Formación Quilque	Arenisca de grano media fracturada y presencia de estratos de lutitas, Muy alteradas.	824456	8497371	PM-03	3.460E-01	Algo Permeable	acuífero pobre	CERRO TANKARMO CCO	HUAMANCHA RPA

Fuente y Elaboración: Propia

Los coeficientes de permeabilidad en los dos ensayos de permeabilidad para esta formación son de $4.63 \cdot 10^{-1}$ y $3.46 \cdot 10^{-1}$ m/día, considerado como algo permeable, según Benitez (1963). Es un suelo de arenisca media con presencia de fracturas, por lo cual se clasifica como un acuífero pobre.



Foto 27. Prueba de permeabilidad en la formación Quillque.

8.1.2.3 PERMEABILIDAD EN LA FORMACIÓN CHILCA

En la formación Chilca, este ensayo de permeabilidad se realizó en la comunidad de Mayrasco en el cerro Lequemocco, ejecutándose un ensayo de permeabilidad con el siguiente resultado resumido que se indican en el cuadro (ver cuadro N° 14), y cuyas hojas de cálculo se encuentran anexadas. (Ver Anexo 1)

Cuadro 14. Resumen de prueba de permeabilidad de la Fm. Chilca.

N°	Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		ALTITUD (msnm)	CÓDIGO	K (m/día)	Calificación
			X	Y				
1	Formación Chilca	Arcilla de color naranja a roja. Compacta.	823661	8495810	4018	PM-04	2.758E-05	Impermeable

Fuente y Elaboración: Propia

El coeficiente de permeabilidad es de $2.758 \cdot 10^{-5}$ m/día, considerado como impermeable.

Es un suelo arcilloso chilca característico, según la calificación de acuífero es un acuícludo.



Foto 28. la Prueba de permeabilidad de la formación chilca. ubicado al SW de la cuenca Cachimayo.

8.1.2.4 PERMEABILIDAD EN LA FORMACION KAYRA.

En la formación Kayra, se realizó dos ensayos de permeabilidad en el cerro Acuñaíray y cerro mosoqllacta, localizados en la comunidad de Huasampata y Mayrasco respectivamente, con el siguiente resultado resumido que se indican los cuadros (ver cuadro N° 12 y N° 13) que están más adelante, y cuyas hojas de cálculo se encuentran anexadas. (*Ver Anexo 1*)

Cuadro 15 Resumen de prueba de permeabilidad 1 en la formación Kayra.

N°	Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		CÓDIGO	K (m/día)	Calificación
			X	Y			
1	FORMACIÓN KAYRA	Arenisca de grano fino a gruesa, bien fracturada.	825500	8496252	PM-6	1.088	Permeable

Fuente y Elaboración: Propia

N°	Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		CÓDIGO	K (m/día)	Calificación
			X	Y			
2	FORMACIÓN KAYRA	Arenisca de grano medio con presencia de rocas muy fracturadas.	825464	8495367	PM-7	1.153	Permeable

Fuente y Elaboración: Propia

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

El coeficiente de permeabilidad es de 1.088 y 1.153 m/día, considerado como permeable, en esta formación se caracteriza por presentar lutitas, areniscas finas, medias y areniscas de grano grueso, en esta cuenca las areniscas de la formación Kayra se encuentran muy fracturadas debido a la presencia de fallas locales y el anticlinal de Mayrasco, esta formación dentro de la zona de estudio es un buen acuífero.



Foto 29. Realización de la prueba de permeabilidad en la formación Kayra.

8.2 INVENTARIO DE FUENTES HÍDRICAS

Dentro de esta fase de estudio se han identificado las fuentes de agua subterránea que se encuentran ubicadas dentro de la zona de investigación. Para tal efecto se realizó mediante la prospección directa de campo, con el apoyo de algunos comuneros de las tres comunidades campesinas. (Ver foto 30).

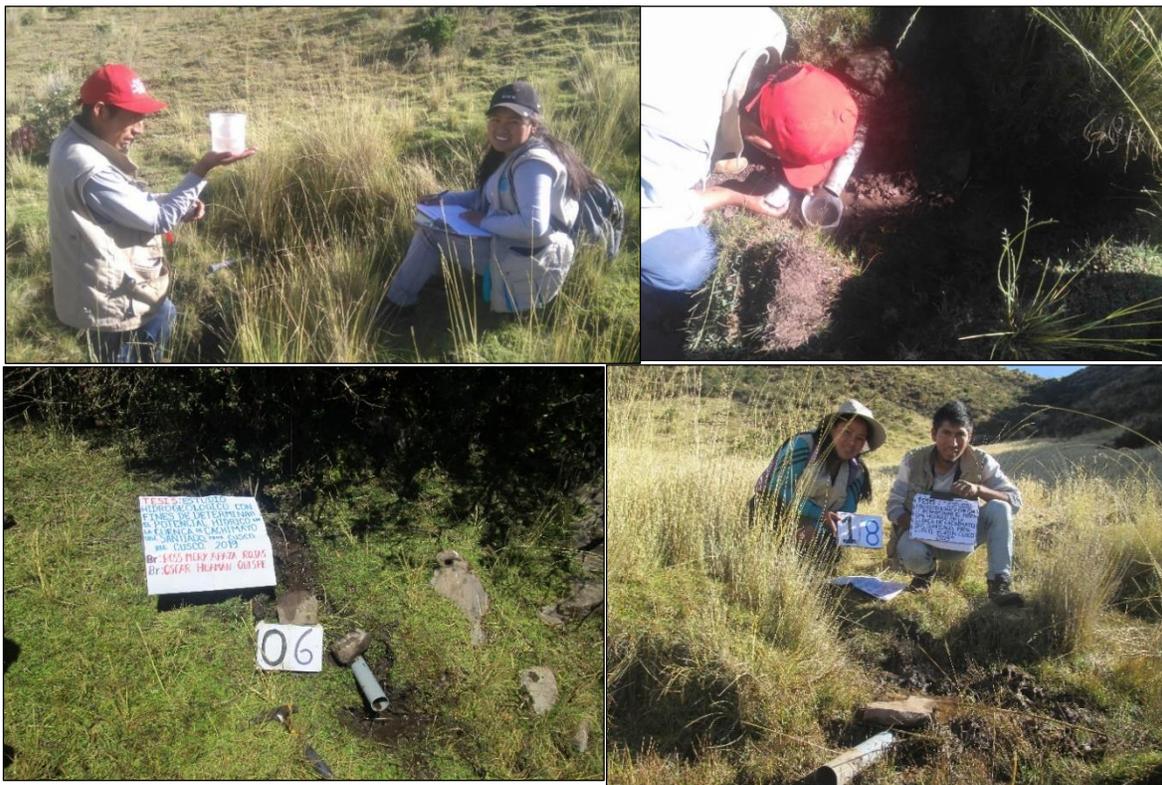


Foto 30. Inventariado de los manantes y su caudal respectivo en distintos puntos de la zona de estudio.

Estas fuentes fueron registradas con una determinada codificación, coordenadas y parámetros físicos e hidrogeológicos (véase anexos de inventario de manantes). Durante la investigación fue posible obtener aforos en épocas de estiaje (junio – septiembre del 2019)

En la cuenca de río Cachimayo se inventariaron 65 manantes que se ubican generalmente en la parte media y alta de la cuenca y son controlados estructuralmente por fallas, fisuras y contactos geológicos. Esta información se volcó en el mapa de inventario de manantes (*Ver LAM-9*) con la finalidad de ubicar las zonas de descarga natural.

Para un mejor entendimiento, el inventariado de manantes se dividieron en dos fracciones, margen derecha e izquierda. (*Ver LAM-9*). La margen derecha ubicado más hacia las comunidades de Huasampata y Mayrasco donde se ubican las quebradas de Sayacmachay, Chinchay y Ichuhuayco, alberga la mayor cantidad de manantes, la cual suma un total de 40 manantes. (*Ver cuadro N° 21*).

La margen izquierda ubicado hacia las comunidades de Huamancharpa y un área de la comunidad de Mayrasco, donde se ubican las quebradas de Huamancharpa y Locomayo, alberga un total de 25 manantes. (*Ver cuadro N° 20*) y los cuadros completos están en el anexo de inventario de manantes).

8.2.1 CLASIFICACIÓN DE INVENTARIO DE MANANTES SEGUN CAUDALES

Los caudales mínimos y máximos se encuentran entre 0.0003 – 1.2295 litros por segundo, aforados entre junio y septiembre del 2019, época de estío, y nos indica que las surgencias son casi superficiales en el sector. (*Ver cuadro N° 17*)

Cuadro 17. Clasificación de manantes por caudal.

TIPOS DE MANANTES	CAUDAL (l/s)	N° MANANTES
Muy bajas	0.0003 - 0.0009	7
Bajas	0.0012 - 0.0099	21
Regular	0.0107 - 0.0959	25
Buena	0.1034 - 0.2273	11
Muy buena	1.2295	1

Elaboración y fuente: Propio

8.2.2 DISTRIBUCION DE INVENTARIO DE MANANTES POR QUEBRADA

En la quebrada Huamancharpa se inventariaron 13 manantes, la mayoría ubicadas en la parte media y alta. Los caudales en esta quebrada varían entre 0.0008 – 0.1106 litros por segundo.

En la quebrada de Locomayo se inventariaron 12 manantes, la mayoría se ubican en la parte alta. Los caudales en esta quebrada varían entre 0.0012 – 0.0959 litros por segundo. El manante MI-05 (0.0518 l/s) es la que tiene mayor importancia en esta quebrada ya que se encuentra captado y se usa para el consumo humano de 03 familias de la comunidad de Mayrasco.

En la quebrada de Sayacmachay se inventariaron 16 manantes, la mayoría se ubica en la parte media. Los manantes que presentan caudales buenos son MD-03, MD-02 Y MD-04 con caudales de 0.2273, 0.1397 Y 0.1218 litros por segundo respectivamente. Cabe resaltar que estos manantes se encuentran en el contacto de las formaciones geológicas de Chilca y Kayra.

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

En la actualidad los manante MD-03 y MD-02 se encuentra captados para el consumo humano de 55 familias de la comunidad de Mayrasco. Ya que la suma total de caudales de ambos manantes es de 0.367 litros por segundo.

En la quebrada Chinchay se inventariaron la mayor cantidad de manantes, 16 en total y la mayoría de estos se encuentran en la formación geológica Kayra y se encuentran en la parte media. El manante MD-26 es el más importante por presentar un caudal muy bueno (1.2295 l/s), también resaltan 04 manantes de caudales buenos (MD-19, MD-23, MD-25 Y MD-30).

En la quebrada de Ichuhuayco se inventariaron 06 manantes, la mayoría se ubican en la parte media y se encuentran en la formación Kayra. El manante MD-39 (0.1812 l/s) es la que tiene mayor importancia en esta quebrada ya que presenta mayor caudal que los demás.

Cuadro 18. Distribución de los manantes por quebradas

QUEBRADAS DE LA C. CACHIMAYO	N° MANANTES
Huamancharpa	13
Locomayo	12
Sayacmachay	16
Chinchay	18
Ichuhuayco	6

Elaboración y fuente: Propio

8.2.3 DISTRIBUCION DE INVENTARIO DE MANANTES POR FORMACION GEOLOGICA

En Cuadro 14 se observa que los manantes se encuentran distribuidos en diferentes formaciones geológicas. Donde la formación Kayra es la más importante porque alberga manantes con caudales de valores muy buenos a buenos donde resalta el manante MD-26 con caudal de 1.2295 litros por segundo. En tanto la formación Quilque resalta porque se inventariaron la mayor cantidad de manantes (23) pero con caudales de valores regulares. Por su parte en la formación Chilca se inventariaron 12 manantes con caudales de valores bajos. Por último, en la formación Puquín se inventariaron 06 manantes con caudales bajos excepto el manante MI-04 que presenta un caudal regular (0.0959 l/s).

Cuadro 19. Distribucion de los manantes por formaciones geológicas.

FM. GEOLOGICA	N° MANANTES
Dep. Fluvial	3
Fm. Kayra	21
Fm. Chilca	12
Fm. Quilque	23
Fm. Puquín	6

Elaboración y fuente: Propio

8.2.4 CLASIFICACION DE LOS MANANTES POR EL CONTROL ESTRUCTURAL

Se observo 05 controles estructurales las cuales se describen a continuación:

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

Los manantes de margen izquierda en específico los manantes del número: MI-13 al MI-24 están relacionados a la falla Huamancharpa. Esto se afirma debido a que los 9 manantes están alineados en la dirección de esta falla (*Ver Lamina 9 – Inventario de manantes*).

Los manantes MI-01, MI-02, ... y MD-12 (margen izquierda), están relacionados a la falla Locomayo. Esto se afirma debido a que los 12 manantes están alineados en la dirección de esta falla (*Ver Lamina 9 – Inventario de manantes*).

Los manantes: MD-01, MD-02, ... y MD-15 (margen derecha), están relacionados a la falla Sayacmachay. Esto se afirma debido a que los 15 manantes están alineados en la dirección de esta falla (*Ver Lamina 9 – Inventario de manantes*).

Los manantes: MD-17, MD-18, ... y MD-29, (margen derecha), están relacionados a la falla Chinchay. Esto se afirma debido a que los 12 manantes están alineados en la dirección de esta falla (*Ver Lamina 9 – Inventario de manantes*).

