

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



**“EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-
COMUNIDAD CAMPESINA Y YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE -
PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO”**

Tesis para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Presentado Por:

Bach. Ronald Fernando Ortega Sánchez

Bach. Jose Santiago Delgado Zuñiga

Asesor:

Mgt. Ing. CARLOS WALTER BARRIENTOS GUZMÁN

CUSCO-PERÚ

2021

DEDICATORIA

Al **SR. COYLLOR-RUTTI**, por iluminarme y guiarme en mi vida diaria.

A mis padres: **JULIA BACILIA SANCHEZ ALVAREZ** y **MARCELINO ORTEGA SULLCA**; quienes me brindaron en todo momento su amor, comprensión y el esfuerzo intenso para que yo salga adelante.

A mis hermanos: **JUDITH MARIELA** y **JULIO EDGAR** quienes me brindaron todo el apoyo moral, su comprensión y me dieron fuerzas en cada momento.

A la memoria de mi hermano **OLWER Q.E.P.D** esta Tesis va por el que desde arriba siempre me cuida y me guía por el buen camino; sé que está muy contento por mis logros.

A mi sobrina **BIANCA JULIETA**, que la quiero muchísimo y que seré un ejemplo a seguir para ella.

A mi amigo **JOSE SANTIAGO** y a todas las personas que siempre estuvieron conmigo, en los buenos y malos momentos y me brindaron todo su apoyo.

Por último, quiero agradecer a la Empresa **ALLPA CONSULTORES S.A.C.** por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación.

RONALD FERNANDO ORTEGA SÁNCHEZ

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, doy gracias a Dios por permitirme lograr este gran paso en mi vida personal y profesional. También quiero agradecer a mis padres Don Ceferino Adrián Delgado Alvino y Doña Emilia Zuñiga Quiñones por darme la vida, así como a mí hermano menor Benjamín Delgado Zuñiga por apoyarme en todo lo que me he propuesto ya que no hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional ayuda. Por último, quiero agradecer a la Empresa Allpa Consultores por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación.

JOSE SANTIAGO DELGADO ZUÑIGA

RESUMEN

Evaluación hidrogeológica para captación de agua subterránea mediante perforación de pozo tubular, es una tesis motivada en conocer los diferentes métodos geofísicos la realidad del subsuelo en nuestra región; a través de las comparaciones entre diferentes métodos como son las de Wenner y Schlumberger, ya que tiene como objetivo principal evaluar las características hidrogeológicas de las fuentes de agua subterránea potencialmente explotables para la captación mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V. Nuevo Amanecer con el fin de satisfacer la necesidad de agua para consumo humano y riego de la población; tomando en consideración la ubicación de las mejores áreas hidrogeológicas del sector, como hipótesis se plantea: Mediante la evaluación hidrogeológica se determinará las características de las fuentes de aguas subterráneas potencialmente explotables para su captación mediante perforación de pozo tubular siendo estas debidamente aprovechadas para los fines de consumo humano y riego. Como método de perforación se basó en el de rotación como método continuo, realizado con una máquina perforadora CC-4000 sobre orugas además como características del pozo tenemos un diámetro de 8 pulgadas y 60 metros de profundidad. El tipo de investigación es de carácter descriptivo-explicativo-analítico. Se utilizó como instrumento el multiparámetro así como análisis de laboratorios físico-químicos, de metales pesados, bacteriológicos con el fin de dar una clasificación hidrogeoquímica, así como la distribución geográfica y finalmente ver la concentración de unas muestras respecto a otras.

Como una de las conclusiones tenemos: El acuífero está constituido por un material de areniscas fracturadas pertenecientes a la formación Vilquechico, la cual tiene un comportamiento homogéneo además de facilitar un flujo uniforme en todo el espesor del acuífero. Este acuífero se encuentra delimitado por dos capas semipermeables, la capa techo compuesta por lutitas-arenas y la capa piso compuesta por lutitas y areniscas en menor cantidad. Como una de las recomendaciones tenemos también: Realizar un pozo de observación o piezómetro cercano al pozo en explotación con la finalidad de obtener un mejor análisis de los abatimientos con sus respectivos tiempos.

DEDICATORIA
 AGRADECIMIENTOS
 RESUMEN

INDICE

1	CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	7
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	7
1.1.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
1.2	JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	9
1.2.1	JUSTIFICACION DEL ESTUDIO	9
1.2.2	IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	9
1.3	ALCANCES Y LIMITACIONES	9
1.3.1	ALCANCES	9
1.3.2	LIMITACIONES.....	9
1.4	OBJETIVOS	10
1.4.1	OBJETIVO GENERAL	10
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.5	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	10
1.6	IDENTIFICACION DE VARIABLES	10
1.6.1	VARIABLE DEPENDIENTE.....	11
1.6.2	VARIABLES INDEPENDIENTES:.....	11
1.7	METODOLOGIA DEL TRABAJO.....	11
1.7.1	ETAPA DE RECONOCIMIENTO O PRE-CAMPO	11
1.7.2	ETAPA DE CAMPO.....	11
1.7.3	ETAPA DE ANALISIS E INTERPRETACION O POST-CAMPO	15
1.8	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	15
1.9	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	18
1.10	CLIMA Y VEGETACIÓN	19
1.11	DEMANDA DE AGUA	20
1.12	MARCO TEÓRICO.....	20
1.12.1	GEOLOGÍA REGIONAL	20
1.12.2	AGUA SUBTERRÁNEA	23
1.12.3	ENSAYOS LEFRANC	24
1.12.4	ENSAYO DE BOMBEO	25
1.12.5	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	26
1.12.6	SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (SEV)	28
1.12.7	MÉTODOS DE PERFORACIÓN.....	30
1.12.8	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE POZO.....	32
1.12.9	HIDROGEOQUÍMICA.....	35
2	CAPITULO II: GEOMORFOLOGÍA	37
2.1	ANÁLISIS DE PENDIENTES	37
2.2	GEOMORFOLOGÍAREGIONAL.....	38
2.2.1	CORDILLERA ORIENTAL.....	38
2.2.2	ALTIPLANICIES	39
2.3	GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	41
2.3.1	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	41
3	CAPITULO III: GEOLOGÍA	43
3.1	GEOLOGÍA LOCAL.....	44
3.1.1	Formación Vilquechico (Ks-vi) Cretácico superior.....	44
3.1.2	Grupo Tacaza - Paleógeno Neógeno	45
3.1.3	Formación San Sebastián (Qpl-Sa).....	47
3.2	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	47
3.2.1	FALLAS.....	48
4	CAPÍTULO IV: HIDROLOGÍA	49
4.1	HIDROGRAFÍA DE LA INTERCUENCA DEL RIO PITUMAYO	49
4.2	PARÁMETROS HIDROMETEOROLÓGICOS	49
4.2.1	PRECIPITACIÓN	49

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

4.2.2	TEMPERATURA	50
4.2.3	HUMEDAD RELATIVA.....	51
4.3	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	51
4.3.1	CAUDAL DEL RÍO PITUMAYO.....	51
4.4	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS	53
4.4.1	ÁREA DE LA INTERCUENCA (A).....	53
4.4.2	PERÍMETRO DE LA INTERCUENCA (P).....	53
4.4.3	LONGITUD DE LA INTERCUENCA (L).....	53
4.4.4	ANCHO PROMEDIO DE LA INTERCUENCA (Ap).....	53
4.4.5	COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Kc).....	54
4.4.6	FACTOR FORMA (Ff).....	54
4.4.7	ALTITUD MEDIA DE LA INTERCUENCA (Hm)	55
4.4.8	CURVA HIPSOMÉTRICA.....	57
4.4.9	POLÍGONO DE FRECUENCIA	58
4.5	RECARGA DEL ACUÍFERO	59
5	CAPITULO V: GEOFÍSICA	61
5.1	GENERALIDADES DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA	61
5.2	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO GEOFÍSICO USADO	62
5.3	TRABAJO EN CAMPO	64
5.4	PERFILES GEOELÉCTRICOS CONFIGURACIÓN SCHLUMBERGE	66
5.4.1	PERFIL GEOELÉCTRICO A-A'	66
5.4.2	PERFIL GEOELÉCTRICO B-B'	69
5.4.3	PERFIL GEOELÉCTRICO CC'	73
5.4.4	PERFIL GEOELÉCTRICO DD'	77
5.5	PERFILES GEOELÉCTRICOS CONFIGURACIÓN WENNER.....	80
5.5.1	PERFIL GEOELÉCTRICO a-a'	80
5.5.2	PERFIL GEOELÉCTRICO b-b'	84
5.5.3	PERFIL GEOELÉCTRICO c-c'	87
6	CAPITULO VI: HIDROGEOLOGÍA	91
6.1	MAPEO HIDROLÓGICO DE FUENTES	91
6.1.1	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE FUENTE.....	91
6.1.2	INVENTARIO DE FUENTES SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES	92
6.2	EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE BOMBEO.....	93
6.2.1	PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE.....	93
6.2.2	ENSAYO A NIVEL DE CARGA CONSTANTE (LEFRANC)	97
6.3	HIDRODINÁMICA DEL ACUÍFERO	97
6.3.1	PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO.....	98
6.3.2	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (K) DEL ACUÍFERO.....	98
6.3.3	TRANSMISIVIDAD HIDRÁULICA	100
6.3.1	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S)	103
6.3.2	EFICIENCIA DE POZO	104
6.3.3	RADIO DE INFLUENCIA ESPECÍFICO	106
6.4	PIEZOMETRÍA Y LAS DIRECCIONES DE FLUJO	108
6.5	RECARGA Y DESCARGA DEL ACUÍFERO.....	108
6.6	UNIDADES HIDROGEOOLÓGICAS	109
6.6.1	ACUIFERO LIBRE	109
6.6.2	ACUÍFERO FISURADO	110
6.6.3	ACUÍFERO SEMICONFINADO	110
6.6.4	ACUITARDO	110
7.	CAPITULO VII: HIDROGEOQUIMICA.....	111
7.1	RESULTADOS FISICOQUÍMICOS	111
7.2	ESTACIONES DE MUESTREO.....	113
7.3	EVALUACIÓN DE DATOS CON SOFTWARE EASY QUIM 5.0	113
7.4	FACIES HIDROQUIMICAS.....	114
7.5	METALES TRAZA	114
7.6	CALIDAD DE AGUA.....	115
8.	CAPITULO VIII: DEMANDA DE USO DE AGUA	117
8.1	DEMANDA DE AGUA	117
8.1.1	RÉGIMEN DE APROVECHAMIENTO.....	118

9.	CAPITULO IX: MODELO HIDROGEOLÓGICO.....	119
10.	CAPITULO X: INGENIERÍA DE POZOS	122
10.1	GENERALIDADES	122
10.2	UBICACIÓN DE ZONA FAVORABLE	122
10.3	MÉTODO DE PERFORACIÓN.....	122
10.4	DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN	123
10.4.1	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL POZO.....	124
10.4.2	ENTUBACIÓN.....	125
10.4.3	ENGRAVILLADO	126
10.4.4	DESARROLLO.....	127
10.5	EQUIPAMIENTO	127
10.6	ELECTROBOMBA	128
10.7	TUBERÍA DE IMPULSIÓN	128
10.8	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	129
11.	CONCLUSIONES	130
	RECOMENDACIONES	132
	BIBLIOGRAFÍA.....	133

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1	Coordenadas UTM de los límites de la zona de estudio.....	18
Tabla 1.2	Clasificación de métodos de perforación.....	31
Tabla 1.3	Cuadro para la selección del método de perforación.....	33
Tabla 2.1	Resumen de pendientes en porcentajes y grados	37
Tabla 2.2	clasificación de pendientes de la zona de estudio con su respectiva área.....	37
Tabla 2.3	Unidades Geomorfológicas.....	41
Tabla 4.1	Precipitación media mensual por estaciones.....	50
Tabla 4.2	Temperatura media, mínima y máxima mensual de la estación Anta Ancachuro	50
Tabla 4.3	Humedad relativa mensual de la estación Anta Ancachuro.....	51
Tabla 4.4	Separación de sondeo en función del ancho de la corriente.....	52
Tabla 4.5	Parámetros geomorfológicos de la Intercuenca	53
Tabla 4.6	Parámetros fisiográficos de la Intercuenca	53
Tabla 4.7	Rangos aproximados del Factor de Forma.....	55
Tabla 4.8	Altitud media de la Intercuenca	56
Tabla 4.9	Porcentaje del área de la Intercuenca que queda por encima y por debajo de la altitud	57
Tabla 4.10	Balance hídrico de la Intercuenca del río Pitumayo	60
Tabla 5.1	Ubicación de SEVs configuración Schlumberger.....	64
Tabla 5.2	Ubicación de SEVs configuración Wenner	65
Tabla 5.3	Profundidad de la napa freática A-A'.....	68
Tabla 5.4	Profundidad de la napa freática B-B'	72
Tabla 5.5	Profundidad de la napa freática C-C'	75
Tabla 5.6	Profundidad de la napa freática D-D'	78
Tabla 5.7	Profundidad de la napa freática a-a' Wenner	82
Tabla 5.8	Profundidad de la napa freática.....	85
Tabla 5.9	Profundidad de la napa freática c-c' Wenner	88
Tabla 6.1	Tipos de fuentes de agua.....	91
Tabla 6.2	Inventario de fuentes de agua	92
Tabla 6.3	Prueba de bombeo caudal constante fase de descenso.....	95
Tabla 6.4	Prueba de bombeo caudal constante fase de recuperación.....	96
Tabla 6.5	Ensayo de Lefranc a nivel de carga constante	99
Tabla 6.6	Prueba de rendimiento.	106
Tabla 6.7	Radios de influencia.....	107
Tabla 6.8	Unidades hidrogeológicas.....	109

Tabla 7.1 Puntos de agua muestreadas.....	113
Tabla 7.2 Clasificación de aguas para consumo humano según Minsa	115
Tabla 7.3 Clasificación de aguas para riego según Wilcox	115
Tabla 7.4 Clasificación de aguas según su contenido de sales.	115
Tabla 8.1 Gastos por Persona y Familia en (lts/día), A.P.V YANAMA Nuevo Amanecer.	118
Tabla 8.2 Régimen de Bombeo por día.....	118
Tabla 8.3 Volumen de Explotación Mensual.....	118
Tabla 10.1 Ubicación del pozo	122

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 Variación de precipitación media mensual por estaciones	49
Gráfico 4.2 Temperatura media mensual de la estación Anta Ancachuro	50
Gráfico 4.3 Curva Hipsométrica	58
Gráfico 4.4 Polígono de frecuencias	59
Gráfico 4.5 Representación del ETP, P Y ETR por meses.	60
Gráfico 6.1 Prueba de bombeo fase descenso y ascenso	97
Gráfico 6.2 Ensayo de bombeo por el método de Theis	101
Gráfico 6.3 Ensayo de Hantush con almacenamiento en el Acuitardo.....	102
Gráfico 6.4 Ensayo de bombeo método de Hantush sin almacenamiento en el Acuitardo.....	103
Gráfico 6.5 Bombeo escalonado a diferentes caudales.....	104
Gráfico 6.6 Rendimiento específico del pozo.....	105
Gráfico 7.1 Diagrama de Piper para aguas subterráneas.....	114
Gráfico 7.2 Diagrama SAR de salinidad para clasificación de aguas de irrigación.....	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Accesibilidad a la zona de estudio.....	18
Figura 1.2 Zona saturada y no saturada	24
Figura 1.3 Ensayo Lefranc a carga constante.....	25
Figura 1.4 Unidades hidrogeológicas.....	27
Figura 1.5 Valores de resistividades de rocas referenciales.....	28
Figura 1.6 Representación del método Wenner.	29
Figura 1.7 Representación del método Schlumberger.	30
Figura 2.1 Mapa de pendientes de la microcuenca	38
Figura 4.1 Sección Transversal del Rio Pitumayo	52
Figura 4.2 Áreas parciales de la Intercuenca	56
Figura 5.1 Ubicación de SEVs configuración Schlumberger	64
Figura 5.2 Ubicación de SEVs configuración Wenner	65
Figura 5.3 Perfil geoelectrico A-A'	66
Figura 5.4 Perfil geoelectrico B-B'	70
Figura 5.5 Perfil geoelectrico C-C'	74
Figura 5.6 Perfil geoelectrico D-D'.....	77
Figura 5.7 Perfil geoelectrico a-a' Wenner.....	80
Figura 5.8 Perfil geoelectrico b-b' Wenner	84
Figura 5.9 Perfil geoelectrico c-c' Wenner.....	87
Figura 5.10 Modelo en 3d de los Perfiles Geoelectricos Configuración Schlumberger	90
Figura 5.11 Modelo en 3d de los Perfiles Geoelectricos Configuración Wenner.....	90
Figura 6.1 Ubicación de pozo proyectado	94

LISTA DE FOTOS

Foto N° 1.1 Vista de Norte a Sur de nuestra zona de estudio	12
Foto N° 1.2 Previa charla a los dirigentes de la A.P.V sobre el Dron	12
Foto N° 1.3 Lectura de parámetros Fisicoquímicos.....	13
Foto N° 1.4 Toma de datos de los SEV	14
Foto N° 1.5 Perforación por el método de rotoperusión	15
Foto N° 1.6 Bosque de eucalipto	20
Foto N° 1.7 Cantera de gravilla que se utilizó en el pozo.....	34
Foto N° 2.1 Se observa la depresión de Anta tomada desde una ladera de montaña disectada.....	40
Foto N° 2.2 Colinas en roca sedimentaria disectada vista Nor-Este.....	42
Foto N° 2.3 Colinas en roca sedimentaria disectada en la parte alta de la zona de estudio	42
Foto N° 2.4 Colinas en roca vulcanosedimentaria.....	42
Foto N° 2.5 Pie de monte.....	43
Foto N° 3.1 Afloramiento de la formación Vilquechico.....	44
Foto N° 3.2 Horizontes de Lutitas de la Formación Vilquechico	45
Foto N° 3.3 Brecha volcánica con clastos nodulosos de composición volcánica.....	46
Foto N° 3.4 Dique Andesítico del Grupo Tacaza cortando las Lutitas de la Formación Vilquechico.....	46
Foto N° 3.5 Lavas Andesíticas en la parte Nor Oriental de la zona de estudio	47
Foto N° 5.1 Georesistivímetro WARGPOWER Modelo G-1124	63
Foto N° 6.1 Proceso de Bombeo de Agua Subterránea	106
Foto N° 10.1 Equipo de Perforación CC-4000	123
Foto N° 10.2 Profundidad final del pozo- Presenta Artesianismo.....	124
Foto N° 10.3 Preparación Del Lodo De Perforación	125
Foto N° 10.4 Proceso constructor del pozo.....	126
Foto N° 10.5 Especificaciones técnicas de la bomba instalada	128

LISTA DE PLANOS

Plano N° 1.0; Ubicación
Plano N° 2.1; Geomorfológico Regional
Plano N° 2.2; Geomorfológico Local
Plano N° 3.1; Geológico Regional
Plano N° 3.2; Geológico Local
Plano N° 3.3; Secciones Geológica N-S
Plano N° 3.4; Secciones Geológica W-E
Plano N° 3.5; Secciones Geológica NW-SE
Plano N° 4.0; Hidrográfico
Plano N° 5.0; Ubicación de SEV
Plano N° 6.1; Inventario de Fuentes de Agua
Plano N° 6.2; Piezometría y Direcciones de flujo
Plano N° 6.3; Hidrogeológico
Plano N° 7.0; Hidroquímico

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A; Datos y Cálculos Hidrológicos
ANEXO B; Inventario de Fuentes
ANEXO C; Pruebas y Parámetros Hidráulicos
ANEXO D; Datos Geofísicos
ANEXO E; Datos y Cálculos Hidroquímicos

1 CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la demanda de agua en el A.P.V. Nuevo Amanecer, Comunidad Campesina Yanama Ayllomayo Distrito de Zurite Provincia de Anta, Región Cusco es necesario realizar una evaluación hidrogeológica mediante la aplicación de métodos de resistividad eléctrica S.E.V. así mismo estudios geológicos con la finalidad de determinar la existencia de un acuífero ya que a partir de la información obtenida de la evaluación hidrogeológica se dispondrá de una serie de datos que servirán para el método de perforación tubular del acuífero y captación del agua subterránea para el consumo humano y agrícola de la A.P.V. de esa manera abastecer los fines propios de la población.