Los manantes: MI-25 (margen izquierda), MD-36, MD-37, MD-38, MD-39 y MD-40 (margen derecha), están relacionados a la falla Mayraco - Huasampata. Esto se afirma debido a que los 08 manantes están alineados en la dirección de esta falla (*Ver Lamina 9 – Inventario de manantes*).

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

Cuadro 20. Inventario de manantes de la cuenca Cachimayo margen Izquierda

Inventario de Manantes									Cusco - Diciembre, 2019
TESIS: "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019"									
RESUMEN DE INVENTARIO DE MANANTES - MARGEN IZQUIERDA DE LA CUENCA CACHIMAYO									
FECHA		CUENCA CACHIMAYO			Departamento :		CUSCO		
Desde :	AGOSTO				Provincia :		CUSCO		
Hasta :	AGOSTO				Distrito :		SANTIAGO		
FECHA	CODIGO	COMUNIDAD	QUEBRADA	ZONA	ESTE	NORTE	CAUDAL (l/ s)	FM. GEOLOGICA	
04/08/2019	MI-01	MAYRASCO	LOCOMAYO	18L	824542	8597190	0.0107	FM. QUILQUE	
04/08/2019	MI-02	MAYRASCO	LOCOMAYO	18L	824234	8496535	0.0068	DEP. FLUVIAL	
04/08/2019	MI-03	MAYRASCO	LOCOMAYO	18L	824177	8496549	0.0481	FM. PUQUIN	
04/08/2019	MI-04	MAYRASCO	LOCOMAYO	18L	824022	8496173	0.0959	FM. PUQUIN	
04/08/2019	MI-05	MAYRASCO	LOCOMAYO	18L	823895	8496191	0.0518	FM. QUILQUE	
04/08/2019	MI-06	MAYRASCO	LOCOMAYO	18L	823855	8496112	0.0028	FM. QUILQUE	
04/08/2019	MI-07	MAYRASCO	LOCOMAYO	18L	823705	8496086	0.0149	FM. QUILQUE	
04/08/2019	MI-08	MAYRASCO	LOCOMAYO	18L	823552	8495981	0.0212	FM. CHILCA	
04/08/2019	MI-09	MAYRASCO	LOCOMAYO	18L	823625	8495452	0.0020	FM. CHILCA	
04/08/2019	MI-10	MAYRASCO	LOCOMAYO	18L	823630	8495958	0.0056	FM. CHILCA	
04/08/2019	MI-11	MAYRASCO	LOCOMAYO	18L	823630	8495958	0.0027	FM. CHILCA	
04/08/2019	MI-12	MAYRASCO	LOCOMAYO	18L	823716	8445958	0.0012	FM. QUILQUE	
04/08/2019	MI-13	MAYRASCO	HUAMANCHARPA	18L	823540	8496501	0.0375	FM. CHILCA	
04/08/2019	MI-14	MAYRASCO	HUAMANCHARPA	18L	823528	8496503	0.0059	FM. CHILCA	
04/08/2019	MI-15	MAYRASCO	HUAMANCHARPA	18L	823498	8496562	0.0029	FM. CHILCA	
04/08/2019	MI-16	MAYRASCO	HUAMANCHARPA	18L	820889	8494034	0.0099	FM. QUILQUE	
04/08/2019	MI-17	MAYRASCO	HUAMANCHARPA	18L	823539	8496708	0.0008	FM. CHILCA	
04/08/2019	MI-18	HUAMANCHARPA	HUAMANCHARPA	18L	823474	8497102	0.0108	FM. CHILCA	
04/08/2019	MI-19	HUAMANCHARPA	HUAMANCHARPA	18L	823693	8497100	0.0025	FM. QUILQUE	
04/08/2019	MI-20	HUAMANCHARPA	HUAMANCHARPA	18L	823709	8497058	0.0045	FM. QUILQUE	
07/08/2019	MI-21	MAYRASCO	HUAMANCHARPA	18L	823806	8497011	0.0013	FM. QUILQUE	
07/08/2019	MI-22	HUAMANCHARPA	HUAMANCHARPA	18L	823778	8497046	0.0050	FM. QUILQUE	
07/08/2019	MI-23	HUAMANCHARPA	HUAMANCHARPA	18L	823858	8497119	0.1106	FM. QUILQUE	
07/08/2019	MI-24	HUAMANCHARPA	HUAMANCHARPA	18L	823751	8497055	0.0047	FM. QUILQUE	
07/08/2019	MI-25	HUAMANCHARPA	HUAMANCHARPA	18L	824880	8497587	0.1059	DEP. FLUVIAL	
					TOTAL		0.5662		

Elaboración y fuente: Propio

VER LAMINA 9 – MAPA DE INVENTARIO DE MANANTES

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

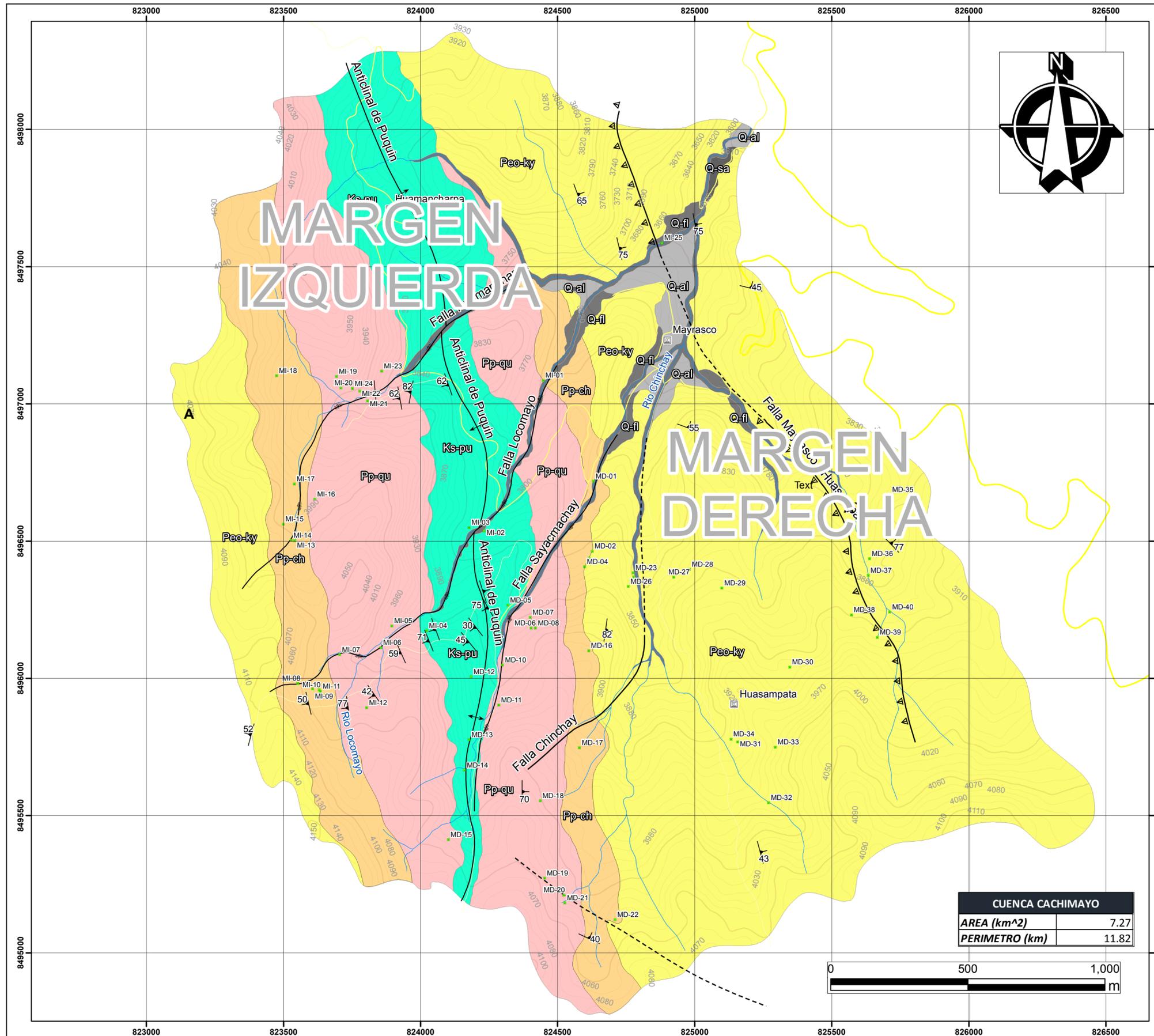
Cuadro 21. Inventario de manantes de la cuenca Cachimayo margen derecha

Inventario de Manantes								Cusco - Diciembre, 2019
TESIS: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”								
RESUMEN DE INVENTARIO DE MANANTES - MARGEN DERACHA DE LA CUENCA CACHIMAYO								
FECHA		CUENCA CACHIMAYO			Departamento :		CUSCO	
Desde :	JUNIO				Provincia :		CUSCO	
Hasta :	SEPTIEMBRE				Distrito :		SANTIAGO	
FECHA	CODIGO	COMUNIDAD	QUEBRADA	ZONA	ESTE	NORTE	CAUDAL (l/s)	Fm. GEOLOGICA
02/06/2019	MD-01	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824630	8496718	0.0526	DEP. FLUVAL
02/06/2019	MD-02	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824626	8496463	0.1397	CONTACTO FM. KAYRA - CHILCA
02/06/2019	MD-03	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824614	8496438	0.2273	CONTACTO FM. KAYRA - CHILCA
02/06/2019	MD-04	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824598	8496407	0.1218	CONTACTO FM. KAYRA - CHILCA
02/06/2019	MD-05	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824318	8496266	0.0567	FM. PUQUIN
02/06/2019	MD-06	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824403	8496183	0.0043	FM. QUILQUE
02/06/2019	MD-07	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824400	8496222	0.0020	FM. QUILQUE
02/06/2019	MD-08	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824419	8496183	0.0362	FM. QUILQUE
02/06/2019	MD-09	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824317	8496061	0.0938	FM. QUILQUE
02/06/2019	MD-10	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824299	8496049	0.1034	FM. QUILQUE
02/06/2019	MD-11	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824285	8495903	0.0393	FM. QUILQUE
02/06/2019	MD-12	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824184	8496005	0.0224	FM. PUQUIN
02/06/2019	MD-13	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824174	8595777	0.0115	FM. PUQUIN
02/06/2019	MD-14	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824160	8495664	0.0405	FM. PUQUIN
02/06/2019	MD-15	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824101	8495412	0.0248	FM. QUILQUE
23/08/2019	MD-16	MAYRASCO	SAYACMACHAY	18L	824613	8496100	0.0008	FM. CHILCA
23/08/2019	MD-17	HUASAMPATA	CHINCHAY	18L	824579	8495747	0.0357	FM. CHILCA
23/08/2019	MD-18	HUASAMPATA	CHINCHAY	18L	824436	8495553	0.0251	FM. QUILQUE
23/08/2019	MD-19	HUASAMPATA	CHINCHAY	18L	824452	8495271	0.1475	FM. QUILQUE
23/08/2019	MD-20	HUASAMPATA	CHINCHAY	18L	824511	8595211	0.0194	FM. QUILQUE
23/08/2019	MD-21	HUASAMPATA	CHINCHAY	18L	824519	8425176	0.0033	FM. QUILQUE
28/09/2019	MD-22	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	175379	8495120	0.0004	FM. CHILCA
28/09/2019	MD-23	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	175414	8496385	0.1834	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-24	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	175417	8496370	0.0901	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-25	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	175427	8496356	0.1695	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-26	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	175397	8496334	1.2295	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-27	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	175563	8496369	0.0091	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-28	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	175619	8496397	0.0260	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-29	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	175739	8496329	0.0356	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-30	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	175994	8496041	0.1209	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-31	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	175788	8495787	0.0453	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-32	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	178172	8496793	0.0003	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-33	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	175948	8495749	0.0026	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-34	HUASAMPATA	CHINCHAY	19L	175786	8495778	0.0453	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-35	HUASAMPATA	ICHUHUAYCO	19L	176344	8496668	0.0008	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-36	HUASAMPATA	ICHUHUAYCO	19L	176275	8496436	0.0009	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-37	HUASAMPATA	ICHUHUAYCO	19L	176272	8496375	0.0003	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-38	HUASAMPATA	ICHUHUAYCO	19L	176214	8496231	0.0050	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-39	HUASAMPATA	ICHUHUAYCO	19L	176311	8496149	0.1812	FM. KAYRA
28/09/2019	MD-40	HUASAMPATA	ICHUHUAYCO	19L	176409	8596093	0.0699	FM. KAYRA
TOTAL							3.4241	