El origen del problema se debió al desborde del río Pitumayo y a las intensas Precipitaciones ocurridas en el año 2010 que ocasionó daños a la comunidad de Yanama Ayllomayo, por lo cual esta fue reubicada con cooperación de caritas del Perú construyendo la A.P.V Nuevo Amanecer Yanama con 30 viviendas sismo resistentes y el estado peruano a través del fondo mi vivienda construyó 80 viviendas pero sin contar con los servicios básicos, a partir de este momento los pobladores de esta A.P.V. con el respaldo de la municipalidad de Zurite hicieron posible la construcción de una red eléctrica, pero esto no fue suficiente ya que no contaban con agua permanente debido a que solo se abastecían de un manantial que proveía 0.15 litros por segundo; esto hizo que inicialmente los 250 pobladores de la A.P.V se reduzcan a 150 en la actualidad, desde ahí no cuentan con un respaldo técnico por parte de la municipalidad de Zurite para abastecerse de este recurso.

Por consiguiente, los pobladores de la A.P.V sin contar con un apoyo se organizó y gestionó el proyecto de captación de aguas subterráneas llevado a cabo por la empresa G&S ALLPA CONSULTORES S.A.C. empresa en la cual venimos laborando y se hizo posible los distintos estudios.

Inicialmente debido a la topografía del terreno y a la ubicación rural de la A.P.V se hace relativamente fácil la aplicación de los métodos de resistividad eléctrica S.E.V. para la perforación y captación de agua subterráneas ya que todo proyecto tiene sus retos propios que afrontar por lo cual los estudios geofísicos deben realizarse con rigurosidad como así mismo su respectiva interpretación.

Este proyecto se basará en datos obtenidos en campo, que serán utilizados en las posteriores etapas de ejecución de pozos tubulares de captación de aguas subterráneas las cuales son fundamentales realizar correctamente todas estas, con el fin de garantizar la calidad del proyecto, así como la elaboración de perfiles geoelectrónicos y sus respectivas interpretaciones que al final servirán para dar conclusiones y recomendaciones.

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2.1 Problema General

✚ ¿Cuál es la evaluación hidrogeológica para determinar las características de las fuentes de agua subterránea para su captación mediante perforación de pozo tubular con fines de consumo humano y riego?

1.1.2.2 Problemas Específicos

- 1) ¿Cuáles son las características geológicas del acuífero?
- 2) ¿Qué fuentes de agua existen en la zona de estudio?
- 3) ¿Cómo identificar la existencia y profundidad de la Napa freática?
- 4) ¿Cuáles son propiedades hidráulicas y niveles productivos del acuífero?
- 5) ¿Cuáles son las características hidrogeológicas del acuífero?
- 6) ¿Cómo influye la columna litológica para la construcción del pozo tubular?
- 7) ¿Cómo demostrar la importancia del modelo hidrogeológico?
- 8) ¿Cuáles son las propiedades hidroquímicas de las aguas subterráneas en relación con las aguas superficiales?

1.2 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA TESIS

1.2.1 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

Es preciso realizar este estudio de tesis con la finalidad de obtener una evaluación hidrogeológica mediante la aplicación de métodos eléctricos de resistividad S.E.V para la detección de un acuífero que se manifiestan por los manantes en la zona; las cuales nos da evidencia de la existencia de un acuífero; por lo que es necesario realizar una perforación tubular para la captación de aguas subterráneas el cual servirá como fuente permanente para satisfacer las necesidades de los pobladores de la A.P.V Nuevo Amanecer Yanama; así mismo sirve como tesis de Pre-grado en la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.

1.2.2 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Es importante realizar una evaluación hidrogeológica para la captación de aguas subterráneas mediante la perforación de pozo tubular ya que conllevará un crecimiento social - económico para la A.P.V Nuevo Amanecer.

1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.3.1 ALCANCES

Cabe mencionar que nuestro proyecto de tesis permitirá una caracterización de las unidades hidrogeológicas, así como sus parámetros hidráulicos para realizar captaciones de agua subterráneas empleando una perforación de pozo tubular. Estas aguas captadas deberán ser analizadas en un laboratorio con fin de obtener aguas aptas para el consumo humano y riego.

1.3.2 LIMITACIONES

El método eléctrico empleado permitirá alcanzar cierta profundidad de investigación, debido a que la topografía del terreno condiciona a no llegar a la profundidad deseada; este método eléctrico se

aplicó mediante un georesistivímetro el cual permite trabajar en zonas llanas en comparación con un tomógrafo eléctrico, ya que este último te permite trabajar en cualquier tipo de topografía.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

✚ Evaluar las características hidrogeológicas de las fuentes de agua subterránea potencialmente explotables para la captación mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V. Nuevo Amanecer con el fin de satisfacer la necesidad de agua para consumo humano y riego de la población; tomando en consideración la ubicación de las mejores áreas hidrogeológicas del sector.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- 1) Identificar las características geológicas del Acuífero.
- 2) Realizar un inventario de fuentes de agua superficiales y subterráneas.
- 3) Identificar la existencia y profundidad de la Napa freática mediante la aplicación de los métodos de resistividad eléctrica S.E.V. tipo Wenner y Schlumberger.
- 4) Determinar las propiedades hidráulicas del acuífero mediante pruebas de bombeo.
- 5) Realizar la caracterización hidrogeológica del acuífero.
- 6) Analizar la columna litológica mediante el logueo de detritos.
- 7) Desarrollar un modelo hidrogeológico en 2D y 3D.
- 8) Analizar las propiedades hidroquímicas de las aguas subterráneas y su relación con las aguas superficiales.

1.5 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

Mediante la evaluación hidrogeológica se determinará las características de las fuentes de agua subterránea potencialmente explotables para su captación mediante perforación de pozo tubular siendo estas debidamente aprovechadas para los fines de consumo humano y riego.

1.6 IDENTIFICACION DE VARIABLES

1.6.1 VARIABLE DEPENDIENTE

- ✚ Método Perforación de Pozo Tubular.
- ✚ Geofísica
- ✚ Hidrogeoquímica

1.6.2 VARIABLES INDEPENDIENTES:

- ✚ Evaluación Hidrogeológica.

✓ **Dimensiones:**

- Geomorfología
- Geología
- Hidrogeología

1.7 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología del trabajo es descriptivo - explicativo: Ya que permite describir y analizar ordenadamente los hechos con respecto con respecto al comportamiento hidrogeológico de las unidades geológicas.

1.7.1 ETAPA DE RECONOCIMIENTO O PRE-CAMPO

Como primera etapa se realizó la revisión bibliográfica de estudios anteriores similares correspondiente a nuestro tema de tesis, se delimito la zona de estudio mediante un cartografiado a escala 1: 20,000, para luego establecer métodos y herramientas a utilizar durante el desarrollo de la evaluación.

1.7.2 ETAPA DE CAMPO

1.7.2.1 *Mapeo Geológico y Geomorfológico*

La identificación de las formaciones geológicas y geomorfológicas se realizó en base a la carta geológica del INGEMMET, en donde se identifican las unidades litológicas y geomorfológicas a escala

regional las cuales fueron cartografiados durante la etapa de campo; dando como resultado generalmente depósitos cuaternarios.



Foto N° 1.1 Vista de Norte a Sur de nuestra zona de estudio

1.7.2.2 Fotogrametría

Se realizó un levantamiento topográfico mediante el vuelo del Dron Modelo Mavic Pro logrando obtener una ortofoto a escala local del área de estudio, facilitando la generación de curvas de nivel a detalle.



Foto N° 1.2 Previa charla a los dirigentes de la A.P.V sobre el Dron

1.7.2.3 *Inventario de Manantes*

El inventario de fuentes de agua superficiales y subterráneas nos condujo a la identificación y caracterización de los afloramientos de aguas con descarga natural y/o artificial dándonos las propiedades Físico-Químicas.

Mediante el monitoreo de las fuentes de agua superficiales y subterráneas se identificó 2 aspectos los cuales son los siguientes:

a. Tipo de fuente

- Pozo
- Agua de manante
- Agua de rio
- Canal

b. Parámetros fisicoquímicos de campo

Mediante el multiparámetro marca HANNA se midieron parámetros de campo los cuales son; temperatura, conductividad eléctrica, pH y TDS.



Foto N° 1.3 Lectura de parámetros Físicoquímicos.

1.7.2.4 Estudio Geofísico

Los métodos realizados en campo fueron las configuraciones de tipo Wenner y Schlumberger las cuales nos brindaron datos de resistividad siendo ambos Sondeos Eléctricos Verticales, con la finalidad de detectar el acuífero y los espesores de los estratos de subsuelo.

Se realizaron once ensayos SEVs siendo del tipo Schlumberger siete y del tipo Wenner los cuatro restantes en la zona de estudio obteniendo perfiles geofísicos tomando en consideración que los SEVs cuentan con una longitud en función de la profundidad de nuestra investigación.



Foto N° 1.4 Toma de datos de los SEV

1.7.2.5 Selección del Método de Perforación

Tomando en cuenta la geología y/o geomorfología, así como el presupuesto se eligió el método más conveniente conocido como rotación el cual se basa en la circulación directa del fluido (agua + aditivo) cumpliendo la función de extraer los detritos a la superficie además brindar estabilidad a las paredes del pozo.



Foto N° 1.5 Perforación por el método de rotopercusión

1.7.3 ETAPA DE ANALISIS E INTERPRETACION O POST-CAMPO

Los datos obtenidos en la etapa campo sirvieron para los análisis e interpretaciones respectivas, para luego realizar definir las características hidrogeológicas del acuífero. Para el procesamiento de los datos se utilizaron softwares como ArcGis, IPI2WIN, STRATER 5.1 y Agisoft PhotoScan las cuales sirvieron para generación de planos, perfiles, columnas estratigráficas y demás. Además, los datos obtenidos en el laboratorio nos servirán para conocer los parámetros Hidroquímicos del agua subterránea.

1.8 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Para la elaboración de esta tesis se ha recurrido a investigaciones similares y relacionadas con captación de aguas subterráneas, métodos de perforación de pozos para extracción de agua, estudios hidrogeológicos mediante la aplicación de métodos de resistividad eléctrica S.E.V. algunas de ellas son las siguientes:

- a) ANA, (1988) Estudio Hidrogeológico Para Captación De Aguas Subterráneas En La Pampa De Anta – Cusco.
- ✓ El presente Estudio tiene como objetivo evaluar las características hidrogeológicas del reservorio acuífero de la Pampa de Anta, con el propósito de determinar las áreas favorables para la perforación de pozos tubulares y el número de pozos proyectados, en función de las Reservas

Explotables. Para alcanzar tal objetivo se ha tomado en consideración la ubicación de las mejores áreas hidrogeológicas del sector, la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo (tanto en calidad como en cantidad) y que las reservas acuíferas no sean afectadas desfavorablemente en caso de ser sometidas a explotación intensiva. Cabe señalar, sin embargo, que los objetivos propuestos inicialmente, no han alcanzado en su totalidad, el nivel requerido, por cuanto las Pruebas de Bombeo, no se ejecutaron, por razones presupuestales, en la oportunidad que fueron previstas.

b) José Antonio Iglesias Martín (2015-2016), Captaciones subterráneas/ perforación y equipamiento de sondeos para captación de aguas subterráneas, de la escuela de organización industrial (Master en Ingeniería y Gestión del Agua.

- ✓ En el siguiente manual el autor expone que para todo proyecto de explotación de aguas subterráneas es importante realizar un estudio hidrogeológico, el cual nos dispondrá de datos necesarios para elegir el método de perforación el emplazamiento del pozo, la profundidad del pozo, profundidad del nivel dinámico, caudal de agua esperada y caudal de explotación; además de brindarnos una serie de etapas de construcción desde la fase inicial hasta finalizar la perforación.

También el autor expone los métodos de perforación el cual clasifica en dos grupos, los cuales son discontinuos y continuos y a su vez explica las instalaciones hidráulicas y eléctricas.

c) Johan Antonio Morales Estibur, Henry Caleb Nuñez Ricanqui (2018), Estudio Hidrogeológico para la elección de los métodos constructivos en pozos de agua sector Manzuzeto – Paramonga – Lima (Tesis para optar Título), Universidad San Martín De Porres.

- ✓ La presente investigación surge con el fin de mejorar la toma de decisiones al momento de elegir el método constructivo más adecuado para la perforación de un pozo para captación de aguas subterráneas, donde a través de un análisis se evalúa la incidencia del estudio hidrogeológico en la elección de los métodos de perforación. Esto con el fin de garantizar el éxito de perforación y la extracción del recurso hídrico que es fundamental, no solo en la zona de investigación sino también en otros lugares y así poder satisfacer la demanda tanto en el sector industrial, agrícola y doméstica.

- d) Ruth Mery Portugal Churata, Kenyi Tarifa Arque (2019), “Evaluación Hidrogeológica Preliminar Del Acuífero Aluvial, Para Explotación De Aguas Subterráneas Con Fines De Riego Del Valle Virú – La Libertad”
- ✓ La presente investigación tiene por objetivo evaluar preliminarmente las condiciones hidrogeológicas del acuífero aluvial, para la explotación de aguas subterráneas mediante pozos tubulares, con fines de riego de los cultivos agrícolas del valle Virú.
- e) José Luis Moreno (2014), “Evaluación Hidrológica para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la microcuenca Lauricocha-Huánuco”
- ✓ La presente tesis toma en consideración el aprovechamiento de las aguas subterráneas tomando como punto importante el inventario de fuentes de agua, así como las características hidroquímicas para evaluar la calidad del agua.

1.9 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El área del estudio se encuentra situada, aproximadamente, en dirección Nor-Oeste a una distancia de 38 Km, de la ciudad del Cusco. Políticamente se encuentra ubicado en la comunidad campesina. Yanama Ayllomayo, distrito Zurite, provincia Anta perteneciente al Departamento del Cusco

Geográficamente, está delimitado por las siguientes coordenadas principales del Sistema Universal Transversal Mercator WGS 84 – 18 L que son:

VERTICE	NORTE	ESTE
A	793930	8509133
B	798741	8509093
C	793921	8505978
D	798711	8505919

Tabla 1.1 Coordenadas UTM de los límites de la zona de estudio

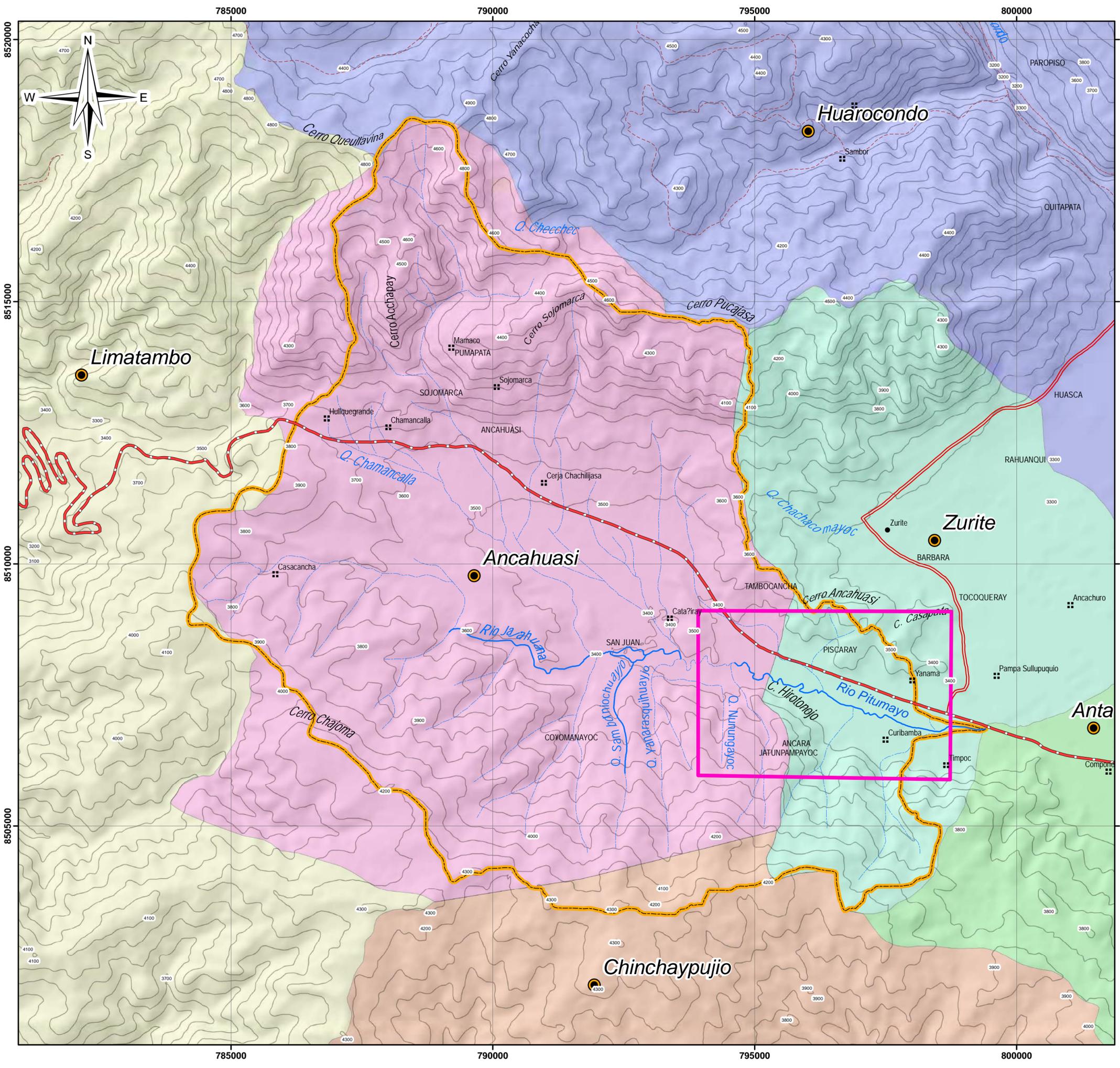
Hidrográficamente la zona de estudio se encuentra ubicado dentro de la cuenca del Urubamba, en la Unidad Hidrográfica 49949 bajo Urubamba, Subcuenca 4994976 del río Huarcocondo y en la Microcuenca 499497612 que corresponde al río Pitumayo que comprende los ríos principales Katañiray e Izcuchaca y una serie de pequeños afluentes que vierten sus aguas al río Huarcocondo el cual a su vez es tributario del río Vilcanota en la sierra sur del Perú.

Para acceder a la zona de estudio, se cuenta con la siguiente vía:

- ✚ Vía asfaltada de primer orden Cusco – Abancay 3S, pasando por una trocha carrosable de la vía principal, a una distancia aproximada de 38 km del Cusco, en un tiempo de recorrido de 60 minutos.

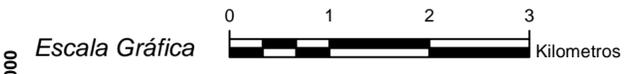


Figura 1.1 Accesibilidad a la zona de estudio



Simbología

- Curvas Principales
- Río principal
- Área de Estudio
- Quebrada
- Microcuenca
- Quebrada seca una parte del año
- Distritos
- Red vial Nacional
- Capital de distrito
- Carretera afirmada, transitable
- Comunidades
- Camino de herradura
- Límite Distrital
- Ferrocarril



Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	
<p>TESIS: "EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"</p>	
<p>PLANO: UBICACIÓN</p>	<p>Fecha: 15/02/2021 Escala: 1:50,000</p>
<p>Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga</p>	<p>Datum: WGS 84 Zona: 18 L</p>
<p>ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán</p>	<p>Nº PLANO: 1.0</p>

1.10 CLIMA Y VEGETACIÓN

El área de estudio se caracteriza por un clima muy cambiante durante todo el año donde se presentan las siguientes características climáticas:

- ✓ **Temperatura:** la zona de estudio presenta un clima templado a frío, durante los meses de Diciembre y Marzo con temperaturas máximas de 22°C y mínimas de 5°C, y las más bajas se registran en los meses de Mayo y Agosto con máximas de 19°C y mínimas de hasta -1°C.
- ✓ **Vientos:** Los vientos predominantes de mayor incidencia corren en dirección Este y Oeste, los de menor incidencia corren en dirección Noreste y Sureste tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año, la parte más ventosa del año dura desde Julio hasta Noviembre velocidades máximas de 16 Km/h y el tiempo más calmado del año dura de Diciembre hasta Junio con velocidades máximas de 11 Km/h.
- ✓ **Incidencia Solar:** Las mayores horas de incidencia solar se dan durante los meses de Julio y Agosto, con 8 horas de sol promedio por cada día, en este tiempo el porcentaje de insolación máxima llega hasta el 70%.
- ✓ **Precipitación:** Las lluvias comienzan a partir del mes de Octubre hasta el mes de Marzo alcanzando un promedio anual de 891.3 mm.
- ✓ **Humedad Relativa:** La humedad relativa promedio que se ha registrado es de 76% que corresponde a los meses de Diciembre a Abril, y la mínima en los meses de Julio y Agosto con un promedio de 61%.

Según la clasificación climática de zonas de vida del Instituto de Manejo de Agua y Medioambiente - IMA. La zona de estudio por encontrarse entre los 3300 y 3400 msnm., pertenece a las zonas de vida Bosque seco montano bajo subtropical y Bosque húmedo montano subtropical.

La vegetación en este clima está conformada por presencia de bosques de queuña, t'asta, ichu y eucalipto.



Foto N° 1.6 Bosque de eucalipto

1.11 DEMANDA DE AGUA

Para conocer las cantidades de agua empleadas en cada familia, se preguntó a las amas de casa de la A.P.V cuánta agua potable utilizaban en cada uno de los usos habituales resultando un volumen de 1300 l/s, luego se buscó conocer de modo más objetivo posible la prioridad de esos usos. El cual esta detallado en un cuadro estadístico que se encuentra desarrollado en esta tesis

1.12 MARCO TEÓRICO

1.12.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio se encuentra dentro del sistema cretácico superior de la serie pleistoceno hasta el cuaternario, ubicada específicamente dentro de la formación San Sebastián (Q-sa) el cual está constituido por arenas limos y arcillas fluviales.

De manera muy general se evidencia un basamento metamórfico de edad paleozoica al cual le suprayace la formación Puquín de edad cretácico superior al igual que una formación maras de edad cretácico inferior las cuales son cubiertas por la formación san Sebastián de edad cuaternaria.

1.12.1.1 GRUPO TACAZA - Paleógeno Neógeno

Afloran en las provincias de Anta, Cusco, Acomayo, Canas, Espinar, Paruro y forma parte de la zona andina. Litológicamente está compuesto por paquetes de aglomerados polimígticos con clasto sub redondeados a sub angulosos de dioritas, granodioritas, areniscas de grano fino, cuarcitas, calizas en

una matriz volcánica posiblemente riolítica y tobácea de composición dacítica, intercalados con areniscas fluviales, piroclastos. Dentro del grupo Tacaza se encuentran cuatro formaciones: (Newells, 1949).

- **Formación Ichucollo (PoNm-ta/ich) Paleógeno Neógeno**

Constituido por Lavas andesíticas y andesítica basáltica compuestos por biotita y fenocristales de plagioclasas algo sericitizados. Areniscas, aglomerados, y flujos piroclásticos

- **Formación Orcopampa (PoNm-ta/or) Paleógeno Neógeno**

Secuencia de Conglomerados, aglomerados y brechas volcánicas.

- **Lava Brecha (PoNm-ta/lbr) Paleógeno Neógeno**

Lavas gris oscuras, brechas y tobas, moderadamente alteradas, con presencia de minerales de cobre.

- **Vulcano sedimentario (PoNm-ta/vs) Paleógeno Neógeno**

Aglomerados polimígticos con clastos sub redondeados a sub angulosos de dioritas, granodioritas areniscas, cuarcitas, calizas en una matriz volcánica posiblemente riolítica y tobas dacíticas.

1.12.1.2 FORMACIÓN PUQUIN: Senoniano Maestrichtiano (Ks-pu)

La Formación Puquin (Mendivil & Dávila, 1994; Carlotto et al., 1991, 1996), sobreyace a la Formación Ayavacas el cual aflora ampliamente en el núcleo del Anticlinorio de Piuray, al sur de Qoricancha, al norte de Limatambo-Zurite y al este de Corao. La formación Puquín presenta tres miembros en donde el miembro M1 (30 m), está constituida por lutitas rojas, yesos laminados, nodulosos o en mallas y por brechas con elementos pelíticos, que indican un medio de *sabkha* continental. Hacia la parte superior se observan dolomitas laminadas, intercaladas con yesos de medio intertidal. Además, esta unidad no ha reportado fósiles, pero por comparaciones regionales se le asigna una edad Coniaciana-Santoniana.

El Miembro M2 (180 m) aflora ampliamente en el Anticlinal de Piuray, donde forma el núcleo de la estructura; las secuencias basales de este miembro están compuestas por calizas, margas, lutitas negras ricas en materia orgánica y pirita, mientras que la parte media y superior por lutitas verdes y rojas asociadas a yesos laminares, nodulosas y en mallas.

El Miembro M3 (170 m) aflora en el Anticlinal de Piuray el cual es esencialmente arenosa y globalmente más detrítica que las precedentes, donde sobreyace a la secuencia M2, sin embargo, en este mismo sector se halla erosionada. Así, la Formación Quilque del Paleoceno reposa muchas veces sobre M2 o sobre la parte basal de este miembro.

Este miembro comienza con bancos arenosos fluviales, seguidas por intercalaciones de lutitas, margas y calizas lacustres e intertidales, en tanto que la parte media y superior grano-estrato creciente está representada por areniscas feldespáticas de color rojo y de origen fluvial de procedencia sur.

1.12.1.3 FORMACIÓN ANTA: Mioceno medio (Nm-an)

Aflora ampliamente en el borde norte de la Meseta de Chinchaypujio, entre Anta y Limatambo y se prolonga más al sur, en los cuadrángulos de Cotabambas y Cusco (Carlotto 1996). Esta unidad sobreyace en discordancia, indistintamente sobre el Grupo Yuncaypata, las formaciones Quilque y Chilca, el Grupo San Jerónimo o sobre intrusivos del Batolito Andahuaylas-Yauri.

Esta formación está compuesta por conglomerados con clastos esencialmente volcánicos, intercalados con areniscas feldespáticas, limolitas rojas y además algunos niveles de brechas y aglomerados volcánicos. Está dividida en 4 secuencias.

La primera secuencia (170 m) es decreciente y está compuesta por conglomerados de conos aluviales con clastos de volcánicos, que llegan a los 40 cm.

La Segunda secuencia (400 m) es grano decreciente y está compuesta de conglomerados en la base de secuencias menores, que gradan a areniscas feldespáticas; se trata de depósitos fluviales.

La tercera secuencia (500 m) y la cuarta secuencia (250 m) son también decrecientes y muy parecidas a la segunda secuencia. La particularidad de estas tres últimas secuencias, es que globalmente se hacen crecientes hacia el techo. El espesor total de la unidad es mayor a 1,300 metros.

1.12.1.4 FORMACIÓN SAN SEBASTIÁN: Pleistoceno inferior (Q-sa)

La Formación San Sebastián fue definida por Gregory (1916), ubicada en la depresión de Anta. Estas presentan una superficie bastante plana sobreyaciendo generalmente a la Formación Chincheros.

Esta unidad está caracterizada por formar dos secuencias (Cabrera, 1988), el primero grano decreciente, está constituida por secuencias de arenas de canales entrelazados deltaicos, y arcillas lacustres o palustres. Niveles diatomíticos y calcáreos caracterizan la parte superior. El segundo grano creciente, está compuesta por gravas y arenas de conos-terrazas fluvio-torrenciales, que indican el cierre de la cuenca.

1.12.2 AGUA SUBTERRÁNEA

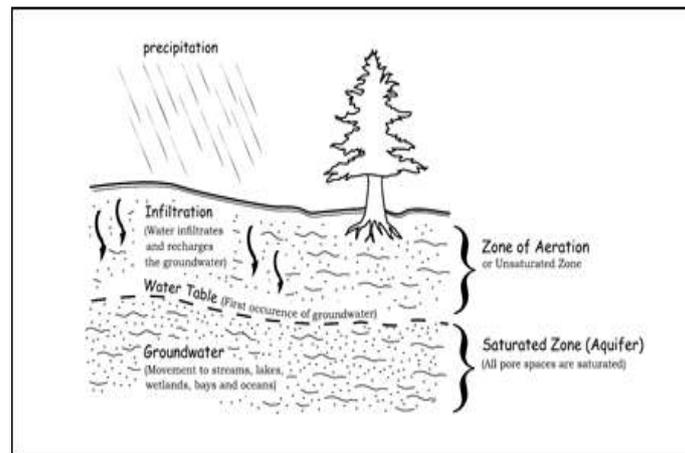
Agua que existe bajo la superficie del terreno contenida en los llamados acuíferos. Un acuífero es una formación geológica constituida por uno o más materiales capaces de almacenar y conducir cantidades de aguas económicamente utilizables y rentables para su explotación.

El agua subterránea proviene de las aguas de lluvia, nevados o producto de la infiltración del agua de lagunas y ríos. Es aquella que está en constante renovación por la naturaleza por ende a su recarga. Esta agua se manifiesta de manera natural a través de manantiales, zonas de rezumes, etc.

El desplazamiento de las aguas subterráneas es muy lento por los acuíferos, debido a que la velocidad media normal varía de decímetros a algunos centenares de metros en un año referido a los sedimentos sueltos (gravas, arenas) en el caso de acuíferos de poros; por otra parte, como es el caso de acuíferos kársticos y de grietas el agua circula con una velocidad mayor.

La profundidad de las formaciones saturadas depende de varios factores como son las características morfológicas, geológicas, tectónicas, de las condiciones meteorológicas y de las tasas de explotación y recarga de la zona ya que las aguas subterráneas se encuentran en casi todos los lugares. (López, Fornés, Ramos y Villarroya, 2009).

Figura 1.2 Zona saturada y no saturada



Fuente: International Groundwater Resources Assessment Centre.

1.12.3 ENSAYOS LEFRANC

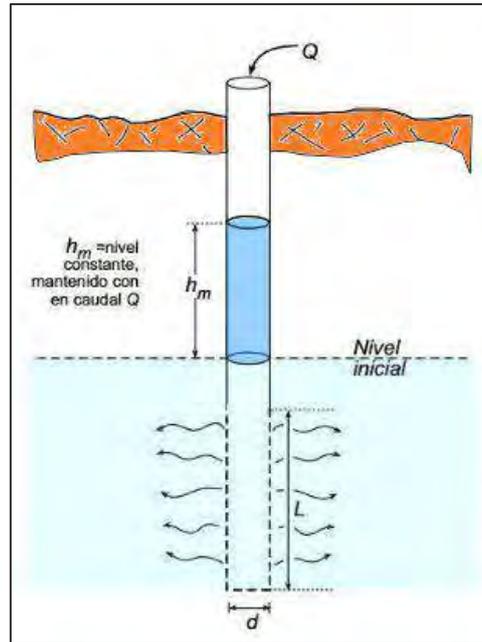
El ensayo Lefranc es una investigación geotécnica que se realiza in situ (ensayo in situ), sirve para definir el valor de la permeabilidad (K) en suelos permeables o semipermeables granulares por debajo del nivel freático y en rocas muy fracturadas, es un ensayo geotécnico aplicado en suelos.

El ensayo Lefranc se aplica en el interior del sondeo por debajo del nivel freático, durante o en pausas cuando se realiza la perforación.

Ejecución del ensayo Lefranc a carga constante

El ensayo Lefranc a régimen permanente consiste en mantener el sondeo con agua hasta el tope y apuntar mediciones del caudal con la finalidad de mantener el nivel de agua constante a lo largo del tiempo. Dependiendo de la permeabilidad de la zona de ensayo el caudal será medido cada minuto durante 20 minutos para luego tomar las medidas cada 5 minutos hasta llegar a los 45 minutos, tiempo relativo para este ensayo.

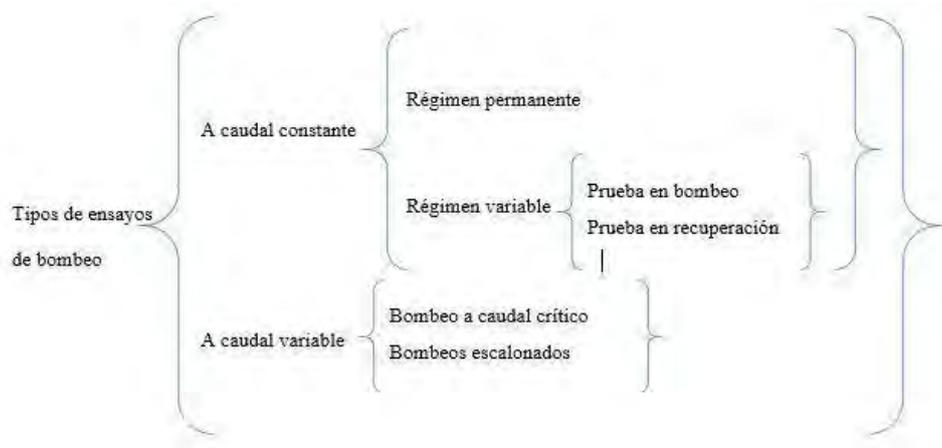
Figura 1.3 Ensayo Lefranc a carga constante.



Fuente: Geología Web.

1.12.4 ENSAYO DE BOMBEO

Los ensayos de bombeo son pruebas realizadas en pozos con la finalidad de caracterizar la hidrodinámica del acuífero mediante los parámetros hidráulicos, dichos ensayos se clasifican de la siguiente manera:



Ensayo de bombeo a caudal constante

Para empezar este ensayo primeramente se debe medir la profundidad del nivel del agua tanto en el pozo de bombeo como el de observación. Posteriormente se empieza a bombear con un caudal

constante en donde se ira tomando un registro de la variación de los niveles de agua en función del tiempo. A esto se le conoce como régimen variable. Cabe mencionar que dichos niveles se pueden tomar tanto en la fase de bombeo como en la fase de recuperación que es cuando se deja de bombear.

Después de un tiempo, el nivel de agua se estabiliza o varia muy poco tanto que puede considerarse estable, una vez llegado a este punto con los niveles estables tanto en el pozo de observación como en el pozo de bombeo, habremos llegado a lo que se conoce como régimen permanente.

Ensayo de bombeo a caudal variable

Este tipo de ensayo se utiliza para calcular el rendimiento específico, el cual representa la potencia del pozo. Dicho ensayo se basa en hacer variar el caudal después de un tiempo de bombeo a partir de donde se determinará el abatimiento para cada variación de caudal en un intervalo de tiempo.

1.12.5 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Se denomina **acuífero** a toda formación geológica capaz de almacenar y transmitir el agua subterránea a través de ella, pudiendo extraerse en cantidades significativas mediante obras de captación (ej. pozos). No todas las formaciones geológicas tienen la capacidad de almacenar y transmitir agua, habiendo formaciones que pudiendo contener agua no la transmiten en condiciones naturales y por lo tanto no es posible extraerla, son los llamados **acuicludos** (ej. Arcillas), otras formaciones no son capaces de almacenar ni de transmitir el agua subterránea, son impermeables y a éstas se las llama **acuífugos** (ej. Granitos, gneiss) y por último encontramos los **acuitardos** (ej. limos, limos arenosos) que son formaciones semipermeables, que transmiten el agua muy lentamente. Los acuíferos se clasifican en función de su estructura de los materiales.

Clasificación en función de su estructura

- **Acuíferos libres, no confinados o freáticos:** Son acuíferos cuyo piso es impermeable y su techo está a presión atmosférica. La recarga de este tipo de acuífero es directa y se realiza por infiltración del

agua de lluvia a través de la zona no saturada o por infiltración de ríos o lagos. Son los más afectados en caso de sequía, ya que el nivel freático oscila con los cambios climáticos. Pozos muy someros se ven afectados (se secan), cuando el nivel freático desciende hasta por debajo de la profundidad total del pozo.

- **Acuíferos confinados cautivos o a presión:** Estos se encuentran limitados en su parte superior por una formación de muy baja permeabilidad. La presión hidrostática a nivel del techo del acuífero es superior a la atmosférica y la recarga es lateral. Cuando se realiza un pozo en éste tipo de acuíferos, el agua contenida en ellos asciende rápidamente por su interior. Si el agua alcanza la superficie, al pozo se le llama surgente. Superficie potenciométrica se le denomina al nivel de agua virtual que se genera cuando se integran todos los niveles hidráulicos observados en los pozos del acuífero confinado.

- **Acuíferos semiconfinados o semicautivos:** Estos son más frecuentes en la naturaleza que los cautivos. En estos, el techo, el piso o ambos, están formados por capas de baja permeabilidad que si bien dificultan no impiden la circulación vertical del agua. Para que ello suceda, además de la permeabilidad deben existir diferencias de carga o potencial hidráulico entre el acuífero semiconfinado y otro superior o inferior. Los acuíferos semiconfinados se recargan y descargan a través de las unidades de bajas permeabilidades denominadas semiconfinantes, filtrantes o acuitardos.

(M. Collazo y J. Montaña, *Manual de agua subterránea*, (2012).

Figura 1.4 Unidades hidrogeológicas.