Elaboración y fuente: *Propio*

VER LAMINA 9 – MAPA DE INVENTARIO DE MANANTES

MAPA DE INVENTARIO DE MANANTES DE LA CUENCA DE CACHIMAYO



LEYENDA

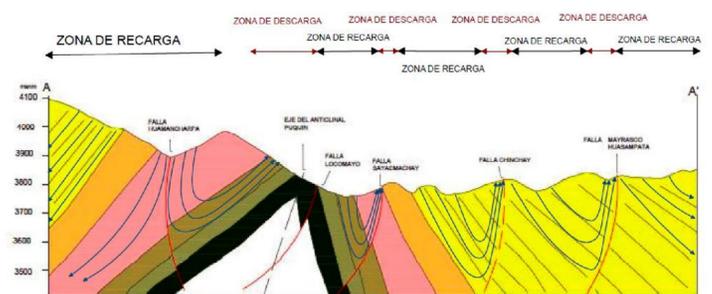
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD	NOMBRE
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Deposito aluvial	Q-al
			Deposito fluvial	Q-fl
		Pleistoceno	Fm. San Sebastian	Q-sa
	PALEOGENO	Eoceno	Fm. Kayra	Peo-Ky
			Fm. Chilca	Pp-ch
Paleoceno		Fm. Quilque	Pp-qu	
MESOZOICO	CRETACICO	Superior	Fm. Puquin	Ks-pu

Estratigrafia de la Cuenca Cachimayo. Modificado del Boletin N° 138 Serie A (2010)

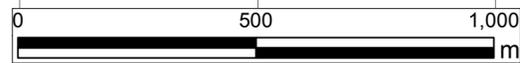
SIMBOLO

■	Inventario de manantes	----	Falla Inferidada
□	Centro_Poblado	▽	Falla Inversa
—	Curvas de nivel Principales	—	Falla Normal
—	Curvas de nivel Secundarias	—	Falla Normal Dextral
↖ ↗	Rumbos y Buzamientos de estratos		
↕	Anticlinal		
—	Rios		

Fallas



CUENCA CACHIMAYO	
AREA (km ²)	7.27
PERIMETRO (km)	11.82




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019"

MAPA DE INVENTARIO DE MANANTES DE LA CUENCA DE CACHIMAYO

ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM--> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A2
ASESOR:	Esc: 1:10000
Mg. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	
UBICACIÓN:	LAM 9
REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRITO DE SANTIAGO	

8.3 CARACTERIZACION HIDROGEOLÓGICAS DE LAS FORMACIONES GEOLOGICAS

La caracterización hidrogeológica se desarrolló a partir de la necesidad de representar cartográficamente las características hídricas de las formaciones geológicas.

8.3.1 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Según el cuadro de caracterización hidrogeológica de la cuenca Cachimayo se han podido diferenciar las siguientes unidades:

8.3.1.1 ACUÍFEROS

Los acuíferos de la cuenca Cachimayo se localizan en zonas de ladera y montañas. Estos son de tres tipos:

- Acuíferos fisurados en rocas sedimentarias.
- Acuíferos porosos no consolidados en depósitos cuaternarios.
- Acuíferos pobres en rocas sedimentarias.

ACUÍFEROS FISURADOS EN ROCAS SEDIMENTARIAS.

ACUIFERO FISURADO KAYRA

El acuífero Kayra es uno de los principales acuíferos en la cuenca Cachimayo, esto debido a la gran presencia de afloramientos de esta formación en la zona de estudio, Compuesto por conglomerados en la base. La litología más importante la constituye areniscas de grano medio a grueso que se intercalan con lutitas. Presenta varias secuencias de areniscas cuarzo feldespáticas de color gris porosas de gran espesor intercaladas con lutitas de color marrón en pequeña cantidad, estas areniscas presentan una matriz limosa muy fina a gruesa, muy

cementada (esto varía por zonas). El espesor de esta unidad varía entre 2000 y 3000 m. (Carlotto et al, 2010)

El acuífero Kayra presenta una porosidad primaria y secundaria debido a la presencia de fracturas y fallas. Los valores de porosidad varían de 6 a 16 % (Bernex, 2005). La permeabilidad superficial medida en campo es de 1.153 metros por día (véase los anexos 1.5, 1.6 y 1.7), lo que corresponde según Benitez (1963) a acuíferos regulares a buenos, con productividad de caudales medias a altas. (*Ver cuadro 17*)

En este acuífero existe mayor concentración de manantes, debido a la presencia de fallas y fracturas locales y tiene caudales de producción muy buenas, donde resaltan los manantes MD-26, MD-30 y MD-39 con caudales de 1.22, 0.12 y 0.18 litros por segundo respectivamente. (*Ver cuadro 20*)

ACUÍFEROS POROSOS NO CONSOLIDADOS EN DEPÓSITOS CUATERNARIOS.

ACUÍFEROS DE DEPOSITOS FLUVIALES

El depósito fluvial se halla formando el lecho y la base del río Cachimayo, y en las quebradas componentes de esta cuenca. Su litología está conformada por gravas que van de subangulosas a subredondeadas, y presentan matriz arenosa con esporádicos lentes de arcilla y limos. La porosidad de estos acuíferos alcanza hasta 26 %, clasificados como materiales de porosidad, permeabilidad y coeficiente de almacenamiento buena, como lo contrasta la sección geoelectrica C-C', esta sección se realizó cortando perpendicularmente al río de la quebrada Sayacmachay de la Comunidad Campesina de Mayrasco.

ACUÍFEROS POBRES EN ROCAS SEDIMENTARIAS.

ACUIFERO POBRE DE QUILQUE

El acuífero Quilque está compuesto por areniscas de grano media a fina de color gris rojizo intercaladas con lutitas. Por la presencia de arenisca, fractura, fallas locales y presencia de una cantidad de manantes considerables (23 en total), donde los caudales máximos y mínimos de esta unidad varían de 0.0012 a 0.1475 litros por segundo, la formación Quilque también se considera acuíferos pobres locales. Además, la permeabilidad superficial medida en campo es de $3.65 \cdot 10^{-1}$ metros por día, la cual, según la calificación Benitez (1963) se considera algo permeable y corresponde a un acuífero pobre. (*Ver anexo 1.2 y 1.3*)

8.3.1.2 ACUITARDOS

ACUITARDOS SEDIMENTARIOS

Los acuitardos son caracterizados por ser buenos almacenadores, pero tienen poca transmisividad de aguas subterráneas. En la zona de estudio esta característica hidrogeológica se encuentra en los acuitardos Puquín, San Sebastián y los depósitos coluviales,

8.2.1.2.1 ACUITARDO PUQUÍN

Este acuitardo aflora con mayor extensión en el anticlinal de Puquín. Está conformado por una variedad litológica, tiene desde lutitas verdes y areniscas, y estas últimas actúan como acuíferos locales. Así como muestra tenemos el manante MI-04 que presenta un caudal regular (0.0959 l/s) y está ubicado en la quebrada Locomayo.

La permeabilidad superficial de sus fracturas es media a baja, $3.889 \cdot 10^{-1}$ metros por día por lo que estos materiales son calificados como impermeables. (*Ver anexo 1.1*). A pesar de sus condiciones impermeables estos materiales pueden conducir aguas subterráneas debido a la

presencia de fallas geológicas locales como: Locomayo, Chinchay, Huamancharpa y Sayacmachay.

8.2.1.2.3 ACUITARDO SAN SEBASTIAN

Compuestas por arcillas lacustres de coloración gris y en la parte superior por diatomitas y calcáreos, que hacen poco probable la transmisibilidad del agua. Además, la potencia de estas unidades es no mayor a 50 metros que también condiciona para el almacenamiento de aguas subterráneas y es de muy bajo interés.

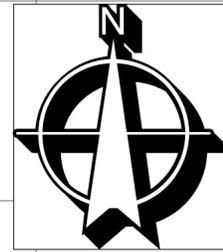
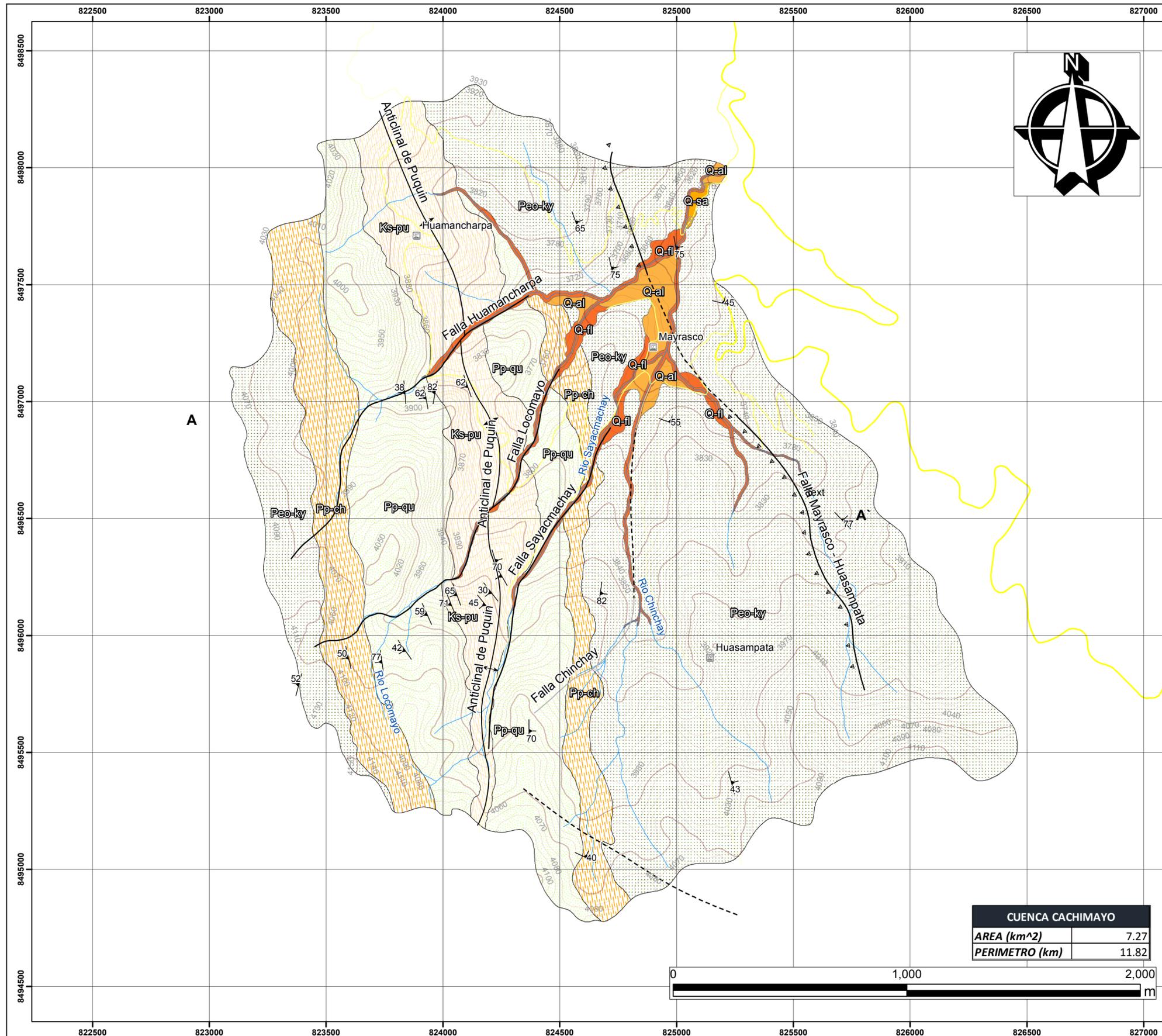
8.3.1.3 ACUICLUDOS

Los acuicludos se caracterizan por no almacenar ni transmitir agua subterránea.

ACUICLUDO CHILCA

Conformada por una litología de lutitas rojas y tienen poco espesor en la zona de estudio. La permeabilidad superficial medida en campo es mínima, de 2.75×10^{-5} m/día por lo cual esta unidad es impermeable. (Ver anexo 1.4)

MAPA DE CLASIFICACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DE CACHIMAYO



LEYENDA

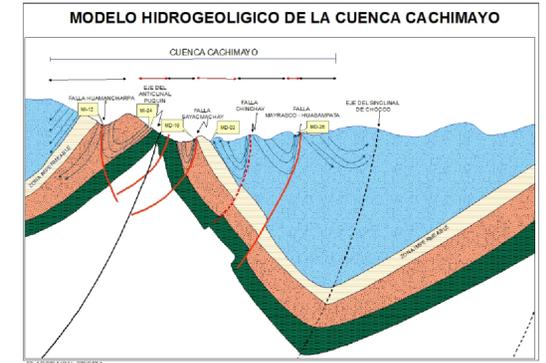
CLASIFICACION HIDROGEOLOGICA

- Acuífudo Chilca
- Acuífero Fluvial
- Acuífero fisurado Kayra
- Acuífero pobre Quilque
- Acuífudo Coluvial
- Acuífudo Puquin
- Acuífudo San Sebastián

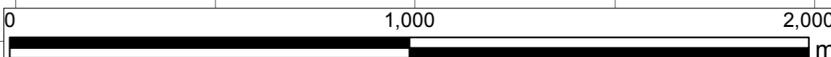
SIMBOLO

- Centro_Poblado
- Curvas de nivel Principales
- Curvas de nivel Secundarias
- Rumbos y Buzamientos de estratos
- Anticlinal
- Rios
- Falla Inferida
- Falla Inversa
- Falla Normal
- Falla Normal Dextral

Fallas



CUENCA CACHIMAYO	
AREA (km ²)	7.27
PERIMETRO (km)	11.82



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2019"

MAPA DE CLASIFICACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DE CACHIMAYO

ELABORADO POR:	SISTEMA DE COORDENADAS
Br. APAZA ROJAS ROSS MERY	WGS84 UTM-> ZONA 18S
Br. HUAMAN QUISPE OSCAR	Esc de hoja: A2
ASESOR:	Esc: 1:12500
Mg. LÓPEZ ZAPANA RONALD LUIS	
UBICACIÓN:	LAM 10
REGION Y PROVINCIA CUSCO Y DISTRITO DE SANTIAGO	

8.4 ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA

8.4.1 ZONAS DE RECARGA

Las fuentes de alimentación o de recarga del acuífero en la zona de estudio son:

- Aporte a masas de agua por precipitaciones torrenciales y precipitaciones fluviales prolongadas.
- Flujo subterráneo proveniente de la infiltración de drenes aledaños.
- Aporte de agua de infiltración a partir de algunas superficies agrícolas.