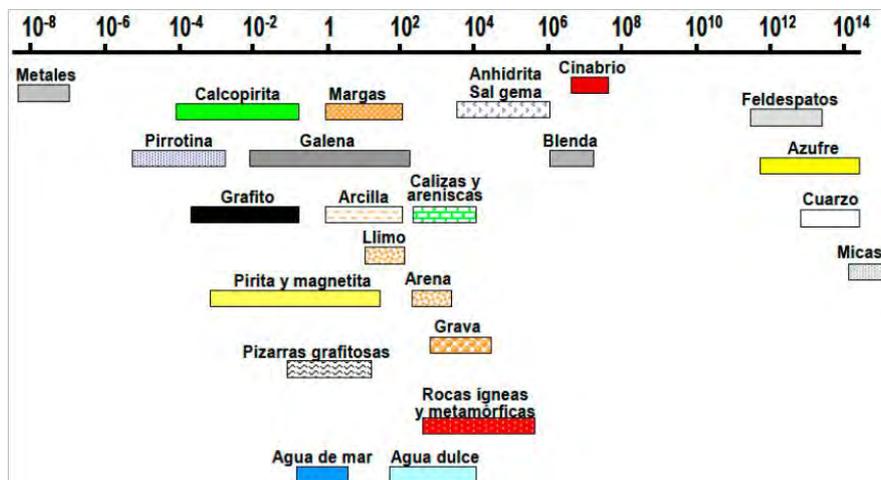


1.12.6 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (SEV)

Método geofísico relacionado a la hidrogeología, pues permite establecer la existencia de los diferentes horizontes geoelectrónicos en el subsuelo, los cuales representan formaciones o estratos geológicos, naturaleza que puede deducirse a partir de las resistividades de cada una de ellas. Además de formaciones con características de reservorios de aguas subterráneas que resulten apropiadas para una posterior explotación o aprovechamiento del recurso.

El método radica en la inyección de corriente continua en el terreno a través de un par de electrodos conocidos como de corriente y la determinación de la diferencia de potencial, a través de otro par de electrodos llamados de recepción. La magnitud de la resistividad depende, entre otras variables, de la distribución de las estructuras del subsuelo, de las distancias entre los electrodos y del tipo de configuración o arreglo geofísico. (Auge, 2008)

Figura 1.5 Valores de resistividades de rocas referenciales.



Fuente: Cartomex

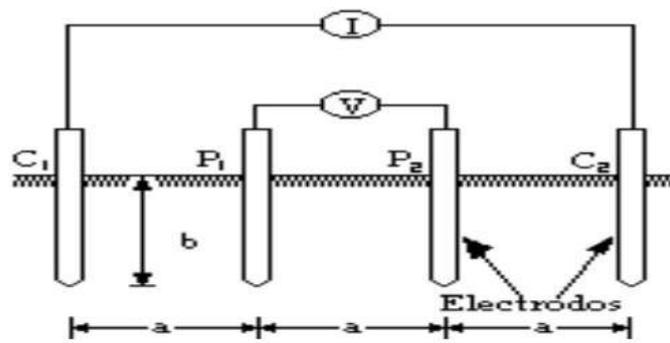
Método De Wenner.

En el año 1915, el Dr. Frank Wenner desarrolló la teoría de este método así mismo la ecuación que lleva su nombre. Con la finalidad de medir la resistividad de los materiales se insertan 4 electrodos en línea recta en el terreno. Dichos electrodos se disponen a una misma profundidad, las lecturas de

resistividad dependen de la distancia entre los electrodos y sobre todo de la resistividad misma del material, pero no dependen del tamaño y del material de los electrodos.

Este método se basa en la inyección de corriente continua teniendo como medio el subsuelo a través de dos electrodos llamados C1 y C2 mientras que los electrodos P1 y P2 permitirán la determinación de la diferencia de potencial; estos electrodos están enterrados con una separación equidistante. El cociente o razón entre V/I es conocida como resistencia aparente. Cabe indicar que la resistividad aparente del material depende de la resistencia aparente y de la geometría del electrodo.

Figura 1.6 Representación del método Wenner.



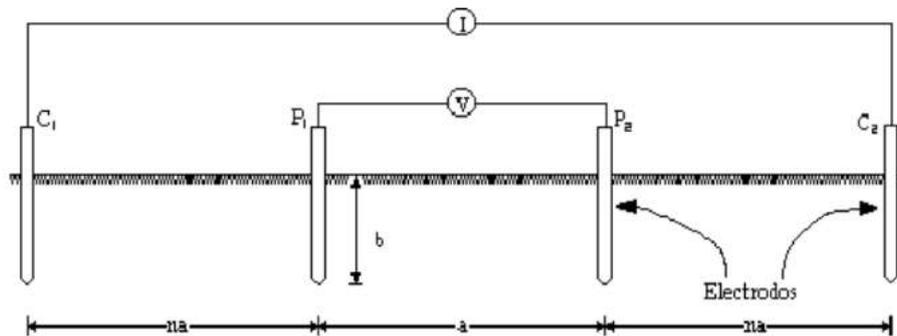
Fuente Ruelas, R. (2005).

En la figura se presenta un esquema de la disposición de los electrodos, en el cual se inyecta la corriente a través de los electrodos de corriente y la diferencia de potencial se mide en los electrodos interiores o receptores (Ruelas, 2005).

Método De Schlumberger

Este método es producto de la modificación del método de Wenner pues también se aplica 4 electrodos, con la diferencia en que las distancias no serán las mismas pues la separación entre los electrodos exteriores e interiores serán múltiplos de la distancia entre los electrodos interiores, la cual se mantiene constante. La distancia entre los electrodos interiores toma como medida máxima la quinta parte de la distancia entre los electrodos exteriores. El arreglo, así como la representación de la resistividad correspondiente a este método de medición se muestra en la siguiente figura.

Figura 1.7 Representación del método Schlumberger.



Fuente Ruelas, R. (2005).

El método de Schlumberger permite conocer las resistividades de horizontes más profundos a diferencia del método de Wenner que se enfoca en analizar los extremos de una línea geofísica, además de realizar una mayor cantidad de mediciones. Se recomienda realizar las mediciones cuando los electrodos se encuentren a 90° para evitar resultados erróneos. (Ruelas, 2005).

1.12.7 MÉTODOS DE PERFORACIÓN

La selección del método de perforación está estrechamente relacionada con la profundidad, el diámetro de perforación y sobre todo con la litología del terreno a perforar. Se conoce que la litología determina las propiedades hidrogeológicas por ende la presencia de acuíferos explotables para la captación de aguas subterráneas, además condiciona el método de perforación a utilizar ya que éste depende de la facilidad de los materiales a atravesar.

Esta relativa facilidad de los materiales está definida por una serie de características físicas de la roca, cabe mencionar a la resistencia mecánica en primer lugar además de parámetros como la dureza, fracturación, coherencia y carstificación, etc...

De todos los parámetros geomecánicos mencionados anteriormente viene a ser el más representativo y práctico al momento de perforar un terreno es la resistencia mecánica, el cual es determinado a través del ensayo a compresión simple. (Iglesias, 2015-2016)

1.12.7.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE PERFORACIÓN DE CAPTACIONES DE AGUA

El criterio que atiende a si el terreno “detrito” que se perfora es extraído de forma discontinua o continua permite una clasificación ordenada y práctica de los métodos de perforación para la captación de las aguas subterráneas. Por consiguiente, los métodos de perforación se dividen en dos grupos: tenemos los métodos continuos y por otro lado los métodos discontinuos, la característica principal para el primer grupo radica en que no es necesario detener la perforación para extraer el detrigo resultando ambas operaciones simultaneas mientras que en el segundo grupo ambas operaciones son distintas.

Pozos Profundos		
Continuos		Discontinuos
Rotación	Rotopercusión	Percusión
Circulación Directa	Circulación Directa	
Circulación Inversa	Circulación Inversa	

Tabla 1.2 Clasificación de métodos de perforación

Cabe mencionar que en el método continuo se utiliza el agua y el aire como fluidos básicos de perforación clasificándose a su vez en dos subtipos los cuales son: Circulación directa y circulación inversa, en el primer subtipo se utiliza una mezcla (agua con aditivos) para la perforación mientras que en el segundo subtipo el aire. (Iglesias, 2015-2016)

ROTACIÓN

La perforación por rotación, está basado en la aplicación del movimiento de rotación de un elemento cortante conocido como tricono el cual va situado en el fondo del sondeo con la finalidad de triturar la roca que encuentre a su paso.

En condiciones favorables se utiliza el aire como fluido de limpieza, pero en condiciones adversas y complejas se requiere el uso de espumas y lodos. Este cambio en el empleo de nuevas sustancias reduce los tiempos de perforación, logra alcanzar profundidades mayores y sobre todo reduce los costos.

Este sistema de perforación a rotación presenta dos variantes conocidos como circulación directa y circulación inversa ambas variantes se diferencian por el sentido de circulación del fluido; en el sistema a circulación directa una vez que el lodo recorre los conductos, retorna a la superficie arrastrando el “detritus”.

Cabe indicar que los perforistas de circulación directa para lograr aumentar la densidad y viscosidad del lodo utilizan arcillas del tipo bentonita, así como aditivos conocidos como poli plus; además de lubricar y refrigerar el tricono y sostener la pared del pozo.

Esta diferencia fundamental condiciona al hecho de que la variante conocida como circulación directa no se debe de aplicar en sondeos para captación de aguas subterráneas debido a que se puede contaminar el acuífero, de ahí que el método más eficaz sería el método de circulación inversa. (Iglesias, 2015-2016).

1.12.8 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE POZO

La ejecución de un pozo de captación de agua subterránea se efectúa de acuerdo con una serie de etapas que se describen a continuación: perforación, entubación, engravillado, desarrollo o limpieza y acabado final.

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE PERFORACIÓN

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los criterios para seleccionar el método de perforación más adecuado. Entre los parámetros que se toma en cuenta están: La litología (dureza, definida como la resistencia a la compresión), el diámetro y la profundidad de perforación. Como el límite para clasificar una perforación de diámetro grande o pequeño se estableció los 300 mm y en cuanto a la profundidad de captación se estableció en 100 m. (Iglesias, 2015-2016).

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla 1.3 Cuadro para la selección del método de perforación.

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DEL MÉTODO DE PERFORACIÓN PARA CAPTACIONES HIDROGEOLÓGICAS				
DUREZA	EJEMPLO DE LITOLOGÍA	DIÁMETRO	CAPTACIÓN SUPERFICIAL (<100m)	CAPTACIÓN PROFUNDA
MUY DURA Resistencia a compresión >2.000 kg/cm ²	Pizarras Cuarzitas Granitos Basaltos	Grande	X	X
		Pequeño (<300 mm)	RotoperCUSión con circulación directa	X
DURA Resistencia a compresión entre 800-2.000 kg/cm ²	Calizas duras Areniscas duras	Grande	RotoperCUSión con circulación directa (¿inversa?)	RotoperCUSión con circulación inversa
		Pequeño (<300 mm)	RotoperCUSión con circulación directa	RotoperCUSión con circulación directa (¿inversa?)
MEDIA Resistencia a compresión entre 200-800 kg/cm ²	Calizas Areniscas	Grande	RotoperCUSión con circulación directa (¿inversa?) ¿Rotación a circulación inversa?	RotoperCUSión con circulación Inversa ¿Rotación a circulación inversa?
		Pequeño (<300 mm)	RotoperCUSión con circulación directa ¿Rotación a circulación inversa?	RotoperCUSión con circulación directa (¿inversa?) ¿Rotación a circulación inversa?
BLANDA Resistencia a compresión < 200 kg/cm ²	Arenas Limos Margas Arcillas	Grande	Pozos abierto Percusión Rotación a circulación inversa	Percusión Rotación a circulación inversa
		Pequeño (<300 mm)	Rotación a circulación inversa	Rotación a circulación Inversa

Fuente Iglesias, (2015-2016).

Cabe señalar que García (2014) menciona que entre los sistemas de perforación que se recogen en el cuadro anterior no se incluye la perforación a rotación a circulación directa por ser un procedimiento que no se debería aplicar en captaciones hidrogeológicas, por el uso de lodos bentónicos y demás aditivos.

ENTUBACIÓN

En el caso de los pozos para captación de agua subterránea se instalará una bomba y otros elementos electromecánicos para la extracción de agua, lo que dará lugar a circulación del agua del acuífero hacia el pozo. Si los pozos de agua no se entubaran, al menos en la zona comprendida desde la superficie hasta donde se instale el grupo de bombeo, la circulación de agua podría producir desprendimientos y derrumbes que afectarían al equipamiento electromecánico.

El tipo de material que comúnmente se utiliza en la entubación de un pozo de agua suele ser el acero al carbono, el acero inoxidable y el PVC-U roscado. La ubicación de las tuberías se basa en los datos obtenidos por el control geológico y geofísico realizado, resultando en una columna de entubación el cual consiste en la alternancia de zonas de tubería ranurada o filtrante en los niveles productores detectados y zonas de tubería ciega donde no hay aporte. (Iglesias, 2015-2016).

ENGRAVILLADO

Después de ser llevado acabo la entubación respectiva en un pozo perforado en un acuífero, se procede a rellenar el espacio que resulta entre la tubería y la pared de pozo, llamado espacio anular. Para ello el diámetro de la grava a ser rellenada debe ser menor a la longitud del espacio anular a su vez viene determinada por la granulometría del acuífero perforado. Se sabe que en los acuíferos con porosidad secundaria resulta no importante el engravillado, aunque es preferible en algunas ocasiones, en todo caso la función fundamental de la grava viene a ser (Iglesias, 2015-2016):

- Estabilizar el terreno.
- Evitar el bombeo de arenas.
- Aumentar la permeabilidad en el entorno de las rejillas.



Foto N° 1.7 Cantera de gravilla que se utilizó en el pozo

DESARROLLO

Una vez finalizada el engravillado del pozo se procede a limpiarlo y desarrollarlo con el propósito de obtener el máximo caudal específico posible, que en la experiencia se traduce como la mayor rentabilidad de la inversión realizada. En la fase de inicio la operación de limpieza se consigue al extraer del pozo todos los restos de perforación (lodos, lamas), así como los detritus originados durante la perforación. (Iglesias, 2015-2016).

1.12.9 HIDROGEOQUÍMICA

Los análisis químicos consisten en la determinación de la conductividad, dureza, pH, alcalinidad. El manejo y estudio de la química de acuíferos puede facilitarse con el empleo de diagramas y gráficos como son los de Schoeller, Piper y Stiff, en especial cuando se trata de realizar comparaciones entre análisis o niveles acuíferos.

También es útil la elaboración de mapas hidrogeoquímicos donde se representen las variaciones de concentración iónica. En ellos, si se relacionan puntos de agua de un mismo acuífero y si la densidad de muestreo es suficiente, se pueden trazar isolíneas (por ejemplo de salinidad total, concentración de aniones y cationes, relación sodio/calcio, etc.), que darán una idea de las condiciones hidroquímicas del medio. (Ramírez Martín, Carlos E. y Rodríguez Donatien, Ariagna, junio 2009).

Diagramas de Piper

Los diagramas triangulares de Hill y Piper permiten representar un gran número de muestras en un sólo gráfico. En éstos, los triángulos de aniones y cationes ocupan los ángulos inferiores izquierdo y derecho con sus bases alineadas. La parte central del diagrama posee forma de rombo y sobre éste se proyectan los puntos de cada uno de los triángulos por medio de una recta paralela al borde superior del rombo. La intersección de estas dos rectas representa la composición del agua con respecto a una determinada agrupación de aniones y cationes. Para analizar el diagrama con más detalle, debe considerarse que para su construcción es necesario que los iones estén reducidos a porcentaje de

miliequivalentes por litro (meq/l). A cada vértice de un triángulo le corresponde el 100% de un catión o un anión. (Ramírez Martín, Carlos E. y Rodríguez Donatien, Ariagna, junio 2009).

Diagramas de Schoeller

En los Diagramas de Schoeller o de Columnas Verticales se representa el valor en miliequivalentes por litro (meq/l) de distintos aniones, cationes o una suma de ellos, utilizando una escala logarítmica, y uniendo los puntos mediante una secuencia de líneas. Si bien la escala logarítmica no es apropiada para observar pequeñas diferencias en la concentración de cada ion entre distintas muestras de agua, sí es útil para representar en un mismo diagrama aguas de baja y de alta salinidad, y analizar la relación entre iones asociada con la inclinación de las líneas. la muestra de agua que se esté analizando. (Ramírez Martín, Carlos E. y Rodríguez Donatien, Ariagna, junio 2009)

Diagramas de Stiff

En los Diagramas de Stiff o Poligonales se representan en escala logarítmica la concentración de aniones (hacia la derecha) y cationes (hacia la izquierda) en semirectas paralelas, uniendo los extremos generando un polígono. Sobre cada semirecta se toma un solo ion. La forma de las figuras resultantes da idea del tipo de agua, se presta a comparaciones, y resulta fácilmente demostrativa al insertarlas en mapas hidroquímicos. El valor de concentración se expresa en mili-equivalentes por litro (meq/l).

Para construir este tipo de gráfica se toman los valores en mg/l correspondiente a los aniones y cationes dados por el análisis químico realizado a la muestra en el laboratorio. Para hallar los miliequivalentes (meq) se dividen cada uno de los valores del compuesto entre la multiplicación del peso atómico del compuesto por la valencia del mismo, la siguiente tabla muestra los pesos atómicos de los compuestos requeridos para realizar el diagrama de Stiff. (Ramírez Martín, Carlos E. y Rodríguez Donatien, Ariagna, junio 2009)

2 CAPITULO II: GEOMORFOLOGÍA

2.1 ANÁLISIS DE PENDIENTES

Representa el relieve terrestre, expresado en pendientes (%) o en (grados) para la determinación del mapa de pendientes de nuestra zona de estudio se tiene primero que tener un mapa de curvas de nivel generado a partir de un DEM o mediante el levantamiento topográfico mediante el Dron, para así mediante una clasificación ya dada de pendientes anteriormente por el IRENA clasificarlas en nuestra zona de estudio con sus respectivas áreas.

Tabla 2.1 Resumen de pendientes en porcentajes y grados

IRENA (%)		INDECI (Grados)	
0-4%	Suave a ligeramente inclinado	0°-5°	Muy suave
4-8%	Regular a moderadamente inclinado	5°-10°	Suave
8-15%	Mediana a fuertemente inclinado	10°-15°	Media
15-25%	Fuerte a moderadamente empinado	15°-30°	Moderada
25-50%	Muy fuerte a empinado	30°-60°	Fuerte
50-75%	Muy empinado, zonas de escarpa	>60°	Muy fuerte
> 75%	Muy excesiva		

Fuente: INRENA – INDECI

Con el cuadro anterior se realizó el análisis de pendientes en nuestra zona de estudio:

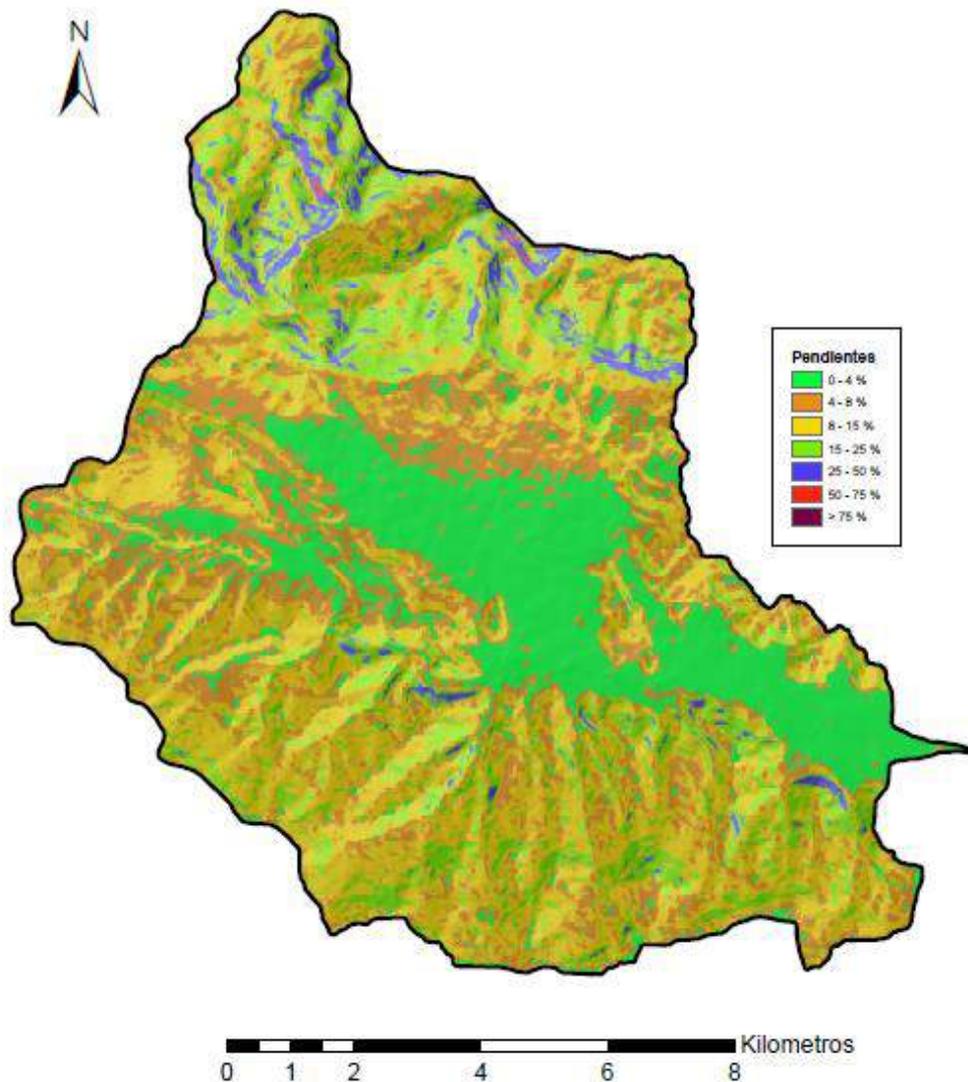
Tabla 2.2 clasificación de pendientes de la zona de estudio con su respectiva área

Rango	Descripción	Area (Km ²)	%
0-4%	Muy suave	24.02	19.89
4-8%	Suave	25.75	21.32
8-15%	Media	46.89	38.82
15-25%	Moderada	20.22	16.74
25-50%	Poco empinado	3.82	3.17
50-75%	Empinado	0.08	0.06
> 75%	Muy empinado	0.01	0.01
TOTAL		120.772	100

Fuente: Elaboracion Propia

Los resultados indican una predominancia de topografía medianamente inclinado en vertientes - quebradas y las planicies presentan una pendiente suave con piedemonte moderadamente inclinado, en conclusión, la zona presenta predominancia de pendientes mediana a fuertemente inclinado.

Figura 2.1 Mapa de pendientes de la microcuenca



Fuente: Elaboración Propia

2.2 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Se reconocieron 3 unidades geomorfológicas regionales: Cordillera Oriental, las Altiplanicies y la Cordillera Occidental además las unidades locales que se hallan dentro de estas (Carlotto, Willy Gil, Cárdenas y Chávez ,1996).

2.2.1 CORDILLERA ORIENTAL

Es una zona morfo-estructural fuertemente individualizada, ubicada al norte y noroccidental de la depresión de Anta. Esta unidad está bordeada por fallas NO-SE. Las partes más elevadas

frecuentemente se hallan con glaciares, los que muestran signos de retroceso y evidencias de anteriores glaciaciones. El límite inferior de las nieves se halla por lo general a 4,800 msnm. Además de los glaciares se aprecian, circos, valles en U y morrenas.

Las rocas pertenecientes a la Cordillera Oriental son rocas metamórficas del Paleozoico inferior y rocas volcánicas del Grupo Mitu (Permo-Triásico), las que se hallan cortadas por rocas intrusivas del Permiano inferior. La tectónica se manifiesta por pliegues asociados a un metamorfismo, fallas inversas y cabalgamientos. La Cordillera Oriental en la zona de estudio comprende tres cadenas de nevados, la Meseta de Colquepata y los Valles intracordilleranos:

2.2.2 ALTIPLANICIES

Esta unidad corresponde a una zona con relieves relativamente planos, presentando algunas cumbres que se alinean. Las Altiplanicies están mejor desarrolladas al sur y al norte limita con la Cordillera Oriental. El límite es bastante irregular y se hace a través de varias geoformas en donde se han diferenciado las siguientes: la Depresión de Anta, la Pampa de Maras, las Montañas de Cusco, la Depresión de Limatambo y la meseta de Chinchaypujio.

2.2.2.1 Depresión de Anta

Es una depresión alargada de dirección NO-SE, que tiene una longitud aproximada de 30 km. Esta depresión es amplia en la parte central, donde alcanza los 10 km de ancho, en tanto que hacia los extremos se angosta y se cierra. Es una zona bastante plana situada entre los 3,300 y 3,400 msnm. El material de relleno es principalmente fluvio-lacustre del Pleistoceno medio al Holoceno (Cabrera, 1988). Estas series se hallan afectadas por algunas fallas reactivadas durante las fases tectónicas cuaternarias. Actualmente, constituye una zona de pastizales y tierras de cultivo.

La depresión es atravesada por el río Cachimayo de sureste a norte y el río Pitumayo de NO a SE, los que se juntan para formar el río Huarcocondo, que se dirige al norte y desemboca en el río Urubamba. Esta unidad limita al sur con la Meseta de Chinchaypujio, al NE con la Pampa de Piuray-

Maras, al NO con las vertientes de las Montañas de Huayanay a través de una falla EO y al Oeste con la depresión de Limatambo.

La superficie plana de la depresión se halla interrumpida por algunas lomas intermedias donde destacan la de Catañiray, San Juan y Tambocancha. La loma de Catañiray está constituida por afloramientos de lutitas y yesos del Grupo Yuncaypata y por un cuerpo volcánico shoshonítico, en tanto que, la loma de San Juan, está compuesta por conglomerados de la Formación Anta. La loma de Tambocancha se halla constituida por rocas de la Formación Puquín, conglomerados de la Formación Anta y por algunos cuerpos intrusivos.

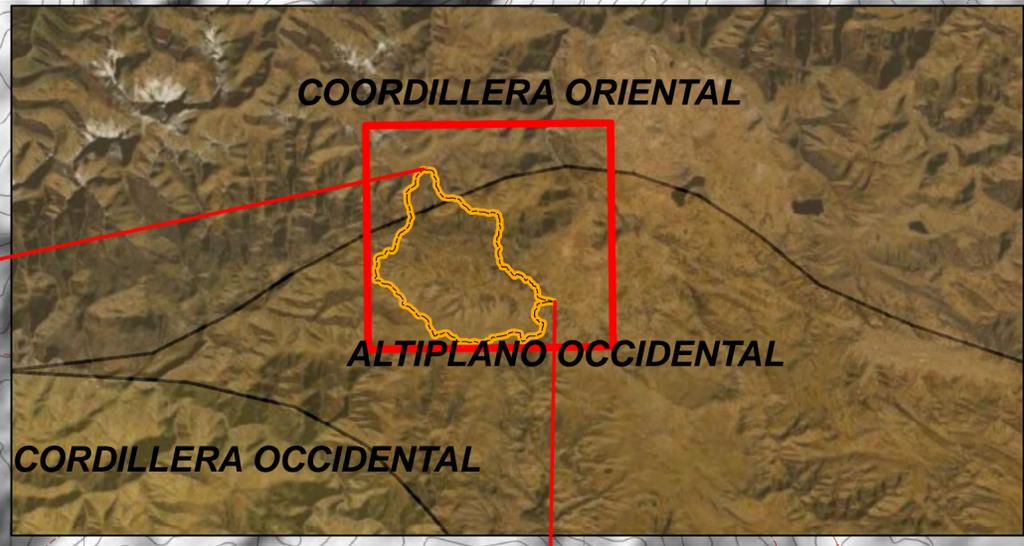
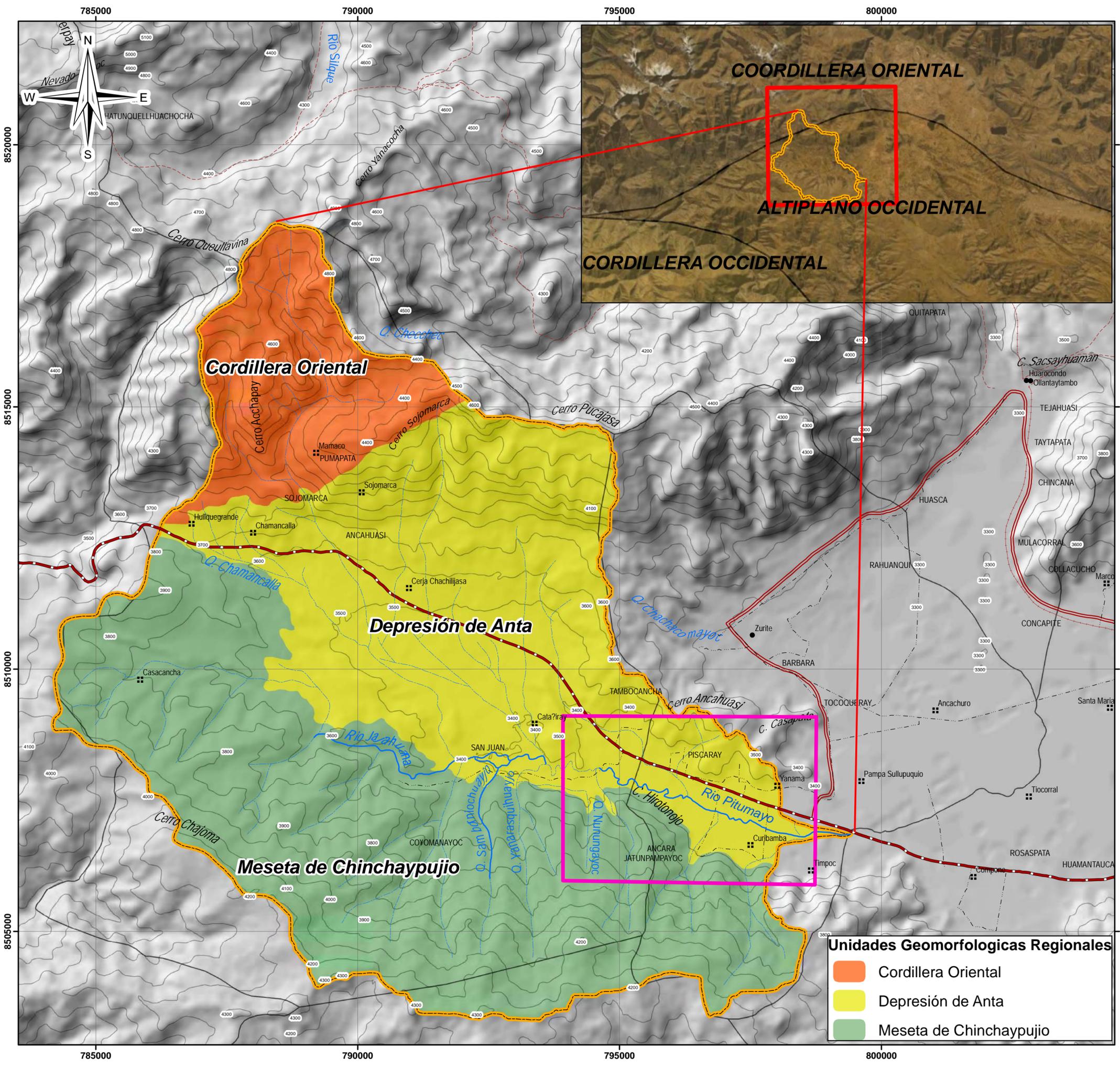


Foto N° 2.1 Se observa la depresión de Anta tomada desde una ladera de montaña disectada

2.2.2.2 Meseta de Chinchaypujio.

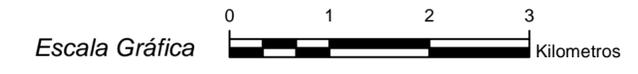
Constituye el borde Norte de las Altiplanicies propiamente dichas. Conformado por un relieve suave y truncado por una superficie de erosión que queda a una altura de 4,200 y 4,300 msnm. Esta superficie de erosión es la “Superficie Puna” descrita por Bowman (1916) y Mac Laughlin (1924).

La erosión que ha formado esta geoforma, se ha desarrollado sobre los conglomerados de la Formación Anta y rocas volcánicas que sobreyacen a dicha formación. A los bordes oriental y occidental de esta unidad, afloran areniscas y lutitas del Grupo San Jerónimo y rocas intrusivas del Batolito Andahuaylas-Yauri, respectivamente.



Simbología

- Curvas Principales
- Río principal
- Área de Estudio
- Quebrada
- Microcuenca
- Quebrada seca una parte del año
- Capital de distrito
- Red vial Nacional
- Comunidades
- Carretera afirmada, transitable
- Límite Distrital
- Camino de herradura
- Canal de Tierra
- Ferrocarril



Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

Unidades Geomorfológicas Regionales

- Cordillera Oriental
- Depresión de Anta
- Meseta de Chinchaypujio

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	
<p>TESIS: "EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"</p>	
<p>PLANO: MAPA GEOMORFOLÓGICO REGIONAL</p>	<p>Fecha: 15/02/2021 Escala: 1:50,000</p>
<p>Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga</p>	<p>Datum: WGS 84 Zona: 18 L</p>
<p>ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán</p>	<p>Nº PLANO: 2.1</p>

2.3 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

2.3.1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Las formaciones geológicas comprendidas dentro del área de estudio de era mesozoica a cenozoica además de los relieves característicos producto de la tectónica regional dan como origen una serie de subunidades geomorfológicas dentro de las cuales tenemos:

Tabla 2.3 Unidades Geomorfológicas

Morfoestructura	Unidad Geomorfológica	Sub Unidad Geomorfológica	Símbolo
Altiplanicie	Colina	Colina en roca sedimentaria disectada	Crstd
		Colina en roca Vulcano Sedimentaria disectada	Crvsd
		Colina en roca volcánica	C-rv
	Piedemonte	Piedemonte fluvio lacustre	P-fl
	Meseta	Meseta fluvio Lacustre	M-fl
	Altiplanicie	Altiplanicie sedimentaria	Ap-S

Fuente: Geocatmin.

A continuación, pasaremos a definir cada una de las subunidades Geomorfológicas:

COLINA EN ROCA SEDIMENTARIA DISECTADA:

Esta subunidad geomorfológica está presente al Norte de la zona de estudio, conformando las partes altas con superficies lisas en donde se puede encontrar afloramiento de areniscas y lutitas intercaladas con un buzamiento de 26° y con una dirección de buzamiento de Sur-Oeste, presentando una alteración moderada. La disectación está presente en este tipo de relieve debido a los escurrimientos de agua producto de las precipitaciones.



Foto N° 2.2 Colinas en roca sedimentaria disectada vista Nor-Este



Foto N° 2.3 Colinas en roca sedimentaria disectada en la parte alta de la zona de estudio

COLINA EN ROCA VULCANO SEDIMENTARIA DISECTADA

Está presente en la parte NNE de la zona de estudio, conformando las partes altas en donde se puede encontrar afloramientos de rocas vulcano sedimentarias, brechas con areniscas y lutitas de dirección NE-SW con alteración argílica, estas se encuentran ligeramente disectadas.



Foto N° 2.4 Colinas en roca vulcanosedimentaria

COLINA EN ROCA VOLCÁNICA

Esta subunidad geomorfológica está presente en la parte Este de la zona de estudio, conformado en su totalidad por rocas volcánicas que son producto de la brecha, con una forma de colina debido a la erosión y meteorización. Teniendo como altitudes que varían desde los 3420 a los 3500 m.s.n.m.

PIEDEMONTES FLUVIO LACUSTRE

Esta sub unidad presenta una extensión pequeña ubicado al pie de las colinas, conformado por lutitas, arcillas, arenas intercaladas con un tamaño homogéneo de origen lacustre.



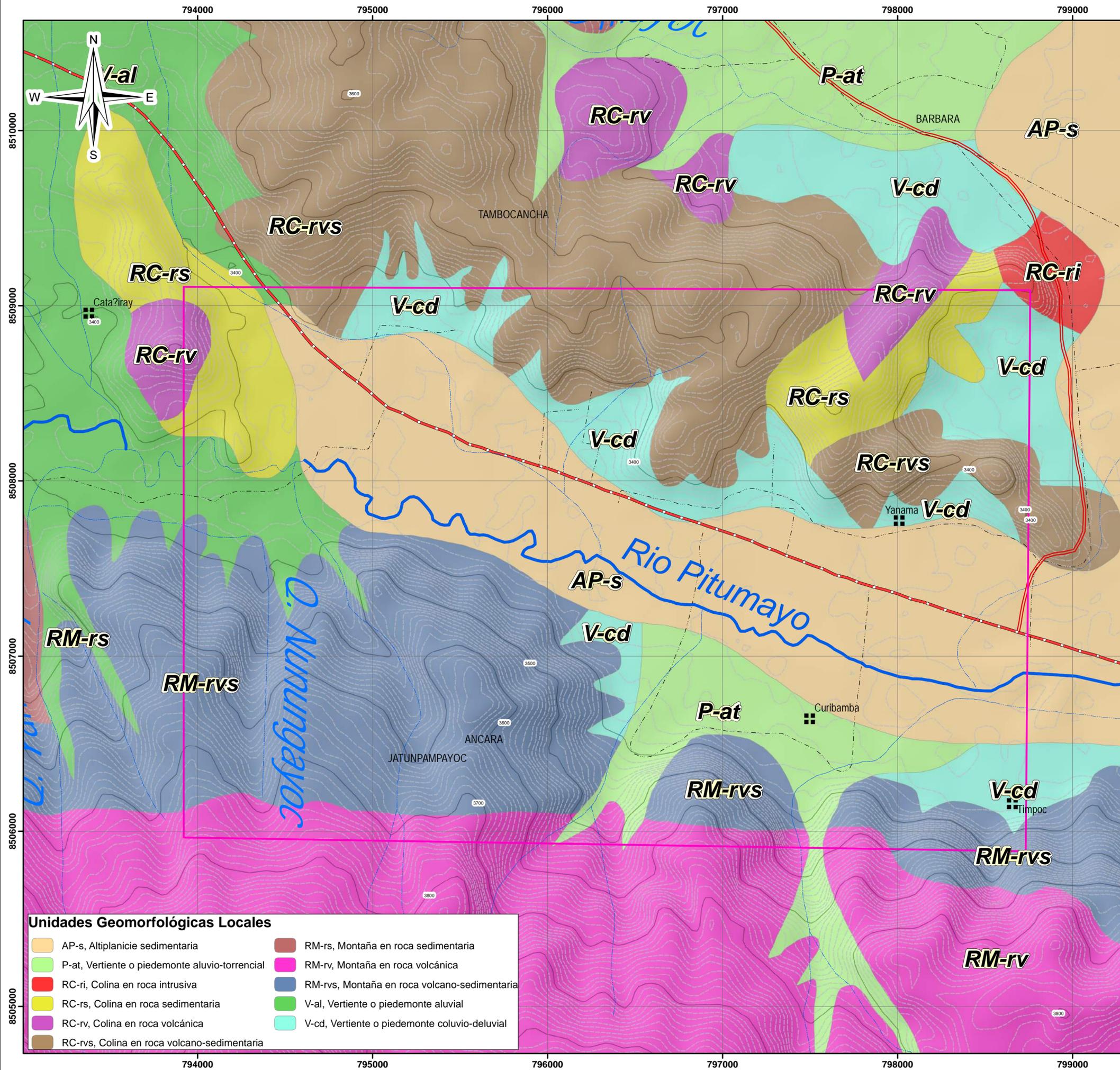
Foto N° 2.5 Pie de monte

MESETA FLUVIO LACUSTRE

Superficie ligeramente plana ubicada en la parte sur-oeste con una altitud por encima de los 3325m.s.n.m abarcando un área de importancia en la topografía, la cual está conformada por delgadas capas de depósitos aluviales y sobre todo lagunares pertenecientes al cuaternario que en la actualidad sirven como tierra de cultivo.