La alimentación a los acuíferos se realiza a través de las fracturas que se encuentran en las rocas, el principal alimentador son las fallas geológicas.

En la cuenca Cachimayo tenemos dos importantes zonas de recarga. La zona 01 está ubicado en los cerros de Lequemocco. Chuñomasanapata, Ccoysampo y Ajosmocco, donde el flujo subterráneo es casi superficial ya que la disposición de la estratificación tiene un buzamiento hacia el oeste. Por lo que la recarga de estas aguas alimenta la cuenca Ccorca.

La zona 02 está ubicado en los cerros de Ancactiyanan, Ccoyapáta y Acuñaïray, donde la dirección del flujo subterráneo es suroeste a noreste y es controlado por la estratificación, fracturas y fallas locales. (*Ver Modelo Hidrogeológico de Cuenca Cachimayo*).



Foto 31. Zona de recarga del cerro Acuñaïray.

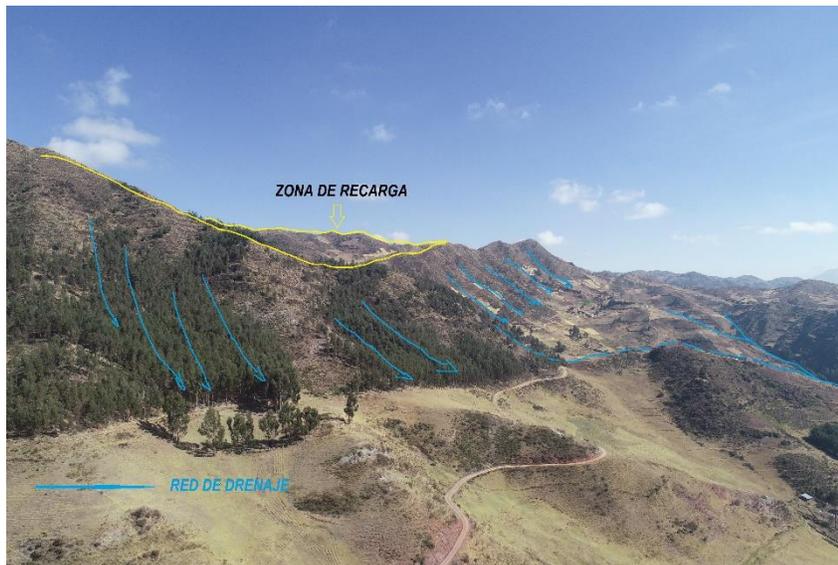
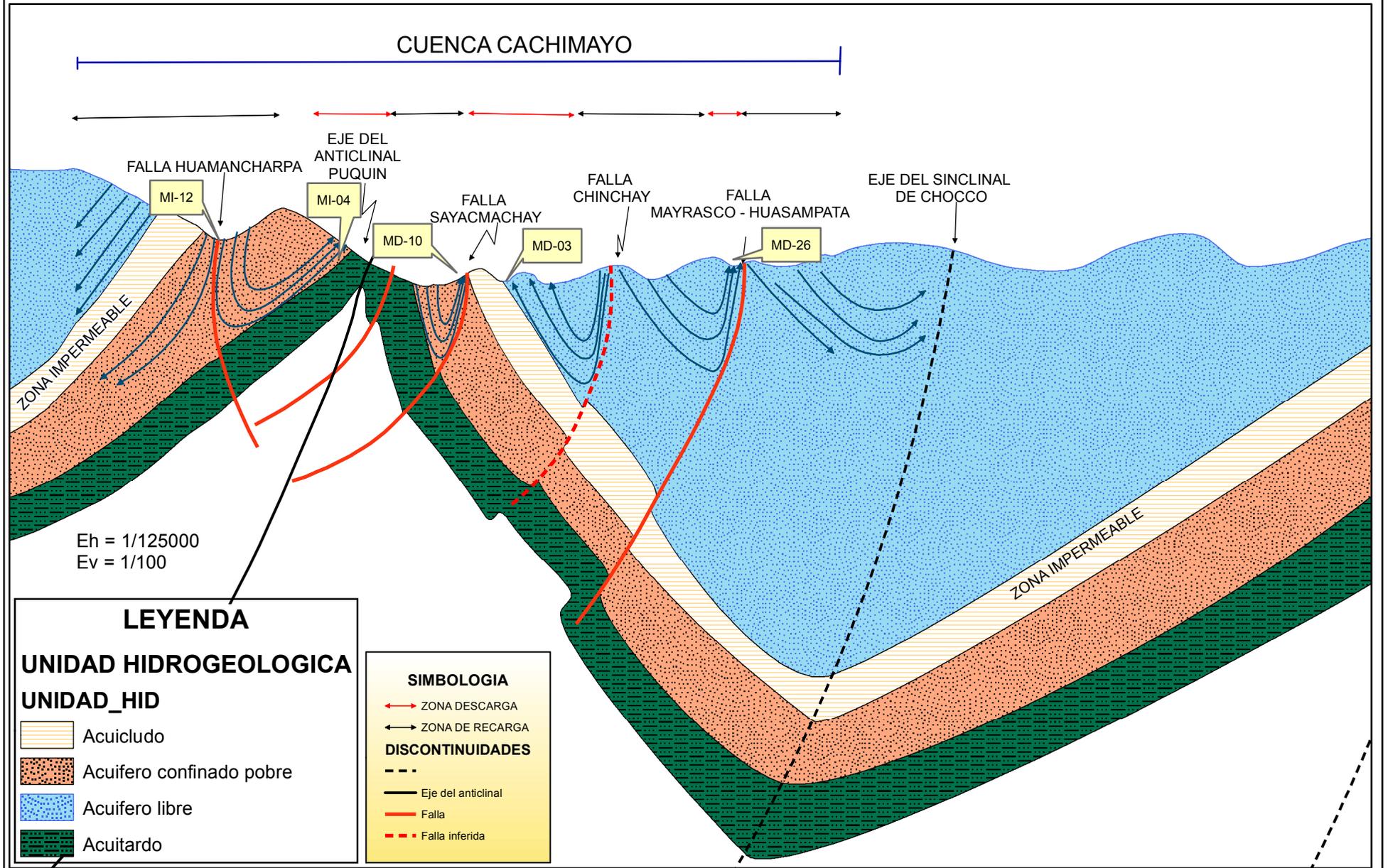


Foto 32. Las Zonas de recarga de los acuíferos en las dos quebradas Locomayo y Huamancharpa

8.4.1 ZONAS DE DESCARGA

Las zonas de descarga son principalmente los acuíferos (*Ver Modelo Hidrogeológico de Cuenca Cachimayo*), que almacenan las aguas tanto superficiales y subterráneas para luego emanar estas aguas mediante los manantes, esto debido a la presencia de las fallas geológicas, fracturas y por la saturación del suelo, la otra parte de la precipitación fluvial llega a la parte baja por escorrentía superficial.

MODELO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA CACHIMAYO



ELABORACION: PROPIA

8.5 HIDROGEOQUÍMICA

8.5.1 GENERALIDADES

La hidrogeoquímica estudia el flujo de agua como vehículo de transporte de las características físicoquímicas, químicas e isotópicas (Custodio, 1991), constituyéndose en una disciplina fundamental para el conocimiento de los ambientes hidrogeológicos, ya que puede informar sobre los procesos naturales y/o las actividades antrópicas que influyen cualitativamente sobre un sistema hídrico. Dicho alcance le otorga un rol relevante en la comprensión de los problemas de calidad y contaminación del agua y también en la definición de algunas características hidrogeológicas (recarga, tiempos de residencia, sistemas de flujo, etc.). La interpretación hidrogeoquímica requiere estudiar la composición del agua (hidroquímica) e identificar y explicar su distribución espacial y variación temporal. Para ello, se apoya en una amplia gama de herramientas que incluyen representaciones gráficas en diagramas y mapas.

El producto final de la interpretación hidrogeoquímica es un modelo conceptual que componga una representación simplificada del sistema, donde las variaciones espaciales de la composición del agua se explican a través de un conjunto de procesos modificadores que actúan sobre una solución inicial (p.e: agua de lluvia).

8.5.1.1 LA HIDROQUÍMICA Y EL CICLO DEL AGUA

El agua adquiere su configuración química durante su pasaje por los diferentes subsistemas del ciclo del agua. De esta manera, los cambios hidroquímicos son el producto de la interacción del agua con la atmósfera y con las distintas fases minerales presentes en la superficie y las zonas no saturada y saturada.

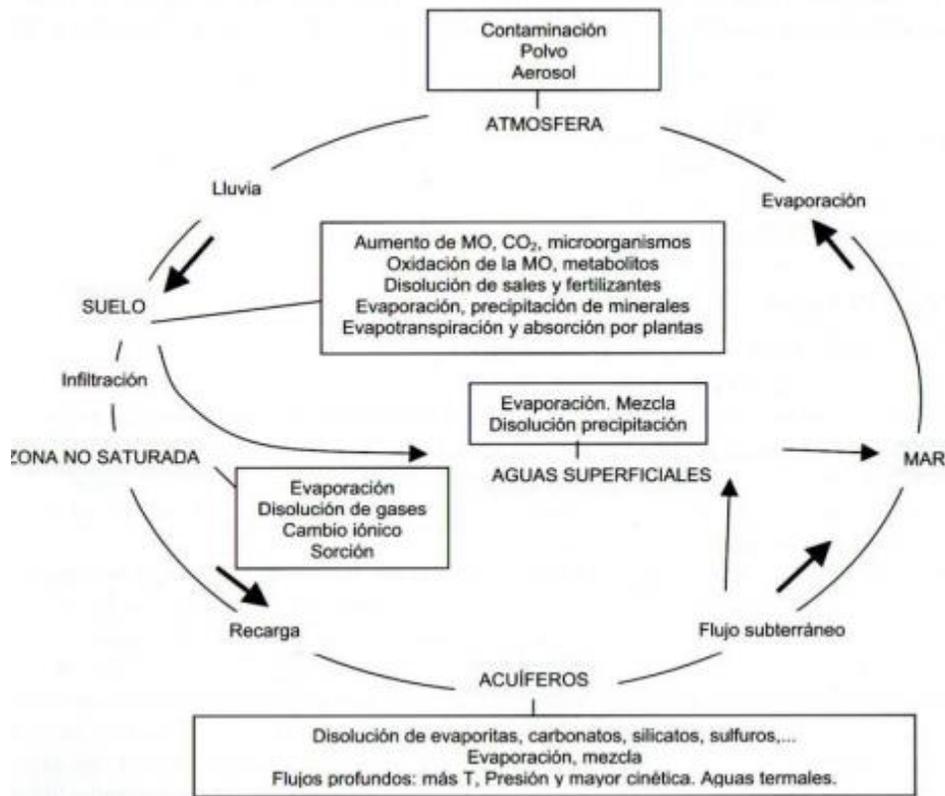


Figura 18. Ciclo hidro geoquímico (Escuder et al., 2009).

Una vez alcanzada la zona saturada, el movimiento del agua (hidrodinámica) difiere significativamente si tiene lugar a través de espacios intersticiales (medios porosos) o fracturas (medios fisurados). En el primer caso, las propiedades hidráulicas están controladas por la textura y estructura del material (forma y tamaño de los clastos, selección, empaquetamiento y grado y tipo de litificación). Además, los esquemas de circulación, especialmente en acuíferos libres, serán diferentes en áreas con relieve ondulado o llano. Esta influencia de la geomorfología, junto con la geología y el clima, sobre el sistema de flujo subterráneo constituye un “ambiente hidrogeológico” (Tóth, 1963).

Cuando el agua de recarga se incorpora al sistema de flujo propio de cada acuífero realiza recorridos muy variables en función de las características de cada uno de ellos. El sistema de flujo refleja la organización espacial del movimiento del agua subterránea y reconoce tres componentes: a) local: flujo que ocurre entre áreas de recarga y descarga adyacentes o muy cercanas, con predominio de movimientos verticales. b) intermedio: flujo que ocurre entre áreas de recarga y descarga separadas por una o más geoformas. c) regional: El agua recorre grandes distancias horizontalmente entre las geoformas principales de un área (o cuenca). Mariño et al, 2018

8.5.2 HIDROGEOQUIMICA DE LA CUENCA CACHIMAYO

Con frecuencia se piensa únicamente en la cantidad de agua disponible, sin embargo, su calidad también es un factor muy importante ya que nos ayuda a decidir si el agua es APTA o NO APTA para ciertos usos, o si su tratamiento correctivo necesario va a ser económicamente viable.

La calidad del agua subterránea depende mucho de las condiciones del acuífero, su litología, de la velocidad de circulación, de la calidad del agua de infiltración, de los factores hidrodinámicos y de las actividades humanas.

8.5.2.1 MUESTREO Y DETERMINACIÓN DE CAMPO

En la cuenca Cachimayo se recolectaron 5 muestras de agua de diferentes manantes representativas, para su determinación de sus parámetros físicos, fisicoquímicos y químicas, donde la información de los parámetros físicos se obtuvieron in situ y se ha remitido las muestras obtenidas al laboratorio de la Universidad Nacional de San Antonio abad del Cusco para su análisis de los parámetros fisicoquímicos y químicos. En este ensayo de laboratorio

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

se han obtenido los resultados de dureza (CaCO_3), Sales solubles totales, carbonatos, sulfatos, bicarbonatos, cloruros, magnesio, calcio y hierro también se midió sus parámetros físicos como conductividad eléctrica, pH. (VER CUADRO 22).



Foto 33. Toma de muestra para el análisis químico.

Cuadro 22. Resultado de análisis químico de las muestras

UBICACIÓN	MUESTRA	T(°)	pH	CE (Us/cm)	NTU mg/l	Fe (ppm)	Sales solubles (ppm)	Cationes		Aniones				Dureza CaCO_3 mg/l
								Ca (ppm)	Mg (ppm)	Cl- (ppm)	HCO3 (ppm)	CO3 (ppm)	SO4 (ppm)	
MD-4	M-01	13.5	7.32	647	4.97	0.140	689.30	136.80	21.16	92.6	201.6	0	205.5	440.7
MD-10	M-02	14	7.29	758	1.58	0.155	812.90	164.16	22.08	104.7	197.5	0	198.94	515.4
MD-12	M-03	12.7	7.25	1222	0.91	0.164	1310.60	220.40	25.3	350.0	221.2	0	410.8	672.1
MD-17	M-04	14.3	7.11	2280	3.64	0.182	2352.10	316.92	34.04	372.1	374.6	0	1116.5	957.6
MD-26	M-05	14	6.4	266	1.22	0.075	295.80	53.96	8.74	12.1	119.2	0	68.5	175.6

Elaboración: Propio

8.5.3 EQUIVALENTE QUIMICO

Los resultados obtenidos del análisis químico de las muestras de agua realizadas en el laboratorio se expresan en miligramo por litro. Con la finalidad de combinar en una unidad de masa determinada se transforma estos valores con el termino de equivalente litro, (meq/l).

Apaza D., 1990. (Ver cuadro 24)

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

El equivalente químico viene a ser el cociente entre la masa atómica del elemento considerado y su valencia. (Ver cuadro 23)

Cuadro 23. Equivalentes químicos de cationes y aniones

Cationes	Masa Atómica	Valencia	Equivalente
Ca ⁺⁺	40	2	20
Mg ⁺⁺	24	2	12
Aniones	Masa Atómica	Valencia	Equivalente
Cl ⁻	35.5	1	35.5
SO ₄ ⁻	96	2	48
HCO ₃	61	1	61

Elaboración: Propio

Con los resultados obtenidos y convertidos en meq/l, la suma de los cationes y aniones como se ve en cuadro 24 no son iguales, en ninguna muestra. Esta diferencia indica que las muestras tengan un grado de error, que proceden en la recolección de muestras en campo o en el laboratorio, donde puede influir en gran cantidad la temperatura.

Cuadro 24. Composición química de los afloros en unidades absolutas.

Aforo	Cationes (Meq/l)		Aniones (Meq/l)		
	Ca	Mg	Cl	HCO ₃	SO ₄
MD-4	6.8400	1.7626	2.6085	3.3049	4.2827
Total	8.6026			10.0461	
MD-10	8.2080	1.8393	2.9494	3.2377	4.1439
Total	10.0473			10.3310	
MD-12	11.0200	2.1075	9.8595	3.6262	8.5570
Total	13.1275			22.0427	
MD-17	15.8460	2.8355	10.4821	6.1410	23.2567
Total	18.6815			39.8797	
MD-26	2.6980	0.7280	0.3409	1.9541	1.4269
Total	3.4260			3.7218	

Elaboración: Propia

8.5.4 CLASIFICACION DE AGUAS POR CONTENIDO DE IONES DOMINANTES.

Para tal clasificación, se estableció los cationes y aniones más abundantes, determinando el porcentaje de cada elemento en relación con la concentración en equivalentes, del cuadro 24 se ha obtenido las cantidades en relación porcentual, obteniendo como resultado los pesos de determinada sustancia analizada y predominancia en las muestras de agua analizadas. (VER CUADRO 25)

Cuadro 25. Clasificación iónica de aforos y familia de aguas

AFORO	CATIONES DOMINANTES	ANIONES DOMINANTES	FAMILIA DE AGUAS
MD-4	$Ca > Mg$	$HCO_3 > SO_4 > Cl$	<i>Cálcicas bicarbonatadas</i>
MD-10	$Ca > Mg$	$SO_4 > HCO_3 > Cl$	Cálcicas sulfatadas
MD-12	$Ca > Mg$	$Cl > SO_4 > HCO_3$	Cálcicos clorurada
MD-17	$Ca > Mg$	$SO_4 > Cl > HCO_3$	Cálcicos sulfatados
MD-26	$Ca > Mg$	$HCO_3 > SO_4 > Cl$	Cálcicas bicarbonatadas

Elaboración: Propio

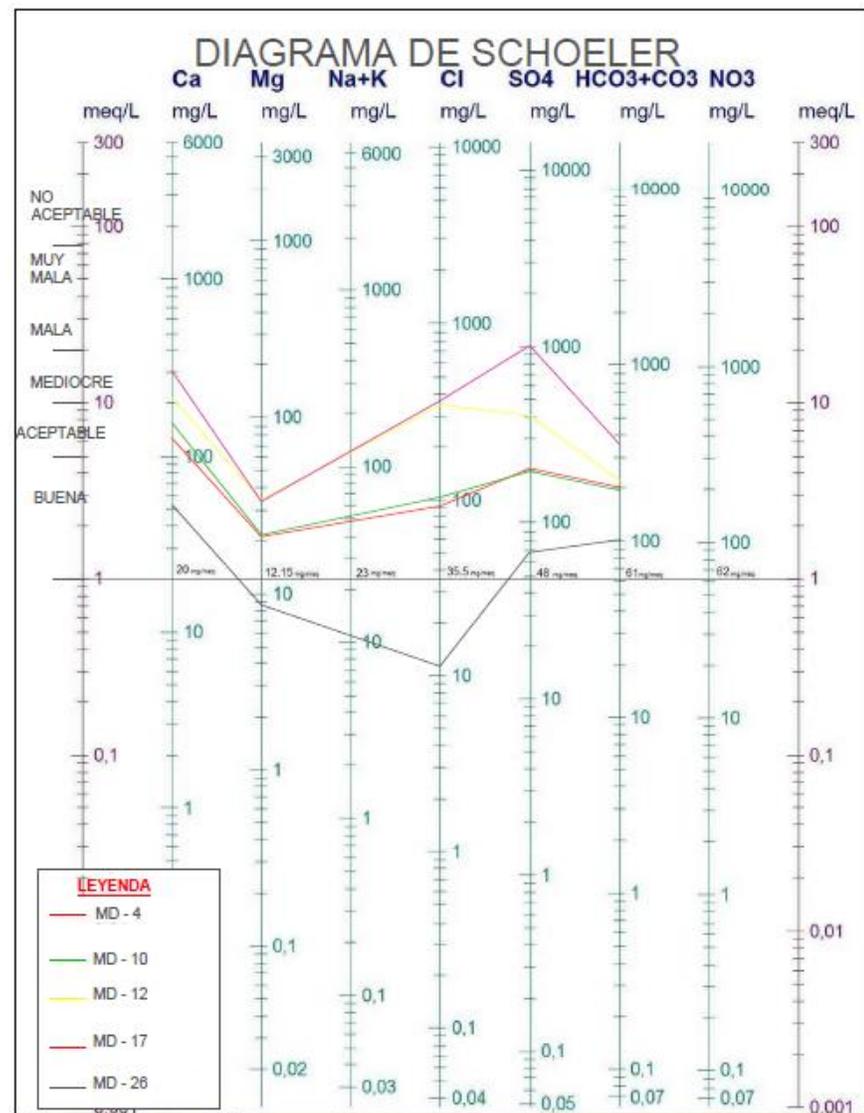
8.5.5 DIAGRAMAS LOGARITMICAS DE POTABILIDAD

Los resultados de análisis físico-químicos de las 5 muestras han sido plasmados en el diagrama de potabilidad de Scholer (ver diagrama N 1), con el objetivo de definir el grado de potabilidad, comparación de aguas entre sí.

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

- De las muestras analizadas de los 3 aforos MD 4, MD 10 y MD 26; los iones de Ca, Mg, SO₃, Cl y HC₃; se encuentran dentro del rango de potabilidad como "buena" y "aceptable. (ver diagrama N 1)
- De las muestras analizadas de los 2 aforos MD 12 y MD 17; los iones de Ca, SO₃, Cl y HC₃; se encuentran dentro del rango de potabilidad “mediocre” y “mala” (ver diagrama N 1)

Diagrama 1. Diagrama de schoeler



8.5.5 DISCUSION

Aforo del MD-4 (M-01): En este manante el agua que predomina según los resultados del cuadro 22 tiene una dureza 440.7 mg/l, con pH de 7.32, con turbiedad NTU de 3.64, conductividad eléctrica de 647 uS/cm, sabor y olor característico y es APTO para consumo humano (*ver Anexo 04 - Informe de Análisis Químico de prueba de agua MD-4*) y se corrobora con el diagrama de Schoeller (*ver diagrama 1*). Además, según el cuadro 25, el agua predominante en esta zona es de las familias de aguas cálcicas bicarbonatadas magnésicas sulfatadas.

Aforo del MD - 10 (M-02): en este manante el agua que predomina según los resultados del cuadro 22, tiene una dureza 515.40 mg/l, con pH de 7.29, con turbiedad NTU de 1.58, conductividad eléctrica de 758 uS/cm, sabor y olor característico y es APTO para consumo humano (*ver Anexo 04 - Informe de Análisis Químico de prueba de agua MD- 10*) y se corrobora con el diagrama de Schoeller (*ver diagrama 1*). Según cuadro 25 el agua predominante en esta zona es de las familias de agua cálcicas sulfatadas magnésicas bicarbonatadas.

Aforo del MD 12 (M-03): en este manante el agua que predomina según los resultados del cuadro 22, tiene una dureza 672.10 mg/l, con pH de 7.25, con turbiedad NTU de 0.91, conductividad eléctrica de 1222 uS/cm, sabor y olor característico y es NO APTO para consumo humano (*ver Anexo 04 - Informe de Análisis Químico de prueba de agua*) y se corrobora con el diagrama de Schoeller (*ver diagrama 1*). Según cuadro 25 el agua predominante en esta zona es de las familias de agua cálcicos cloruros magnésicos sulfatados.

Aforo del MD 17 (M-04): en este manante el agua que predomina según los resultados del cuadro 22, tiene una dureza 957.6 mg/l, con pH de 7.11, con turbiedad NTU de 3.64, conductividad eléctrica de 2280 uS/cm, sabor y olor característico, y es NO APTO para consumo (*ver Anexo 04 - Informe de Análisis Químico de prueba de agua*) y se corrobora con el diagrama de Schoeller (*ver diagrama 1*). Según cuadro 25 el agua predominante en esta zona es de las familias de agua cálcicos sulfatados magnésicos cloruros.

Aforo del MD 26 (M-05): en este manante el agua que predomina según los resultados del cuadro 22, tiene una dureza 175.60 mg/l, con pH de 6.40, con turbiedad NTU de 1.22, conductividad eléctrica de 266 uS/cm, sabor y olor característico, y es APTO para consumo humano (*ver Anexo 04 - Informe de Análisis Químico de prueba de agua*) y se corrobora con el diagrama de Schoeller (*ver diagrama 1*). Según cuadro 25 el agua predominante en esta zona es de las familias de agua cálcicas bicarbonatadas magnésicas sulfatadas.

Conclusión: Según los datos obtenidos de la comparación de cationes y aniones de las muestras de agua (*ver cuadro 25*), se identificó 02 tipos de familias que predominan en la cuenca Cachimayo, la familia dominante es la cálcica sulfatada que provendrían de rocas sedimentarias, areniscas cuarzosas y feldespáticas (formación Kayra y Quilque), sobre todo, en los flancos del anticlinal de Puquín. En la parte del núcleo del anticlinal se identificó la familia cálcica clorurada que provendrían de la disolución de yesos y sales de la formación Puquín.