ALTIPLANICIE SEDIMENTARIA

Zona con relieve plano a gran altitud y extensa ubicada al NO de la zona de estudio que vendría a ser las pampas de Piuray - Maras y al sur que vendría a ser la Pampa de Anta.; mayormente está conformado por material cuaternario que en la actualidad sirve como tierras de cultivo.



Simbología

- Curvas Principales
- curvas secundarias
- Río principal
- Quebrada
- Quebrada seca una parte del año
- Área de Estudio
- Capital de distrito
- Comunidades
- Red vial Nacional
- Carretera afirmada, transitable
- Canal de Tierra



Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

Unidades Geomorfológicas Locales

AP-s, Altiplanicie sedimentaria	RM-rs, Montaña en roca sedimentaria
P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	RM-rv, Montaña en roca volcánica
RC-ri, Colina en roca intrusiva	RM-rvs, Montaña en roca volcano-sedimentaria
RC-rs, Colina en roca sedimentaria	V-al, Vertiente o piedemonte aluvial
RC-rv, Colina en roca volcánica	V-cd, Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
RC-rvs, Colina en roca volcano-sedimentaria	

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

TESIS:
 "EVALUACIÓN HIDROGEOLOGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGION CUSCO"

PLANO: MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL	Fecha: 15/02/2021 Escala: 1:15,110.2
Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga	Datum: WGS 84 Zona: 18 L
ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán	Nº PLANO: 2.2

3 CAPITULO III: GEOLOGÍA

3.1 GEOLOGÍA LOCAL

La presencia de arenas y arcillas, color pardo rojizo permite reconocer la formación San Sebastián los cuales se encuentran separados por brechas la que a su vez permite identificar al Grupo Tacaza; en algunos casos presentan fuerte fracturamiento con laminaciones cruzadas en los sedimentos cuaternarios, por otra parte, se observa algunas venillas de Calcita y Yeso cristalizado en la parte alta de la zona de estudio.

Estos afloramientos en su mayoría Buzan al Sur – Oeste con ángulo promedio de 26°.

3.1.1 Formación Vilquechico (Ks-vi) Cretácico superior

La presencia de afloramientos de lutitas con intercalaciones de areniscas en la parte norte de la zona de estudio permite reconocer la formación Vilquechico.

Dichas intercalaciones entre lutitas y areniscas presentan un buzamiento de 22°, con una orientación Nor-Oeste.

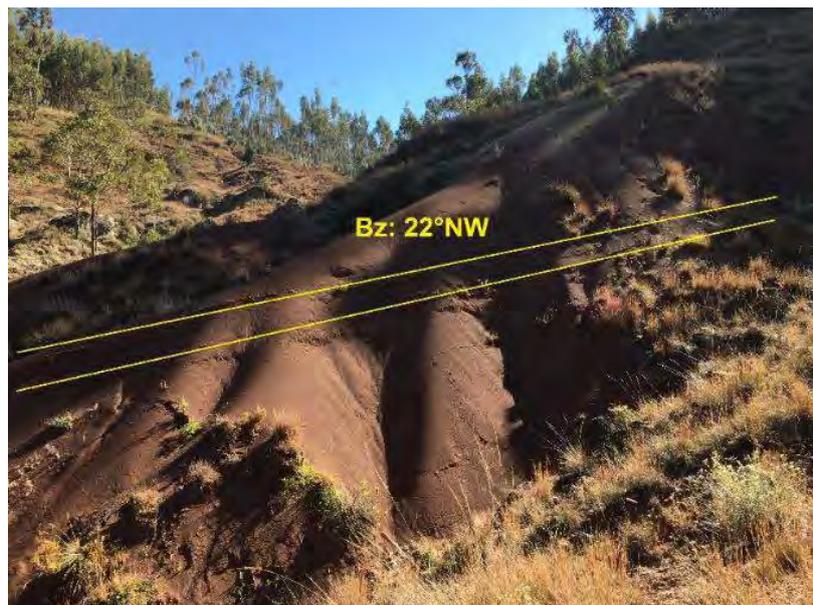


Foto N° 3.1 Afloramiento de la formación Vilquechico.

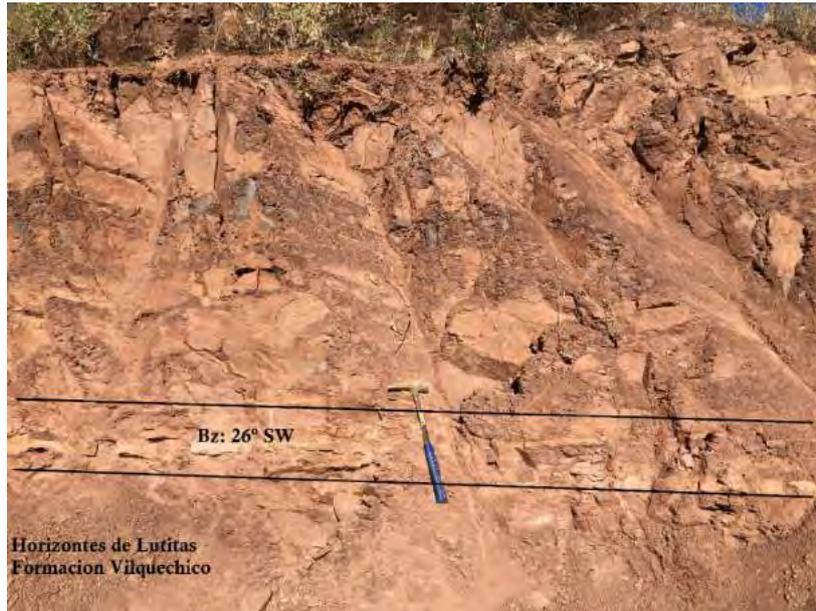


Foto N° 3.2 Horizontes de Lutitas de la Formación Vilquechico

3.1.2 Grupo Tacaza - Paleógeno Neógeno

La ocurrencia en la parte Nor-oriental de la zona de estudio de diques de andesitas con alteración propílica en algunas zonas, así como alteración argílica en otras; permite reconocer la formación de depósitos vulcano sedimentarios, ya que se presentan intercalaciones de areniscas blancas cuarzosas, lutitas junto a los diques.

Así mismo en la parte Nor-occidental se presentan brechas con clastos volcánicos, en donde se permitió reconocer la formación lavas de brechas.

A continuación, pasaremos a definir las sub unidades identificadas las cuales son las siguientes:

3.1.2.1 Lava Brecha (PoNm-ta/lbr) Paleógeno Neógeno

Se encontró brechas volcánicas en la parte Nor occidental de la zona de estudio, debido a que presenta clastos nodulosos de composición volcánica así mismo con una matriz fina de la misma composición evidenciándose alteración argílica en algunas zonas.



Foto N° 3.3 Brecha volcánica con clastos nodulosos de composición volcánica.

3.1.2.2 Formación Ichucollo (PoNm-ta/ich) Paleógeno Neógeno

En la parte Norte dentro de la formación Vilquechico se encontraron diques andesíticos que se encuentran atravesando a dicha formación, así mismo se presentan lavas andesíticas compuestas por biotita y fenocristales de plagioclasas fuertemente fracturadas debido a la plantación de eucaliptos en la parte Nor Oriental de la zona de estudio.

La alteración presente en las lavas andesíticas es propilítica debido a que se presentan minerales ferromagnesianos como la biotita y augita la cual a su vez presentan una atracción magnética que nos sirvió para identificar a este tipo de formación.



Foto N° 3.4 Dique Andesítico del Grupo Tacaza cortando las Lutitas de la Formación Vilquechico

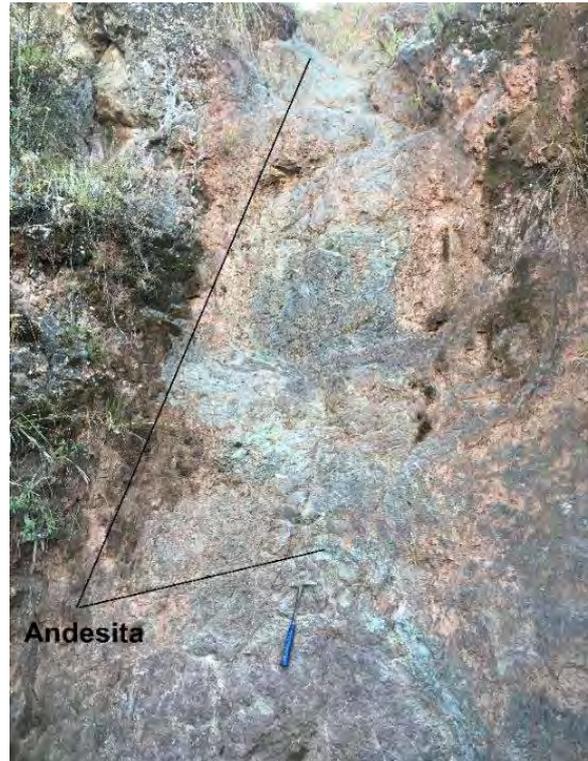


Foto N° 3.5 Lavas Andesíticas en la parte Nor Oriental de la zona de estudio

3.1.3 Formación San Sebastián (Qpl–Sa)

La presencia de material cuaternario compuesto de arenas, limos y arcillas de coloración rojiza en la parte sur de la zona de estudio permite reconocer a la formación San Sebastián.

3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El territorio regional es manifestado por unidades morfo estructurales caracterizados por un estilo tectónico propio como: Cordillera Oriental, Zona intermedia Altiplano-cordillera Oriental, Altiplano y el borde de la cordillera Occidental.

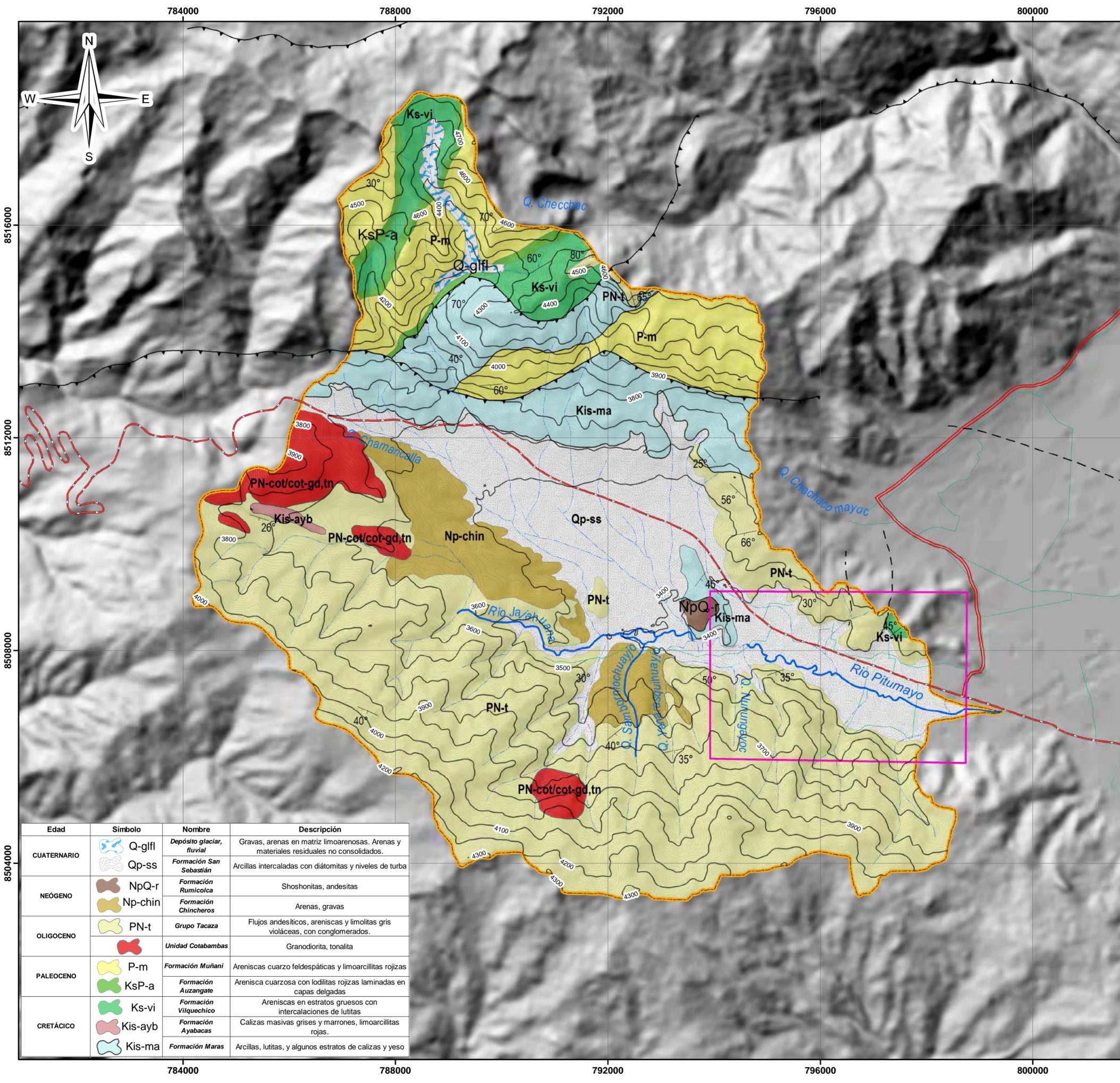
Los rasgos estructurales regionales especialmente las fallas que rodean la zona de estudio afectan directamente a las formaciones y al acuífero. Localmente la falla Zurite origina un sistema de fallas en el basamento rocoso, la que actualmente se encuentra activa.

3.2.1 FALLAS

A escala regional las principales estructuras, se describen como un sistema de fallas de dirección NW-SE. Localmente en la zona de estudio se encuentra la falla activa Zurite-Huarocondo la cual describiremos a continuación:

3.2.1.1 FALLA ZURITE-HUAROCONDO

Tiene 20 kms de extensión aproximadamente, es una falla de dirección NW-SE, separa la depresión de Anta con la Cordillera Oriental. El bloque norte está compuesto por las rocas del Grupo San Jerónimo y el sur por la cobertura meso-cenozoica, que es el bloque hundido. Esta falla ha jugado antiguamente como falla de rumbo sinextral e inversa, pero durante el Cuaternario como normal. Esta falla jugo un papel importante para la recarga de los acuíferos. (Cabrera,1988).



Simbología

- Curvas Principales
- Curvas Secundarias
- Área de Estudio
- Microcuenca
- Río principal
- Quebrada
- Quebrada seca una parte del año
- Canal de Tierra
- Red vial Nacional
- Carretera afirmada, transitible
- Rumbo y buzamiento de estratos
- Falla inversa
- Falla inferida



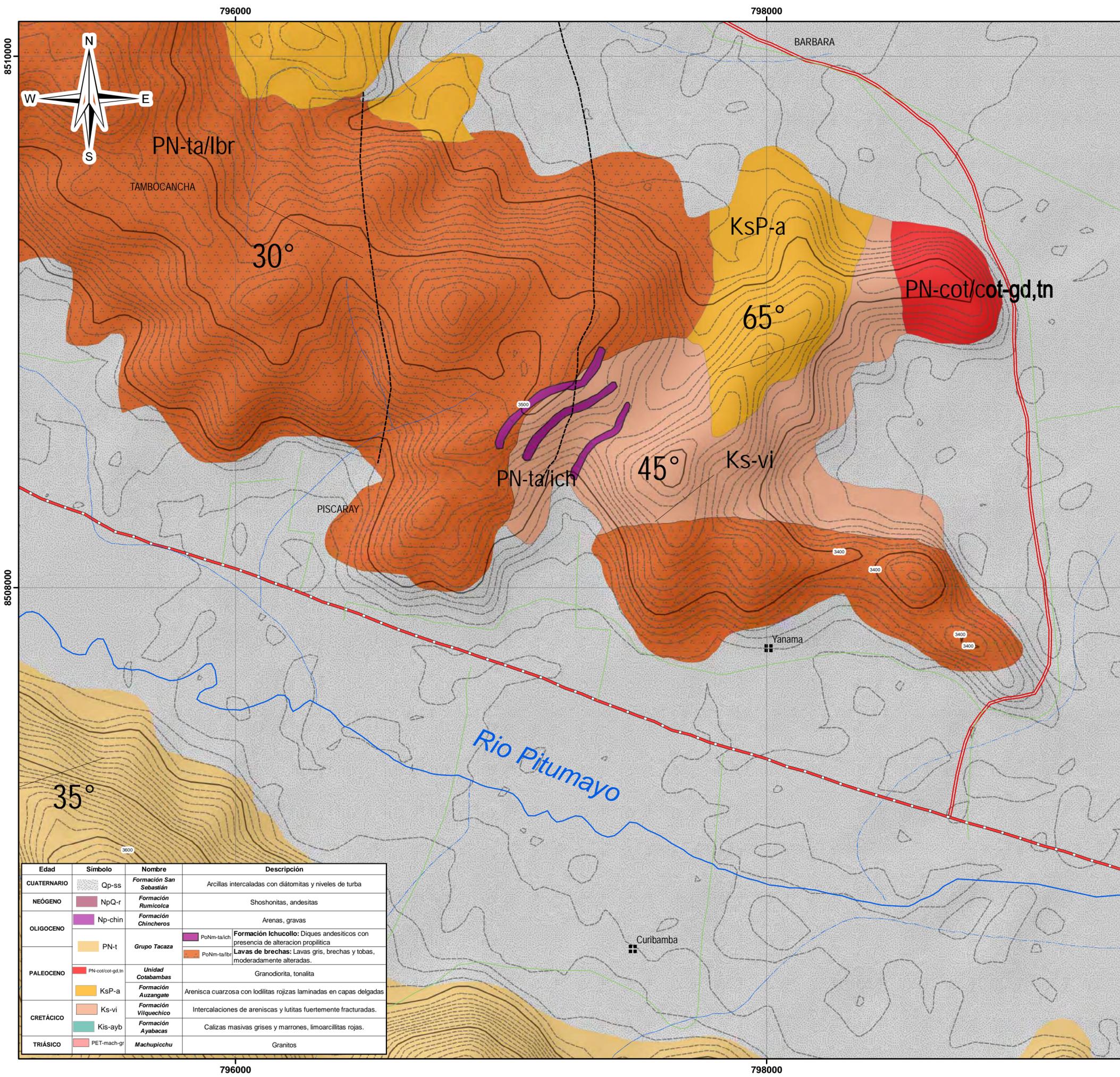
Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