CONCLUSIONES

1. Mediante el uso del análisis e interpretación de pendiente y Geomorfológica, en la cuenca Cachimayo se determinó que en la zona de estudio predomina la vertiente de laderas con pendientes muy accidentados, con pendientes que varían entre el 25 – 50 %, la cual abarca la mayor cantidad del área de estudio. Con porcentaje considerables de área, también se puede mencionar a las montañas bajas con pendientes que varían entre el 8 – 75 %. Por último, se puede mencionar a los conos aluviales y las terrazas, con pendientes que varían entre el 4 – 15 %. que están ubicadas en la parte baja de la cuenca.
2. La geología local de la cuenca está conformada por la formación Puquín (en el núcleo del anticlinal de Puquín), Quilque, Chilca, Kayra, San Sebastián, y Deposito coluvial y aluvial.
3. En la geología estructural se identificó el anticlinal de Puquín, sistema de fallas locales de direcciones Normales dextrales, que son: Huamancharpa, Locomayo, Sayacmachay, Chinchay y la falla inversa de Mayrasco - Huasampata
4. La cuenca Cachimayo tiene un área de 7.26 km² y un perímetro de 11.85 km. Hidrográficamente según a sistema de codificación de Phasteter, la cuenca del río Cachimayo tiene una codificación de 4994969. La precipitación media mensual es de 773.55 mm/año y. La temperatura media mensual de la cuenca Cachimayo es de 7.95 °C, en tanto la temperatura máxima es de 17.45 °C y por último la temperatura mínima es de -1.78 ° C. Además, la evapotranspiración real es de 440.74 mm/año, Escorrentía superficial es de 742.86 mm/año e infiltración es de 65.07 mm/ año por ende el balance hídrico entre los aportes y pérdidas de agua, en toda la cuenca

hidrogeológica es de 475.12 mm, que es el valor de las aguas almacenadas en los acuíferos.

5. En la parte de unidades hidrogeológicas se concluye lo siguiente.

- Se identificó 03 tipos de acuífero, el acuífero más importante es el acuífero fisurado sedimentario Kayra, que está compuesto de rocas arenisca de grano medio a grueso e intercalaciones de lutita, y presenta una porosidad primaria y secundaria, tiene una permeabilidad de 1.15 metros por día. En tanto podemos mencionar al acuífero pobre sedimentario de Quilque que nos es relevancia para nuestro interés, que está compuesto de rocas arenisca de grano fino a medio e intercalaciones de lutita. y presenta una permeabilidad de $3.65 \cdot 10^{-1}$ metros por día. Por último, podemos mencionar al acuífero poroso no consolidado Fluvial que se encuentra en menor proporción en nuestra zona de estudio.
- Se identificó también 02 acuitardos, el acuitardo Puquin, San Sebastián y Coluvial. Y acuícludo de Chilca.
- En la cuenca se identificaron en total 65 manantes, la cual se clasifico por los valores de los caudales que son: Caudales muy bajos, varían de 0.0003 a 0.0009 litros por segundo y suman un total de 07; Caudales bajos, varían de 0.0012 a 0.0099 litros por segundo y suman un total de 21 manantes; Caudales regulares, varían de 0.0107 a 0.0959 litros por segundo y suman un total de 25 manantes; Caudales buenos, varían de 0.1034 a 0.2273 litros por segundo y suman un total de 11 y por último Caudal muy bueno es de 1.2295 litros por segundo
- Se identificó 02 tipos de familias que predominan en la cuenca Cachimayo, la familia dominante es la cálcica sulfatada que provendrían de rocas sedimentarias,

areniscas cuarzosas y feldespáticas (formación Kayra y Quilque), sobre todo, en los flancos del anticlinal de Puquín. En la parte del núcleo del anticlinal se identificó la familia cálcica clorurizada que provendrían de la disolución de yesos y sales de la formación Puquín.

4. En la cuenca Cachimayo se identificó dos importantes zonas de recarga. La zona 01 está ubicado en los cerros de Lequemocco, Chuñomasanapata, Cciosampo y Ajosmocco, La zona 02 está ubicado en los cerros de Ancactiyanan, Ccoyapáta y Acuñaíray. Además, la recarga de los acuíferos se realiza principalmente a través de fallas locales, fracturas y la disposición de los estratos.
5. La cuenca Cachimayo tiene como límites hidrogeológicos al anticlinal de Puquín por el Este, y el anticlinal de Monjaspata por el sur. Además, presenta 04 unidades hidrogeológicas y son: El acuífero fisurado libre Kayra, unidad impermeable de Chilca, acuífero pobre confinado Quilque y por último el acuitardo Puquín.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar prospecciones geofísicas más al detalle en distintas zonas y aledañas a la cuenca Cachimayo y emplear otros métodos para corroborar los cuerpos de agua existentes.
- Se recomienda realizar perforación de pozos para determinar la geometría de los acuíferos y determinar con exactitud el nivel piezométrico.
- Para la recarga natural de acuíferos realizar forestación con plantas nativas en la cabecera de las quebradas que compone la Cuenca Cachimayo.
- Realizar capacitaciones y sensibilizaciones en los temas de conservación y manejo de recurso hídrico a los comuneros del ámbito de estudio para una mejoría de la recarga natural de los acuíferos.

BIBLIOGRAFIA

- Berrios et al. (2018). *Estudio hidrogeológico de las cuencas en el distrito de maras.*
- Cabrera, J. (1988) - *Néotectonique et sismotectonique dans la Cordillère Andine au niveau du changement de géométrie de la subduction: la région de Cusco, Pérou. Thèse Docteur 3ème cycle, Université Paris-Sud, Centre d'Orsay,*
- Carlotto, V.; Jaillard, E. & Mascle, G. (1992) *Relación entre sedimentación, paleogeografía y tectónica en la región de Cusco (sur del Perú) entre el Jurásico superior - Paleoceno.* Boletín Sociedad Geológica del Perú, (83): 1-20.
- Carlotto, V. (1992) - *Relations entre sédimentation, paléogéographie et tectonique dans la région de Cuzco (Sud du Pérou) entre le Jurassique supérieur et le Paléocène. Mémoire DEA, Université de Grenoble.*
- Carlotto et al., 1996 Carlotto, V.; Gil W.; Cárdenas J. & Chávez, R. (1996) - *Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca.* INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional.
- Carlotto, V.; Cárdenas, J. & Rodriguez, R. (2010a) - *Las edades de la Formación Ene y del Grupo Mitu: Propuesta de cambios en la cartografía regional: AbancayCusco-Sicuani (CD-ROM).* En: *Congreso Peruano de Geología, 15, Cusco 2010. Resúmenes extendidos.* Lima: Sociedad Geológica del Perú,

- CARLOTTO C V. CÁRDENAS R.J. & Carlier G. (2011) “*Geología del cuadrángulo del cusco*”. Hoja 28 s. INGEMMET. Lima, Perú.
- Córdova, E. (1986) *Un bassin intramontagneux andin peruvien. Les couches rouges du bassin de Cuzco (Maestrichtien Paleocene). Docteur du 3ème cycle, Université de Pau et des Pays de L’Adour, Laboratoire de Geodynamique des Bassins Sedimentaires, Pau*
- Custodio, E. y M. R. Llamas (Eds.). (1983). *Hidrología Subterránea*. (2 tomos). Omega, 2350 p, Barcelona.
- Custodio, E., (1991). *La interpretación hidrogeoquímica como herramienta de estudio y valoración de sistemas acuíferos: aspectos metodológicos generales*. En F. Anguita, I. Aparicio, L. Candela y N. F. Zurbano (Eds): Curso Internacional de Hidrología Subterránea-Hidrogeología, estado actual y perspectivas, 121-161, CIMNIE, Barcelona.
- Custodio, E y M.R Llamas. (1996). *Hidrología Subterránea*. Tomos I y II. Segunda Edición Corregida. Editorial Omega. España.
- Custodio G., Román E. y L. (1999), *Hidrología Subterránea*. Editorial OMEGA. TII 2º edición - 1999.
- Escuder, R; Fraile, J; Jordana, S; Ribera, F; Sánchez Vila, X y Vázquez Suñé, E., (2009). *Hidrogeología. Conceptos básicos de hidrología subterránea*. Ediciones FCIHS. Barcelona.
- DSMC-DGASI/Lima, (1983) - *Metodología de Priorización de cuencas*.

- FAO (2000). Oficina regional de la FAO para América latina y el Caribe. Chile.
- Gregory, H.E. (1916) *A geological reconnaissance of the Cuzco valley, Peru. American Journal of Sciences*, 41(241):1-100.
- Mariño et al, (2018). *APLICACIONES AMBIENTALES DE LA HIDROGEOQUÍMICA*.
- Monsalve G. (1999) *Hidrología en la ingeniería*.
- OMM. (2002), Organización Meteorológica Mundial. Vocabulario Meteorológico Internacional, OMM - N° 182.
- OMM/UNESCO (2011). *Glosario Hidrológico Internacional*.
- Peña F., Cotrina G., Acosta H. (2009). *Hidrogeología de la cuenca del río Caplina- Region Tacna*. INGEMMET. Lima, Perú.
- Reglamento de Clasificación de Tierras MINAG – (2002)
- Rios R., Torres H. (2011). *CODIFICACION Y CLASIFICACION DE CURSOS DE AGU SUPERFICIAL DEL PERU*. Lima – Perú.
- Rodrigo C. (2005) Análisis y control de aguas superficiales y subterráneas. Chile.
- Tóth, J. 1970. *A Conceptual Model of the Groundwater Regime and the Hydrogeologic Environment. Journal of Hydrology*.
- Valdivia J. (1977). *Meteorología general*, Lima. Perú.
- Villon M. (2002) *Hidrología*. Cartagena – Costa Rica. VILLON

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL
HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO,
REG. CUSCO – 2019”

- Villon M. (2002) *Hidrología Estadística* Lima. VILLON
- Wendor C. (1989), *Hidrología para Estudiantes de Ingeniería Civil*. Auspiciado por CONCYTEC. Edición 2'. Lima, Perú.

ANEXOS

1. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD
2. FICHA DE INVENTARIO DE MANANTES MARGEN
IZQUIERDA
3. FICHA DE INVENTARIO DE MANANTES MARGEN
DERECHA
4. INFORME DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA

ANEXO 1: ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

ANEXO 1.1

RESUMEN											
N°	Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		ALTITUD	CÓDIGO	K (m/dia)	Calificación	Calificacion del acuífero	SECTOR	COMUNIDAD
			X	Y							
1	Formacion Puquín	Arenisca de color verde de la formacion puquín, fracturada del miembro III.	824378	8496491	3812	PM-01	0.3889	Poco permeable	Acuitardo	CERRO MACHUMOKO	MAYRASCO
CÁLCULO DE LA PERMEABILIDAD 01 DE LA FORMACIÓN PUQUÍN											
TIEMPO (T=seg.)	ÁREA (A = cm ²)	LONGITUD DE DESCENSO (L = cm)	ALTURA DEL TUBO (H=cm)	RADIO (R=cm)	GASTO (Q=L*A=cm ³)	K (cm/seg)	K (m/dia)				
300	20.268	7.5	50	3.81	152.01	0.00048	0.41783708				
300	20.268	7	50	3.81	141.876	0.00045	0.38998127				
300	20.268	7.5	50	3.81	152.01	0.00048	0.41783708				
300	20.268	6.3	50	3.81	127.6884	0.00041	0.35098315				
300	20.268	6.6	50	3.81	133.7688	0.00043	0.36769663				
						0.00045	0.3889				



“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

ANEXO 1.2

RESUMEN											
N°	Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		ALTITUD	CÓDIGO	K (m/dia)	Calificación	Calificación del acuífero	SECTOR	COMUNIDAD
			X	Y							
1	Formación Quillque	Arenisca de color rojo claro de la formación quillque, fracturada.	824376	8495546	3998	PM-02	0.4630	Algo Permeable	acuífero pobre	CERRO ANCCAQTIANAN	MAYRASCO

CÁLCULO DE LA PERMEABILIDAD 01 DE LA FORMACIÓN QUILLQUE

TIEMPO (T=seg.)	ÁREA (A = cm ²)	LONGITUD DE DESCENSO (L = cm)	ALTURA DEL TUBO (H=cm)	RADIO (R=cm)	GASTO (Q=L*A=cm ³)	K (cm/seg)	K (m/dia)
300	20.268	6.8	50	2.54	137.8224	0.00066	0.56825843
300	20.268	5.9	50	2.54	119.5812	0.00057	0.49305
300	20.268	5.3	50	2.54	107.4204	0.00051	0.4429073
300	20.268	5.2	50	2.54	105.3936	0.00050	0.43455
300	20.268	4.5	50	2.54	91.206	0.00044	0.37605337
						0.00054	0.4630



“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

ANEXO 1.3

RESUMEN										
N°	Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		CÓDIGO	K (m/día)	Calificación	Calificación del acuífero	SECTOR	COMUNIDAD
			X	Y						
1	Formació Quillque	Arenisca de grano media fracturadas y presencia de estratos de lutitas, Muy alteradas.	824456	8497371	PM-03	0.346	Algo Permeable	acuífero pobre	CERRO TANKARMO CCO	HUAMANCHA RPA

CÁLCULO DE LA PERMEABILIDAD 02 DE LA FORMACIÓN QUILLQUE

TIEMPO (T=seg.)	ÁREA (A = cm ²)	LONGITUD DE DESCENSO (L = cm)	ALTURA DEL TUBO (H=cm)	RADIO (R=cm)	GASTO (Q=L*A=cm ³)	K (cm/seg)	K (m/día)
300	20.268	5.2	50	2.54	105.3936	0.00050	0.43455056
300	20.268	4.75	50	2.54	96.273	0.00046	0.39694523
300	20.268	3.8	50	2.54	77.0184	0.00037	0.31755618
300	20.268	3.45	50	2.54	69.9246	0.00033	0.28830758
300	20.268	3.5	50	2.54	70.938	0.00034	0.29248596
						0.00040	0.346



“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

ANEXO 1.4

RESUMEN											
N°	Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		ALTITUD	CÓDIGO	K (m/dia)	Calificación	Calificación del acuífero	SECTOR	COMUNIDAD
			X	Y							
2	Formación Chilca	Arcilla de color naranja. Compacta.	823661	8495810	4018	PM-04	2.758E-05	Impermeable	Acuicludo	CERRO LEQUEMOCO	MAYRASCO

CÁLCULO DE LA PERMEABILIDAD 02 DE LA FORMACIÓN CHILCA

TIEMPO (T=seg.)	ÁREA (A = cm ²)	LONGITUD DE DESCENSO (L = cm)	ALTURA DEL TUBO (H=cm)	RADIO (R=cm)	GASTO (Q=L*A=cm ³)	K (cm/seg)	K (m/dia)
600	20.268	0.0001	50	2.54	0.0020268	0.00000	4.178E-06
600	20.268	0.0002	50	2.54	0.0040536	0.00000	8.357E-06
600	20.268	0.001	50	2.54	0.020268	0.00000	4.178E-05
600	20.268	0.001	50	2.54	0.020268	0.00000	4.178E-05
600	20.268	0.001	50	2.54	0.020268	0.00000	4.178E-05
						0.00000	2.758E-05



“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

ANEXO 1.5

RESUMEN									
Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		CÓDIGO	K (m/dia)	Calificación	Calificación del acuífero	SECTOR	COMUNIDAD
		X	Y						
Formación Kayra	Arenisca de grano medio de color gris morado, con presencia de fracturas, venillas de cuarzo, presenta de venillas de Qz.	824436	8497464	PM-05	0.244	Algo permeable	ACUIFERO POBRE	CERRO MACHUMO KO	MAYRASCO
CÁLCULO DE LA PERMEABILIDAD 01 DE LA FORMACIÓN KAYRA									
ÁREA (A = cm ²)	LONGITUD DE DESCENSO (L = cm)	ALTURA DEL TUBO (H=cm)	RADIO (R=cm)	GASTO (Q=L*A=cm ³)	K (cm/seg)	K (m/dia)			
20.268	3.4	50	2.54	68.9112	0.00033	0.28412921			
20.268	2.9	50	2.54	58.7772	0.00028	0.24234551			
20.268	2.8	50	2.54	56.7504	0.00027	0.23398876			
20.268	3	50	2.54	60.804	0.00029	0.25070225			
20.268	2.5	50	2.54	50.67	0.00024	0.20891854			
					0.00028	0.244017			

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

ANEXO 1.6

RESUMEN										
N°	Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		CÓDIGO	K (m/dia)	Calificación	Calificación del acuífero	SECTOR	COMUNIDAD
			X	Y						
1	KAYRA	Arenisca de grano fino a gruesa, bien fracturada.	825500	8496252	PM-6	1.088	Permeable	Acuífero	CERRO ACUÑIRAY	HUASAMPATA
CÁLCULO DE LA PERMEABILIDAD 02 DE LA FORMACIÓN KAYRA										
TIEMPO (T=seg.)	ÁREA (A = cm ²)	LONGITUD DE DESCENSO (L = cm)	ALTURA DEL TUBO (H=cm)	RADIO (R=cm)	GASTO (Q=L*A=cm ³)	K (cm/seg)	K (m/dia)			
300	20.268	21	50	2.54	425.628	0.00203	1.75491573			
300	20.268	19.6	50	2.54	397.2528	0.00190	1.63792135			
300	20.268	9	50	2.54	182.412	0.00087	0.75210674			
300	20.268	8	50	2.54	162.144	0.00077	0.66853933			
300	20.268	7.5	50	2.54	152.01	0.00073	0.62675562			
						0.00126	1.08804775			

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

ANEXO 1.7

RESUMEN										
N°	Formación Geológica	Descripción Litológica	Coordenadas		CÓDIGO	K (m/día)	Calificación	Calificación del acuífero	SECTOR	COMUNIDAD
			X	Y						
1	FORMACIÓN KAYRA	Arenisca de grano medio con presencia de rocas muy fracturadas.	825464	8495367	PM-7	1.153	Permeable	Acuífero	CERRO MOSOCLLA QTA	MAYRASCO
CÁLCULO DE LA PERMEABILIDAD 02 DE LA FORMACIÓN KAYRA										
TIEMPO (T=seg.)	ÁREA (A = cm ²)	LONGITUD DE DESCENSO (L = cm)	ALTURA DEL TUBO (H=cm)	RADIO (R=cm)	GASTO (Q=L*A=cm ³)	K (cm/seg)	K (m/día)			
300	20.268	15.5	50	2.54	314.154	0.00150	1.29529495			
300	20.268	14.5	50	2.54	293.886	0.00140	1.21172753			
300	20.268	13	50	2.54	263.484	0.00126	1.08637641			
300	20.268	13.2	50	2.54	267.5376	0.00128	1.10308989			
300	20.268	12.8	50	2.54	259.4304	0.00124	1.06966292			
						0.00133	1.153			

FICHA DE INVENTARIO DE MANANTES

ANEXO 2: FICHA DE INVENTARIO DE MANANTES

MARGEN IZQUIRDA

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES							
TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”							
NOMBRE DE LOS EVALUADORES			APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR		FECHA	4/08/2019	
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MI-06	
REGION		PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR	
CUSCO		CUSCO		SANTIAGO	MAYRASCO		
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE	
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA		
18L	823855	8496112		CACHIMAYO	LOCOMAYO	MOTOY, ICHU	
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS			
VOLUMETRICO		LIBRE		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)	
				-	-	50	
DESCRIPCION GEOLOGICA		Presencia de bloques de areniscas feldespaticas de grano medio.					
		OBSERVACION					
		El mante se encuentra en la parte alta de la margen derecha del rio rio Locomayo a una distancia de 2m.					
	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	TIEMPO (s)	88.28	93.41	91.73	83	93	89.884
					CAUDAL (l/s)		0.0028

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES

TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	04/08/2019
NOMBRE DEL MANANTE		TANCARNIYOC			N° MANANTE	MI-02
REGION	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR		
CUSCO	CUSCO	SANTIAGO	MAYRASCO	LOCOMAYO		
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA	
18L	824234	8496535		CACHIMAYO	LOCOMAYO	PASTO NATURAL
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS		
VOLUMETRICO		PECUARIO		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)
				0	0	0
DESCRIPCION GEOLOGICA		EL MANANTE SE ENCUENTRA EN UN DEPOSITO FLUVIAL				



N°	1	2	3	4	5	TOTAL
VOLUMEN (l)	0.4	0.42	0.415	0.41	0.405	0.41
TIEMPO (s)	60	60	60	60	60	60
CAUDAL (l/s)						0.006833333

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES

TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	04/08/2019
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MI-03
REGION	PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR	
CUSCO	CUSCO		SANTIAGO	MAYRASCO	LOCOMAYO	
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA	
18L	824177	8496549		CACHIMAYO	LOCOMAYO	CHILCA, MOTOY
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS		
VOLUMETRICO		PECUARIO		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)
				0	0	0
DESCRIPCION GEOLOGICA		Presencia de calizas, el manante su posible procedencia del manante es de la formacion Puquin				

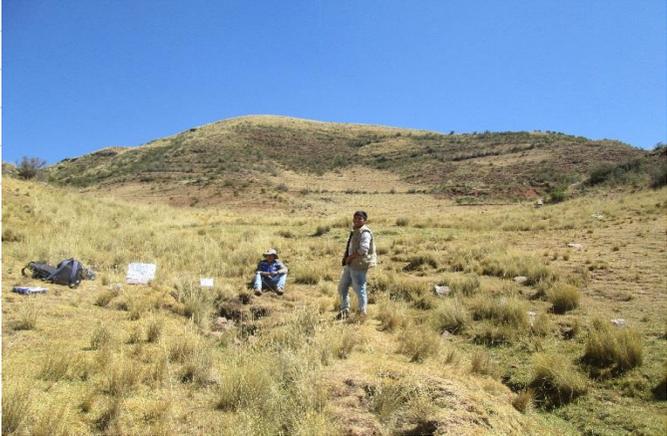


	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	TIEMPO (s)	2	2.1	2.2	2.1	2	2.08
					CAUDAL (l/s)		0.048076923

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES							
TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”							
NOMBRE DE LOS EVALUADORES			APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR		FECHA	04/08/2019	
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MI-06	
REGION		PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR	
CUSCO		CUSCO		SANTIAGO	MAYRASCO	BIMBIYOCPATA	
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE	
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA		
18L	823855	8496112		CACHIMAYO	LOCOMAYO	MOTOY Y ICHU	
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS			
VOLUMETRICO		LIBRE		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)	
				-	-	50	
DESCRIPCION GEOLOGICA		Presencia de bloques de areniscas feldespaticas de grano medio Perteneientes a la formacion Quilque					
			OBSERVACION				
			El mante se encuatra en la parte alta de la margen derecha del rio Locomayo a una distancia de 2m.				
							
	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	TIEMPO (s)	88.28	93.41	91.73	83	93	89.884
					CAUDAL (l/s)		0.0028

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES								
TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”								
NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR				FECHA	04/08/2019	
NOMBRE DEL MANANTE						N° MANANTE	MI-07	
REGION		PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR		
CUSCO		CUSCO		SANTIAGO	MAYRASCO	BIMBIYOCPATA		
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE		
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA			
18L	823705	8496086		CACHIMAYO	LOCOMAYO	CCOYA		
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS				
VOLUMETRICO		LIBRE		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)		
				-	-	50		
DESCRIPCION GEOLOGICA		Presencia de material cuaternario de limos arcillosos, tambien se presencia bloques de areniscas feldespaticas de grano medio. (Formacion Quique)						
		OBSERVACION						
		El manante se encuentra a 5 metros de un bofedal.						
	N°	1	2	3	4	5	TOTAL	
	VOLUMEN (l)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
	TIEMPO (s)	16.8	16.8	16.91	16.7	16.77	16.796	
					CAUDAL (l/s)		0.0149	

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES							
TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”							
NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	04/08/2019	
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MI-08	
REGION	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR			
CUSCO	CUSCO	SANTIAGO	MAYRASCO	BIMBIYOCPATA			
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE	
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA		
18L	823552	8495981		CACHIMAYO	LOCOMAYO	CCOYA	
TIPO DE AFORO	TIPO DE USO	BENEFICIARIOS					
VOLUMETRICO	LIBRE	POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)			
		-	-	50			
DESCRIPCION GEOLOGICA	Presencia de material cuaternario, limo arcillo.						
	OBSERVACION						
	El manante se encuentra al pie de una ladera, se observa tambien que hacia la parte baja a unos 10 m de distancia aproximadamente se encuentra un bofedal.						
	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	TIEMPO (s)	11.54	11.6	12	11.9	11.8	11.768
					CAUDAL (l/s)		0.0212

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES							
TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”							
NOMBRE DE LOS EVALUADORES			APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	04/08/2019
NOMBRE DEL MANANTE						N° MANANTE	MI-09
REGION		PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR	
CUSCO		CUSCO		SANTIAGO	MAYRASCO	BIMBIYOCPATA	
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE	
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA		
18L	823625	8495452		CACHIMAYO	LOCOMAYO	CCOYA	
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS			
VOLUMETRICO		LIBRE		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)	
				-	-	20	
DESCRIPCION GEOLOGICA		Presencia de material cuaternario, limo arcilloso.					
			OBSERVACION				
	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	TIEMPO (s)	135	130	125	129	120	127.8
					CAUDAL (l/s)		0.0020

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES						
TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”						
NOMBRE DE LOS EVALUADORES			APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR		FECHA	04/08/2019
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MI-10
REGION		PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR
CUSCO		CUSCO		SANTIAGO	MAYRASCO	BIMBIYOCAPATA
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA	
18L	823630	8495958		CACHIMAYO	LOCOMAYO	CCOYA
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS		
VOLUMETRICO		LIBRE		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)
				-	-	-
DESCRIPCION GEOLOGICA		Limos organicos de coloracion gris oscura, con presencia minima de arcillas.				
		OBSERVACION				
		El manate se encuentra dentro del bovedal.				
	N°	1	2	3	4	5
	VOLUMEN (l)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	TIEMPO (s)	45.1	44.84	43.35	46.14	44.3
					CAUDAL (l/s)	
						0.0056

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES							
TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”							
NOMBRE DE LOS EVALUADORES			APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR		FECHA	04/08/2019	
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MI-12	
REGION	PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR		
CUSCO	CUSCO		SANTIAGO	MAYRASCO	BIMBIYOCATA		
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE	
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA		
18L	823716	8445958		CACHIMAYO	LOCOMAYO	CCOYA	
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS			
VOLUMETRICO		LIBRE		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)	
				-	-	-	
DESCRIPCION GEOLOGICA		Limos organicos de coloracion gris oscura, con presencia minima de arcillas.					
				<p align="center">OBSERVACION</p> <p>El manate se encuentra dentro de un pequeño bovedal.</p>			
	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	TIEMPO (s)	210	205	201	200	205	204.2
					CAUDAL (l/s)		0.0012