Edad	Símbolo	Nombre	Descripción
CUATERNARIO		Depósito glaciar, fluvial	Gravas, arenas en matriz limoarenosas. Arenas y materiales residuales no consolidados.
		Formación San Sebastián	Arcillas intercaladas con diatomitas y niveles de turba
NEÓGENO		Formación Rumicolca	Shoshonitas, andesitas
		Formación Chincheros	Arenas, gravas
OLIGOCENO		Grupo Tacaza	Flujos andesíticos, areniscas y limolitas gris violáceas, con conglomerados.
		Unidad Cotabambas	Granodiorita, tonalita
PALEOCENO		Formación Muñani	Areniscas cuarzo feldespáticas y limoarcillitas rojas
		Formación Auzangate	Arenisca cuarzosa con lodilitas rojas laminadas en capas delgadas
CRETÁCICO		Formación Vilquechico	Areniscas en estratos gruesos con intercalaciones de lutitas
		Formación Ayabacas	Calizas masivas grises y marrones, limoarcillitas rojas.
		Formación Maras	Arcillas, lutitas, y algunos estratos de calizas y yeso

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS:
"EVALUACIÓN HIDROGEOLOGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"

PLANO: MAPA GEOLÓGICO REGIONAL	Fecha: 15/02/2021 Escala: 1:50,000
Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga	Datum: WGS 84 Zona: 18 L
ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán	Nº PLANO: 3.1



- Simbología**
- Curvas Principales
 - curvas secundarias
 - Capital de distrito
 - Comunidades
 - Canal de Tierra
 - Rio principal
 - Quebrada
 - Quebrada seca una parte del año
 - Red vial Nacional
 - Carretera afirmada, transitable
 - Falla inversa
 - Falla inferida
 - Rumbo y buzamiento de estratos



Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

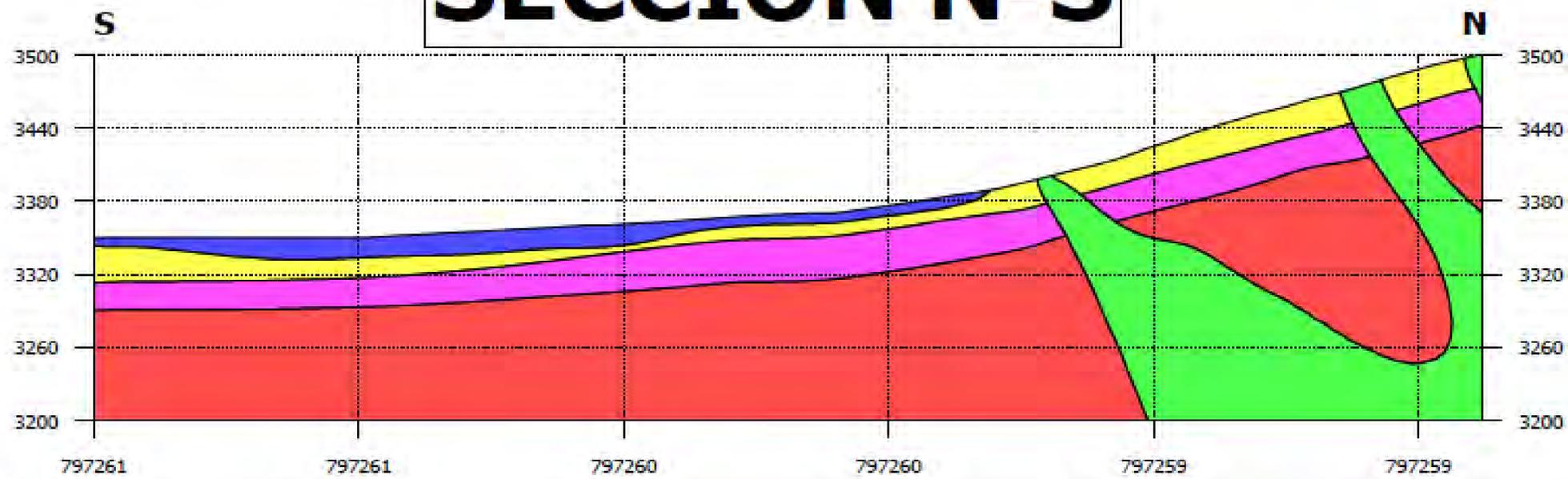
Edad	Símbolo	Nombre	Descripción
CUATERNARIO	Qp-ss	Formación San Sebastián	Arcillas intercaladas con diatomitas y niveles de turba
NEÓGENO	NpQ-r	Formación Rumicolca	Shoshonitas, andesitas
OLIGOCENO	Np-chin	Formación Chincheros	Arenas, gravas
	PN-t	Grupo Tacaza	PoNm-talich Formación Ichucollo: Diques andesíticos con presencia de alteración propilitica PoNm-ta/lbr Lavas de brechas: Lavas gris, brechas y tobas, moderadamente alteradas.
PALEOCENO	PN-cot/cot-gd,tn	Unidad Cotabambas	Granodiorita, tonalita
	KsP-a	Formación Auzangate	Arenisca cuarzosa con lodlitas rojizas laminadas en capas delgadas
CRETÁCICO	Ks-vi	Formación Vilquechico	Intercalaciones de areniscas y lutitas fuertemente fracturadas.
	Kis-ayb	Formación Ayabacas	Calizas masivas grises y marrones, limoarcillitas rojas.
TRIÁSICO	PET-mach-gr	Machupicchu	Granitos

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

TESIS:
 "EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"

PLANO: MAPA GEOLÓGICO LOCAL	Fecha: 15/02/2021 Escala: 1:10,000
Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga	Datum: WGS 84 Zona: 18 L
ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán	Nº PLANO: 3.2

SECCIÓN N-S



Scale: 1:4,500

Vertical exaggeration: 1x



LEYENDA

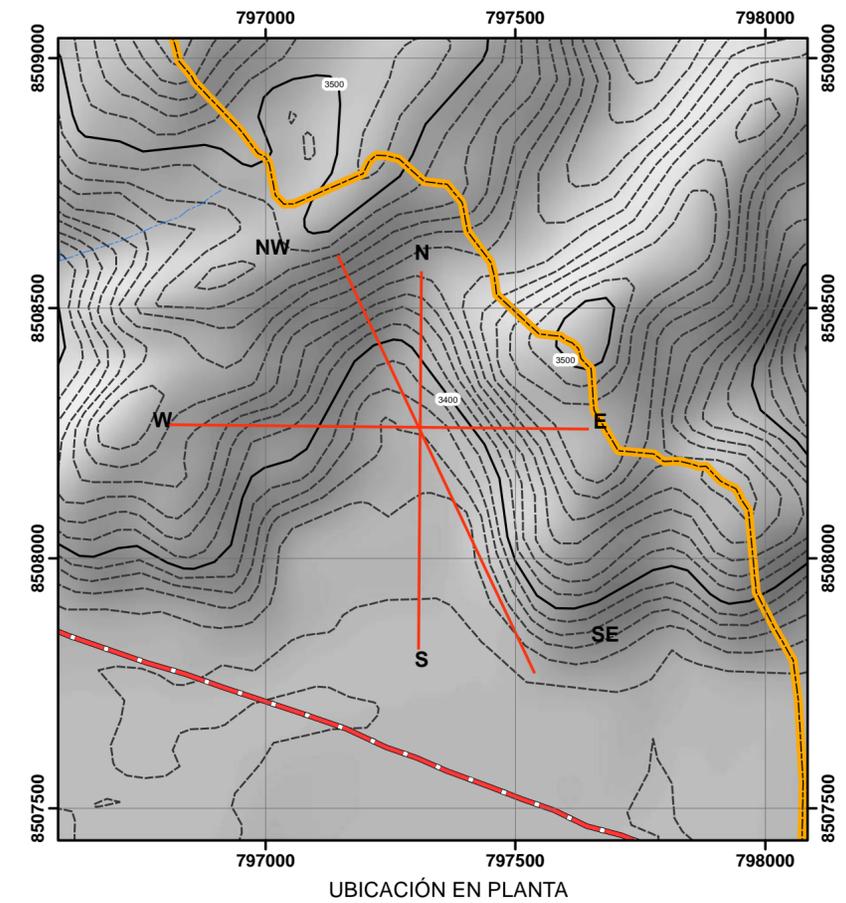
- ICHUCOLLO
- SAN SEBASTIÁN
- VILQUECHICO LUTITAS - ARENISCAS
- VILQUECHICO ARENISCAS
- VILQUECHICO LUTITAS

UBICACIÓN

S: 797261.3, 8507710.3, 3500.6

N: 797258.6, 8508758.9, 3500.6

Responsable dept. GEOLOGIA	Técnical reference SEC_02	Creator JOSE DELGADO & RONALD ORTEGA	Approved by G&S ALLPA CONSULTORES S.A.C
Legal owner G&S ALLPA CONSULTORES S.A.C		Document type SECCIÓN GEOLÓGICA	Document status 01/01
		Title SECCIÓN S-N	Identification number 02
		Rev. GEO	Date of issue 18/09/2019
			Sheet 02



Simbología

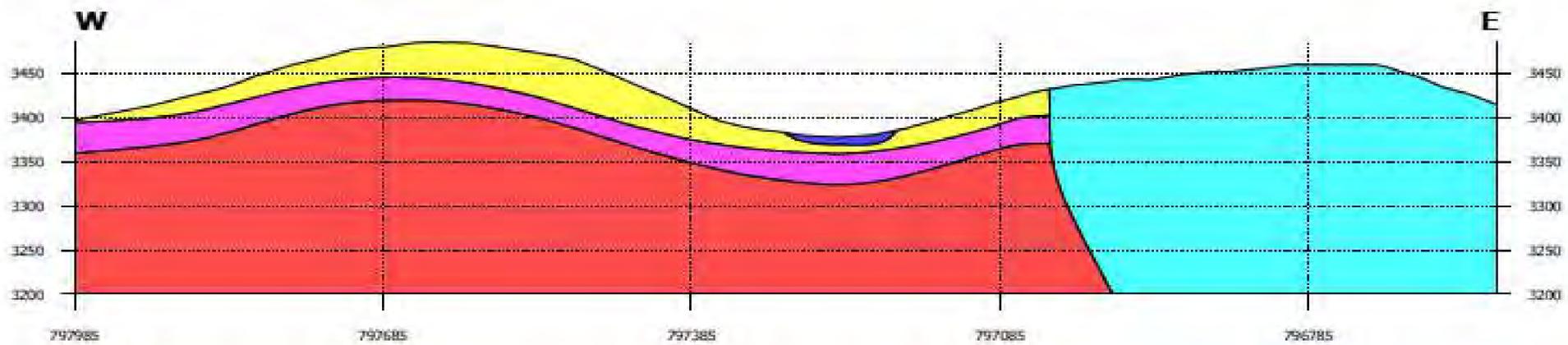
- Curvas Principales
- curvas secundarias
- Microcuenca
- Rio principal
- Quebrada
- Quebrada seca una parte del año
- Red vial Nacional
- Carretera afirmada, transitable
- Camino de herradura
- Ferrocarril



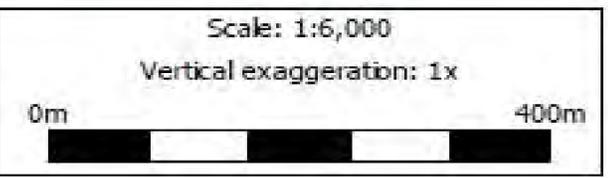
Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	
<p>TESIS: "EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"</p>	
<p>PLANO: SECCIÓN GEOLÓGICA N-S</p>	<p>Fecha: 20/02/2021 Escala: 1:10,000</p>
<p>Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga</p>	<p>Datum: WGS 84 Zona: 18 L</p>
<p>ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán</p>	<p>Nº PLANO: 3.3</p>

SECCIÓN W-E

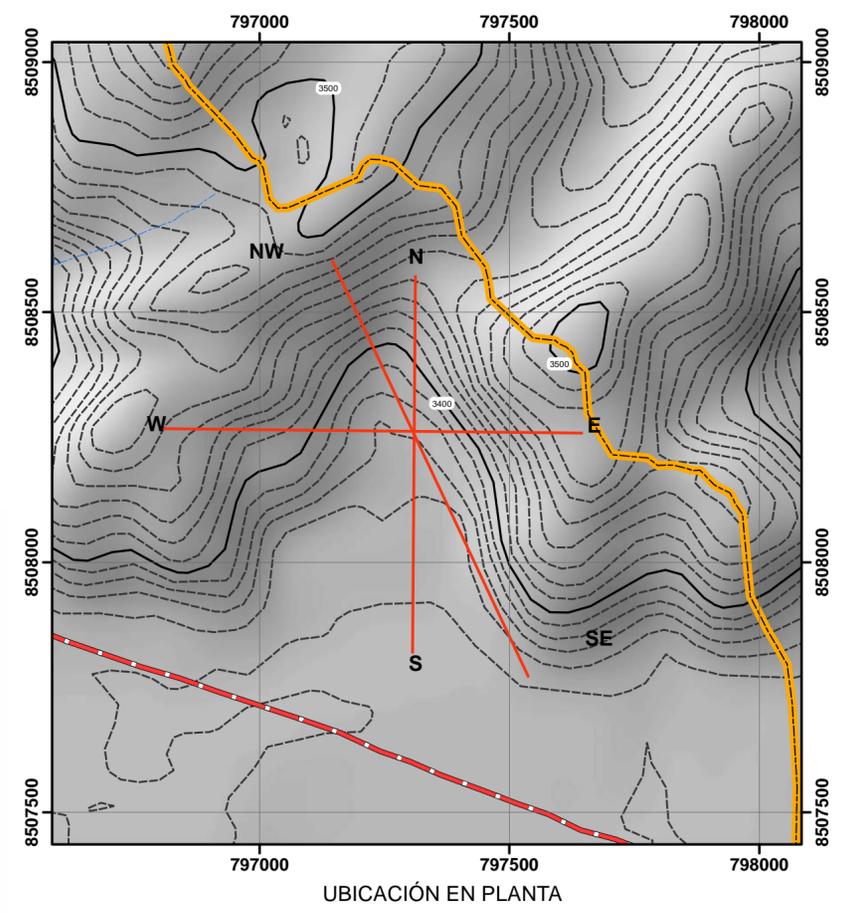


LEYENDA	
■ LAVAS DE BRECHA	■ VILQUECHICO ARENISCAS
■ SAN SEBASTIÁN	■ VILQUECHICO LUTITAS
■ VILQUECHICO LUTITAS - ARENISCAS	



UBICACIÓN
W: 797984.9, 8508326.7, 3485.2
E: 796601.0, 8508324.7, 3485.2

Responsible dept. GEOLÓGIA	Technical reference SEC_01	Creator JOSE DELGADO & RONALD ORTEGA	Approved by G&S ALPA CONSULTORES S.A.C
Legal owner G&S ALPA CONSULTORES S.A.C		Document type SECCIÓN GEOLÓGICA	Document status 01/01
		Title SECCIÓN W-E	Identification number 01
		Rev. GEO	Date of issue 18/09/2019
			Sheet 01



Simbología

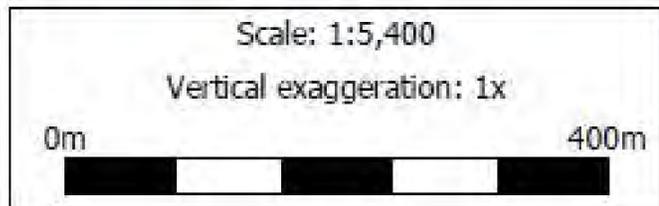
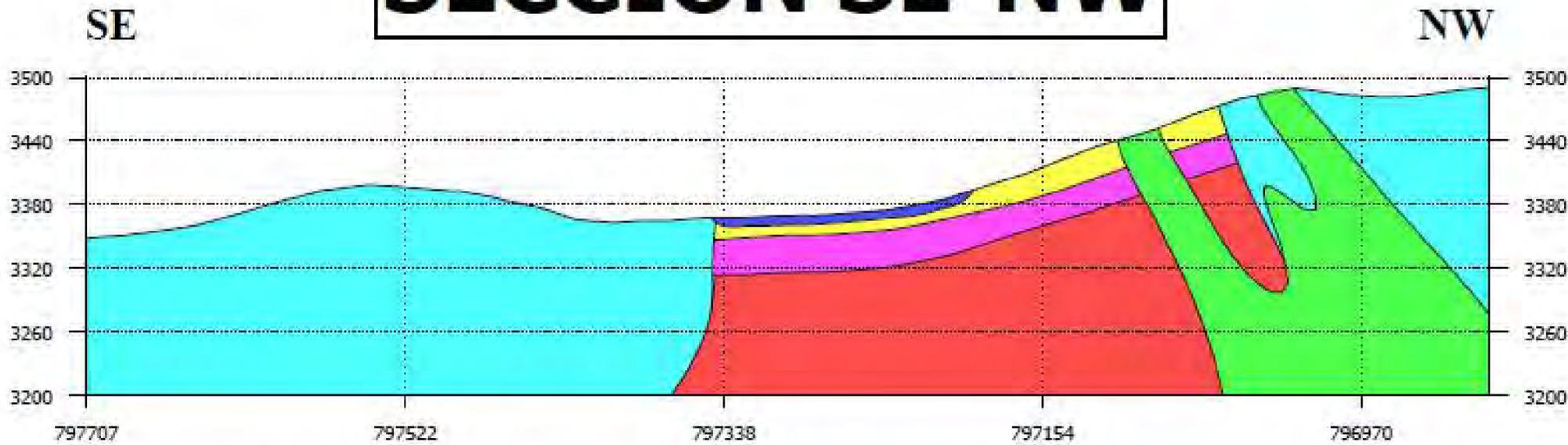
- Curvas Principales
- curvas_secundarias
- Microcuenca
- Rio principal
- Quebrada
- Quebrada seca una parte del año
- Red vial Nacional
- Carretera afirmada, transitable
- Camino de herradura
- Ferrocarril



Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

TESIS: "EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"	
PLANO: SECCIÓN GEOLÓGICA W-E	Fecha: 20/02/2021 Escala: 1:10,000
Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga	Datum: WGS 84 Zona: 18 L
ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán	Nº PLANO: 3.4

SECCIÓN SE-NW

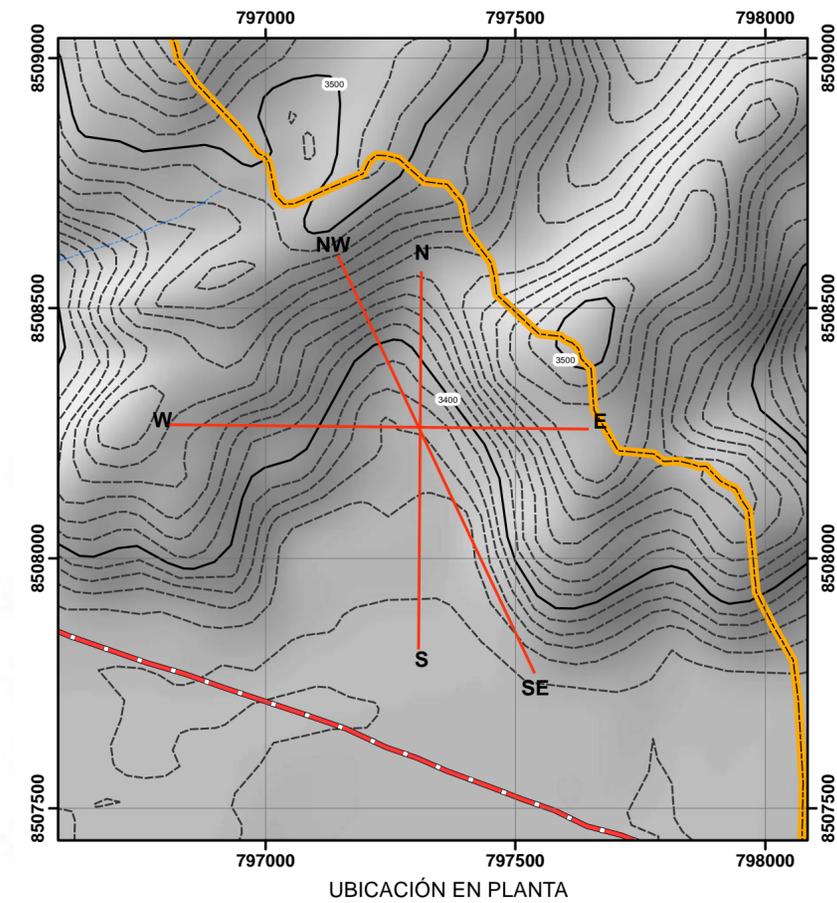


LEYENDA	
ICHUCOLLO	VILQUECHICO LUTITAS - ARENISCAS
LAVAS DE BRECHA	VILQUECHICO ARENISCAS
SAN SEBASTIÁN	VILQUECHICO LUTITAS

UBICACIÓN

SE: 797706.6, 8507710.3, 3501.2
NW: 796895.5, 8508758.9, 3501.2

Responsible dept. GEOLOGÍA	Technical reference SEC_03	Creator RONALD ORTEGA & JOSE SANTIAGO	Approved by G&S ALLPA CONSULTORES S.A.C
Legal owner G&S ALLPA CONSULTORES S.A.C	Document type SECCIÓN GEOLÓGICA	Document status 01.01	Identification number 03
	Title SECCIÓN NW-SE	Rev GEO	Date of issue 18/09/2019
		Sheet 03	



Simbología

- Curvas Principales
- curvas_secundarias
- Microcuenca
- Rio principal
- Quebrada
- Quebrada seca una parte del año
- Red vial Nacional
- Carretera afirmada, transitable
- Camino de herradura
- Ferrocarril



Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	
<p>TESIS: "EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANEZER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"</p>	
<p>PLANO: SECCIÓN GEOLÓGICA NW-SE</p>	<p>Fecha: 15/02/2021 Escala: 1:10,000</p>
<p>Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga</p>	<p>Datum: WGS 84 Zona: 18 L</p>
<p>ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán</p>	<p>Nº PLANO: 3.5</p>

4 CAPÍTULO IV: HIDROLOGÍA

4.1 HIDROGRAFÍA DE LA MICROCUENCA DEL RIO PITUMAYO

La Microcuenca del río Pitumayo se encuentra dentro de la cuenca del río Vilcanota y/o Urubamba sus puntos extremos se hallan entre 13°23' y 13°31' Latitud Sur 72°22' y 72°14' Longitud Oeste. El cauce principal de la Microcuenca tiene una longitud de 19.98 kilómetros.

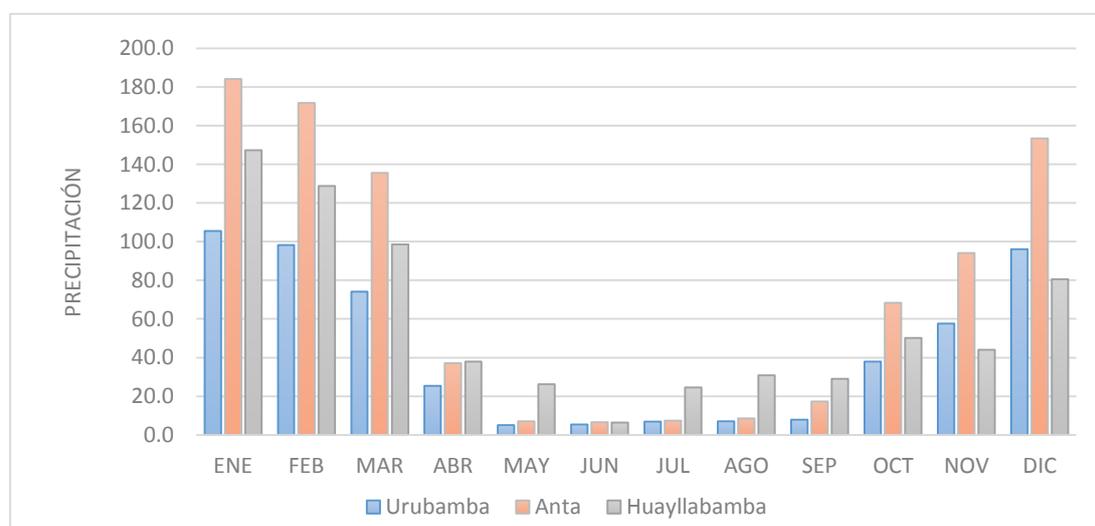
4.2 PARÁMETROS HIDROMETEOROLÓGICOS

Para obtener estos parámetros se debe tener en cuenta el período húmedo que en nuestra zona de estudio que corresponde a los meses de Octubre a Marzo y un período seco entre Abril a Septiembre durante el período seco se registran mínimas lluvias. De manera extraordinaria en algunos meses se presentan tormentas en la zona de estudio donde los valores de precipitación alcanzan un máximo estas tormentas ocurren mayormente en los meses de Noviembre y Diciembre.

4.2.1 PRECIPITACIÓN

La precipitación obtenida por la estación Anta-Ancachuro la más cercana a nuestra zona de estudio alcanza un total anual de 891.3 mm y en los meses de invierno es casi nula (ver tabla 4.1). La variación de la precipitación por estaciones se aprecia en el Gráfico 4.1.

Gráfico 4.1 Variación de precipitación media mensual por estaciones



Fuente: Elaboración Propia

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla 4.1 Precipitación media mensual por estaciones

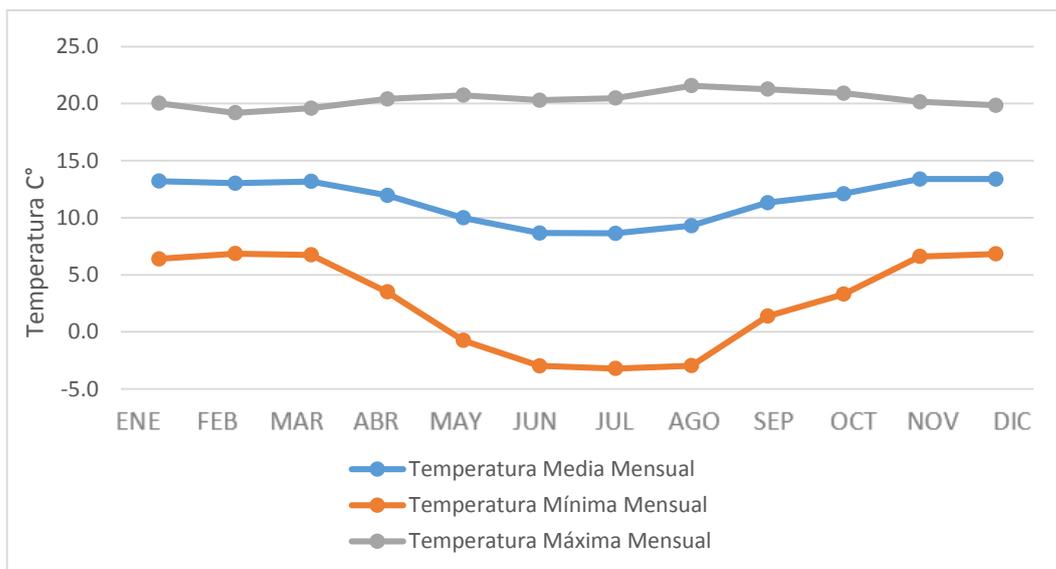
ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Urubamba	105.5	98.3	74.1	25.5	5.1	5.4	6.9	7.1	7.9	37.9	57.6	96.0	527.2
Anta	184.1	171.7	135.6	37.1	7.0	6.6	7.3	8.6	17.3	68.4	94.1	153.4	891.3
Huayllabamba	147.3	128.9	98.6	37.9	26.2	6.4	24.5	30.8	29.0	50.2	44.1	80.5	704.3

Fuente: SENAMHI

4.2.2 TEMPERATURA

La temperatura media anual alcanza 11.5°C con variaciones de 13.4°C en Diciembre y 8.6°C en Julio. La temperatura mínima media anual es de 2.6°C, con valores extremos en Julio -3.2°C y marzo con 6.9°C, estas variaciones se observan en la Gráfico 4.2

Gráfico 4.2 Temperatura media mensual de la estación Anta Ancachuro



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.2 Temperatura media, mínima y máxima mensual de la estación Anta Ancachuro

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2019	13.2	13.0	13.2	12.0	10.0	8.7	8.6	9.3	11.3	12.1	13.4	13.4	
TEMPERATURA MINIMA MENSUAL (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2019	6.4	6.9	6.7	3.5	-0.8	-3.0	-3.2	-3.0	1.4	3.3	6.6	6.8	
TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2019	20.0	19.2	19.6	20.4	20.7	20.3	20.5	21.6	21.3	20.9	20.2	19.9	

Fuente: SENAMHI

4.2.3 HUMEDAD RELATIVA

En términos generales se observa que en los meses de Mayo a Setiembre, se registra una disminución de la humedad relativa media período que viene acompañado al de temperaturas medias.

Los valores mensuales observados en la estación climatológica ordinaria Anta Ancachuro son detallados en la tabla 4.3, donde se aprecia que el módulo medio anual es de 78.9% para el período comprendido del 2013 al 2019.

Los valores mínimos registrados varían de 57 1% a 75.9% en los meses de Julio y Febrero respectivamente. Así mismo, los valores máximos observados corresponden a 91.3% en el mes de Agosto y 94% en el mes de Marzo.

Tabla 4.3 Humedad relativa mensual de la estación Anta Ancachuro

Elemento meteorológico	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
Humedad relativa (%)	92.3	91.4	94	64.8	74.7	73.1	75.9	91.3	90.4	89.6	88.7	90.1	78.9

Fuente: SENAMHI

4.3 PARÁMETROS HIDROLÓGICOS

4.3.1 CAUDAL DEL RÍO PITUMAYO

El caudal registrado fue obtenido a través de uno de los métodos de área y velocidad, método de aforo para ríos el cual consiste en determinar el área de una sección transversal de la corriente y la velocidad del agua a través de ésta.

Debido a que el cauce no está bien definido se procedió a determinar a través del sondeo, para ello se contó con que la parte superior de la sección limitada por el agua es horizontal. Teniendo como premisa lo anterior se procedió a la separación de los sondeos, la cual dependerá del ancho de la corriente.

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla 4.4 Separación de sondeo en función del ancho de la corriente

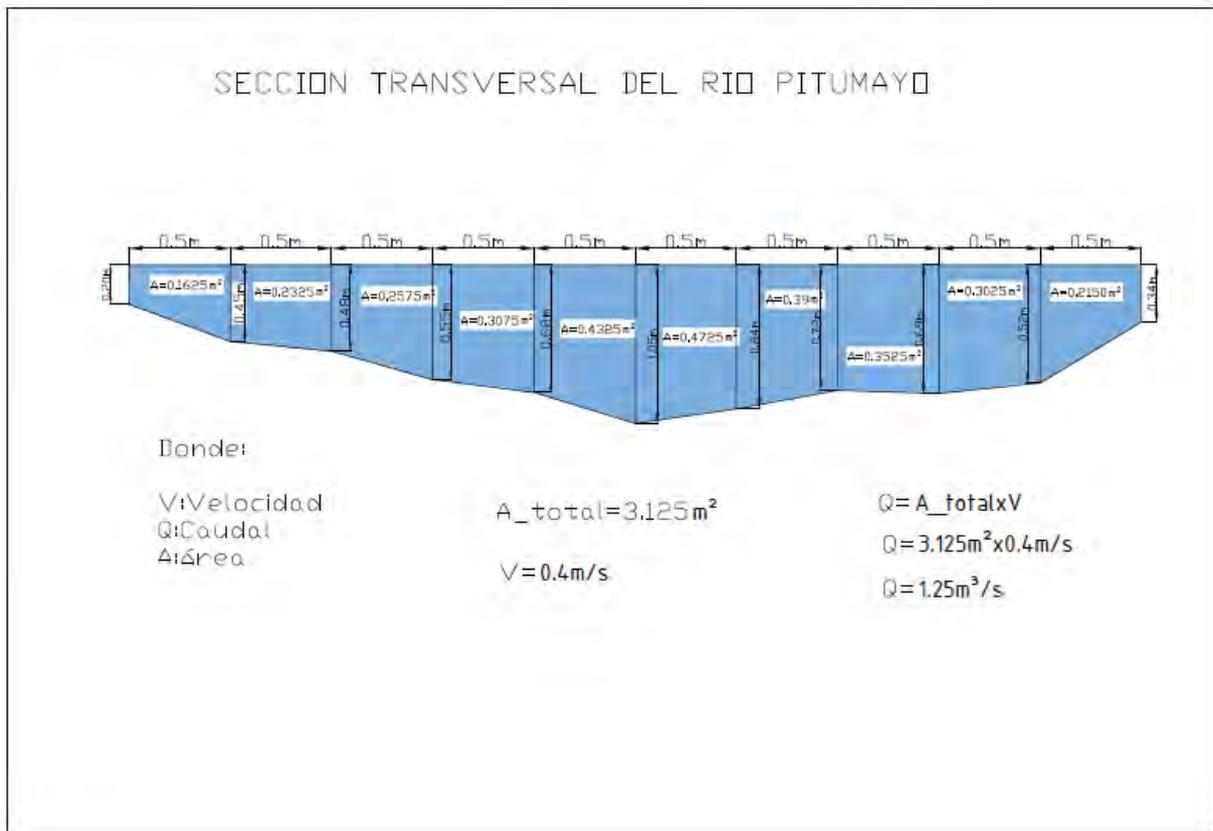
Ancho de la corriente (m)	Espaciamiento (m)
Hasta 1.2	0.2-0.3
1.2 a 5	0.3-0.5
5 a 10	0.5-1.0
10 a 50	1.0-5.0
50 a 100	5.0-10
Más de 100	10.0-20.0

Fuente: Instituto mexicano de tecnología del agua

Nuestro ancho de corriente corresponde a 5 m para lo cual se tomó un espaciamiento 0.5 resultando 10 secciones, obteniéndose el área de cada sección por ende el área total.

La determinación de la velocidad del agua se realizó empleando un objeto flotador ayudado de un cronómetro, tomando como punto de partida a 2 m de la sección transversal de la corriente.

Figura 4.1 Sección Transversal del Rio Pitumayo



Fuente: Elaboración propia

4.4 PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

El análisis de los parámetros geomorfológicos para la Microcuenca del río Pitumayo, se observan a continuación:

Tabla 4.5 Parámetros geomorfológicos de la Microcuenca

PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PITUMAYO			
PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	CANTIDAD
Área de la microcuenca	A	Km^2	120.770
Perímetro de la microcuenca	P	Km	55.891
Longitud de la microcuenca	L	Km	22.159
Ancho promedio	Ap	Km	6.042
Coefficiente de compacidad	Kc	--	1.43
Factor de forma	Ff	--	0.30
Rectángulo equivalente	RE	Km	22.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.6 Parámetros fisiográficos de la Microcuenca

PARAMETROS FISIGRÁFICOS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PITUMAYO			
PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	CANTIDAD
Longitud del cauce principal	L	Km	19.989
Altitud máxima	Cmax	msnm	4808
Altitud mínima	Cmin	Msnm	3330
Altitud media	Cme	msnm	3798

Fuente: Elaboración propia

4.4.1 ÁREA DE LA MICROCUENCA (A)

$$A \text{ microcuenca} = 120.770 \text{ Km}^2$$

4.4.2 PERÍMETRO DE LA MICROCUENCA (P)

$$P \text{ microcuenca} = 55.891 \text{ Km}$$

4.4.3 LONGITUD DE LA MICROCUENCA (L)

$$L \text{ microcuenca} = 22.159 \text{ Km}$$

4.4.4 ANCHO PROMEDIO DE LA MICROCUENCA (Ap)

Parámetro que relaciona el área de la Intercuenca y la longitud del cauce principal, cuya fórmula es la siguiente:

$$Ap = \frac{A}{L}$$

Donde:

Ap = Ancho promedio de la cuenca (Km)

A = Área de la cuenca (Km²)

L = Longitud del cauce principal (Km)

El ancho promedio de la Microcuenca del río Pitumayo es 6.042Km lo que indica que la microcuenca es regularmente redondeada con tendencia a ser alargada.

4.4.5 COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Kc)

Llamada también índice de Gravelius que establece la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área equivalente a la superficie de la cuenca correspondiente. El índice de Gravelius representa la forma de la superficie de la cuenca, según su delimitación, y está relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

Cuando el valor de Kc tienda a uno, la cuenca tendrá una forma casi circular y en cuencas muy alargadas, el valor de Kc sobrepasa a 2.

Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Kc = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

K = Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad.

P = Perímetro de la cuenca (km).

A = Área de la cuenca (km²).

El coeficiente de compacidad para la Microcuenca del río Pitumayo es de 1.43, esto significa que la Microcuenca es regularmente redondeada con tendencia a ser alargada.

4.4.6 FACTOR FORMA (Ff)

Es uno de los parámetros que explica la elongación de una cuenca. Se expresa como la relación entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal.

El parámetro está definido por la siguiente expresión:

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

Ff = Factor de Forma

A = Área de la cuenca (km²).

L= Longitud del cauce principal (km)

El factor de forma de la Microcuenca del río Pitumayo es 0.30 que indica que la microcuenca es ligeramente alargada, pero está sujeta a crecidas de los ríos como es costumbre por ser ligeramente redondeada.

Tabla 4.7 Rangos aproximados del Factor de Forma