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES

TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	04/08/2019
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MI-18
REGION	PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR	
CUSCO	CUSCO		SANTIAGO	HUAMANCHARPA	MOTOYCANCHA	
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA	
18L	823474	8497102		CACHIMAYO		CCOYA
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS		
VOLUMETRICO		LIBRE		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)
				0	0	0
DESCRIPCION GEOLOGICA		El manate proviene de la formacin Quilque				



	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	TIEMPO (s)	23.17	22.91	22.85	23.24	23.1	23.054
					CAUDAL (l/s)		0.0108

**ANEXO 3: FICHA DE INVENTARIO DE MANANTES
MARGEN DERACHA**

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES

TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	02/06/2019
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MD-13
REGION	PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR	
CUSCO	CUSCO		SANTIAGO	MAYRASCO	SAYACMACHAY	
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA	
18L	824174	8595777	3929	CACHIMAYO	SAYACMACHAY	GRAMA
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS		
VOLUMETRICO		LIBRE		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)
				-	-	-
DESCRIPCION GEOLOGICA		En depositos cuaternnarios, el manante proviene del miembro M3 de la formacion Puquin				



N°	1	2	3	4	5	TOTAL
VOLUMEN (l)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
TIEMPO (s)	21.65	21.7	21.57	21.59	22.6	21.822
CAUDAL (l/s)						0.0115

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES

TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	02/06/2019
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MD-14
REGION	PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR	
CUSCO	CUSCO		SANTIAGO	MAYRASCO	SAYACMACHAY	
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA	
18L	824160	8495664	39412	CACHIMAYO	SAYACMACHAY	CCOYA
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS		
VOLUMETRICO		LIBRE		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)
				-	-	-
DESCRIPCION GEOLOGICA		En el eje del anticlinal de Puquin (Formacion Puquin)				



	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	TIEMPO (s)	12.59	12.48	12.6	12.5	11.52	12.338
					CAUDAL (l/s)		0.0405

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES						
TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”						
NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	02/06/2019
NOMBRE DEL MANANTE		INKAC ARMAYOC			N° MANANTE	MD-15
REGION	PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR	
CUSCO	CUSCO		SANTIAGO	MAYRASCO	YAULLICCASA	
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA	
18L	824101	8495412	3998	CACHIMAYO	SAYACMACHAY	ICHU
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS		
VOLUMETRICO		LIBRE		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)
				-	-	-
DESCRIPCION GEOLOGICA		En arnisca de grano fino de la formacion Quilque				



N°	1	2	3	4	5	TOTAL
VOLUMEN (l)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
TIEMPO (s)	20.5	19.65	20.39	19.71	20.55	20.16
				CAUDAL (l/s)		0.0248

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES							
TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”							
NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	23/08/2019	
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MD-17	
REGION	PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR		
CUSCO	CUSCO		SANTIAGO	HUASAMPATA	CHINCHAY		
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE	
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA		
18L	824579	8495747	3900	CACHIMAYO	CHINCHAY	COBERTURA NATURAL	
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS			
VOLUMETRICO				POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)	
DESCRIPCION GEOLOGICA		Presencia de limos rojos (Formacin Chilca)					
		OBSERVACION					
		El manante se encuentra e cabecera de un deslizamiento					
	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	TIEMPO (s)	7.03	7.04	6.93	7	6.98	6.996
					CAUDAL (l/s)		0.0357

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES

TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	23/08/2019
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MD-18
REGION	PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR	
CUSCO	CUSCO		SANTIAGO	HUASAMPATA	CHINCHAY	
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA	
18L	824436	8495553	3959	CACHIMAYO	CHINCHAY	CCOYA
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS		
VOLUMETRICO		LIBRE		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)
				0	0	0
DESCRIPCION GEOLOGICA		El manate aflora en areniscas fracturadas de la formacion Quilque				



N°	1	2	3	4	5	TOTAL
VOLUMEN (l)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
TIEMPO (s)	9.84	9.9	10	9.98	10.14	9.972
CAUDAL (l/s)						0.0251

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES							
TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”							
NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	23/08/2019	
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MD-19	
REGION	PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR		
CUSCO	CUSCO		SANTIAGO	HUASAMPATA	CHINCHAY		
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE	
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA		
18L	824452	8495271	3998	CACHIMAYO	CHINCHAY	ICHU	
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS			
VOLUMETRICO		CONSUMO HUMANO Y RIEGO		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)	
				3	01 Has	0	
DESCRIPCION GEOLOGICA		El manate aflora en areniscas de grado medio de la formacon Quilque					
		OBSERVACION					
		El manante e captado para el consumo humano y riego de 03 familias					
	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	TIEMPO (s)	3.3	3.3	3.4	3.45	3.5	3.39
					CAUDAL (l/s)		0.1475

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES

TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	28/09/2019
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MD-33
REGION		PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR
CUSCO		CUSCO		SANTIAGO	HUASAMPATA	CHINCHAY
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA	
19L	175948	8495749	3903	CACHIMAYO	CHINCHAY	CHACHACOMO
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS		
VOLUMETRICO		LIBRE		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)
				0	0	0
DESCRIPCION GEOLOGICA		En areniscas de grano medio de la formacion Kayra				



	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	0.78	0.775	0.785	0.78	0.784	0.78
	TIEMPO (s)	300	300	300	300	300	300
					CAUDAL (l/s)		0.0026

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES							
TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”							
NOMBRE DE LOS EVALUADORES			APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	28/09/2019
NOMBRE DEL MANANTE						N° MANANTE	MD-34
REGION		PROVINCIA		DISTRITO		COMUNIDAD	
CUSCO		CUSCO		SANTIAGO		HUASAMPATA	
SECTOR						HUHUAYCCO	
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE	
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA		
19L	175786	8495778	3828	CACHIMAYO	ICHUHUAYCCO	COBERTURA NATURAL	
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS			
VOLUMETRICO		CONSUMO HUMANO		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)	
				1	0.5 Has	0	
DESCRIPCION GEOLOGICA		En depositos Cuaternarios, el manate proviene de la foracion Kayra					
							
	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	TIEMPO (s)	11	11.1	11.2	10.9	11	11.04
					CAUDAL (l/s)		0.045289855

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

FICHA TECNICA DE INVENTARIO DE MANANTES

TESIS TITULADA: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CON FINES DE DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA DE CACHIMAYO, DIST. SANTIAGO, PROV. CUSCO, REG. CUSCO – 2019”

NOMBRE DE LOS EVALUADORES		APAZA ROJAS ROSS MERY ; HUAMAN QUISPE OSCAR			FECHA	28/09/2019
NOMBRE DEL MANANTE					N° MANANTE	MD-39
REGION	PROVINCIA		DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR	
CUSCO	CUSCO		SANTIAGO	HUASAMPATA	ICHUORCCO	
ZONA	COORDENADAS UTM		ALTITUD	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		VEGETACION PREDOMINANTE
	ESTE	NORTE		CUENCA	QUEBRADA	
19L	176311	8496149		CACHIMAYO	ICHUHUAYCCO	COBERTURA NATURAL
TIPO DE AFORO		TIPO DE USO		BENEFICIARIOS		
VOLUMETRICO		CONSUMO HUMANO Y RIEGO		POBLACION (N° de familias)	AGRICOLA (Area bajo riego)	PECUARIO (N° ganados)
				2	01 Has	0
DESCRIPCION GEOLOGICA		En depositos Cuaternarios, el manate proviene de la foracion Kayra				



	N°	1	2	3	4	5	TOTAL
	VOLUMEN (l)	1	1	1	1	1	1
	TIEMPO (s)	5.7	5.4	5.6	5.4	5.5	5.52
					CAUDAL (l/s)		0.18115942

ANEXO 4: INFORME DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0819-19-LAQ

SOLICITANTE: OSCAR HUAMAN QUISPE

ROSS MERY APAZA ROJAS

PROYECTO T.: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINACION DEL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA CACHIMAYO DISTRITO SANTIAGO, PROINCIA CUSCO, REGION CUSCO 2019.

MUESTRA : AGUA
 FUENTE : MD-4, ZONA 18 X824598 Y8496407
 CAUDAL : 0.1218 L/s
 FECHA : C/26/12/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	Característico
Sabor	Característico
Olor	Característico
Color UC	5
Turbiedad NTU	4.97
pH	7.32
C.E. uS/cm	647.00
Dureza ppm CaCO ₃	440.70
Calcio ppm	136.80
Magnesio ppm	21.16
Cloruros ppm	92.60
Sulfatos ppm	205.50
Bicarbonatos ppm	201.60
Carbonatos ppm	0
Hierro ppm	0.140
Sales solubles totales ppm	698.30

* Agua Apto para el consumo Humano.

Cusco, 03 de Enero 2020

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis



Melquides Herrera Ariuñca
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0818-19-LAQ

SOLICITANTE: OSCAR HUAMAN QUISPE

ROSS MERY APAZA ROJAS

PROYECTO T.: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINACION DEL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA CACHIMAYO DISTRITO SANTIAGO, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO 2019.

MUESTRA : AGUA

FUENTE : MD-10, ZONA 18 X824299 Y8496049

CAUDAL : 0.1034 L/s

FECHA : C/26/12/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

Sabor	Característico
Olor	Característico
Color UC	5
Turbiedad NTU	1.58
pH	7.29
C.E. us/cm	758.00
Dureza ppm CaCO ₃	515.40
Calcio ppm	164.16
Magnesio ppm	22.08
Cloruros ppm	104.70
Sulfatos ppm	198.94
Bicarbonatos ppm	197.50
Carbonatos ppm	0
Hierro ppm	0.155
Sales solubles totales ppm	812.90

* Agua Apto para el consumo Humano.

Cusco, 03 de Enero 2020

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios Apéctis

Melquiades Herrera Arivilca
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO

LABORATORIO
DE
ANÁLISIS
QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0817-19-LAQ

SOLICITANTE: OSCAR HUAMAN QUISPE

ROSS MERY APAZA ROJAS

PROYECTO T.: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINACION DEL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA CACHIMAYO DISTRITO SANTIAGO, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO 2019.

MUESTRA : AGUA

FUENTE : MD-12, ZONA 18 X824184 Y8496005

CAUDAL : 0.0224 L/s

FECHA : C/26/12/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

Sabor	Característico
Olor	Característico
Color UC	5
Turbiedad NTU	0.91
pH	7.25
C.E. uS/cm	1222.00
Dureza ppm CaCO ₃	672.10
Calcio ppm	220.40
Magnesio ppm	25.30
Cloruros ppm	350.00
Sulfatos ppm	410.80
Bicarbonatos ppm	221.20
Carbonatos ppm	0
Hierro ppm	0.164
Sales solubles totales ppm	1310.60

*

Cusco, 03 de Enero 2020

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios Análisis

Melquiades Herrera Arivilca
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0816-19-LAQ

SOLICITANTE: OSCAR HUAMAN QUISPE
 ROSS MERY APAZA ROJAS

PROYECTO T.: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINACION DEL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA CACHIMAYO DISTRITO SANTIAGO, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO 2019

MUESTRA : AGUA
 FUENTE : MD-17, ZONA 18 X824579 Y8495747
 CAUDAL : 0.0357 L/s
 FECHA : C/26/12/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

Sabor	Característico
Olor	Característico
Color UC	5
Turbiedad NTU	3.64
pH	7.11
C.E. uS/cm	2280.00
Dureza ppm CaCO ₃	957.60
Calcio ppm	316.92
Magnesio ppm	34.04
Cloruros ppm	372.10
Sulfatos ppm	1116.50
Bicarbonatos ppm	374.60
Carbonatos ppm	0
Hierro ppm	0.182
Sales solubles totales ppm	2352.10

*

Cusco, 03 de Enero 2020

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis

Melquades Herrera Arivilca
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0815-19-LAQ

SOLICITANTE: OSCAR HUAMAN QUISPE

ROSS MERY APAZA ROJAS

PROYECTO T.: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CON FINES DE DETERMINACION DEL POTENCIAL HIDRICO EN LA CUENCA CACHIMAYO DISTRITO SANTIAGO, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO 2019.

MUESTRA : AGUA

FUENTE : MD-26, ZONA 18 X824757 Y8496334

CAUDAL : 1.2295 L/s

FECHA : C/26/12/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	Característico
Sabor	Característico
Olor	Característico
Color UC	5
Turbiedad NTU	1.22
pH	6.40
C.E. uS/cm	266.00
Dureza ppm CaCO ₃	175.60
Calcio ppm	53.96
Magnesio ppm	8.74
Cloruros ppm	12.10
Sulfatos ppm	68.50
Bicarbonatos ppm	119.20
Carbonatos ppm	0
Hierro ppm	0.075
Sales solubles totales ppm	295.80

* Agua Apto para el consumo Humano.

Cusco, 03 de Enero 2020



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis

Melquiades Herrera Artoñca
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO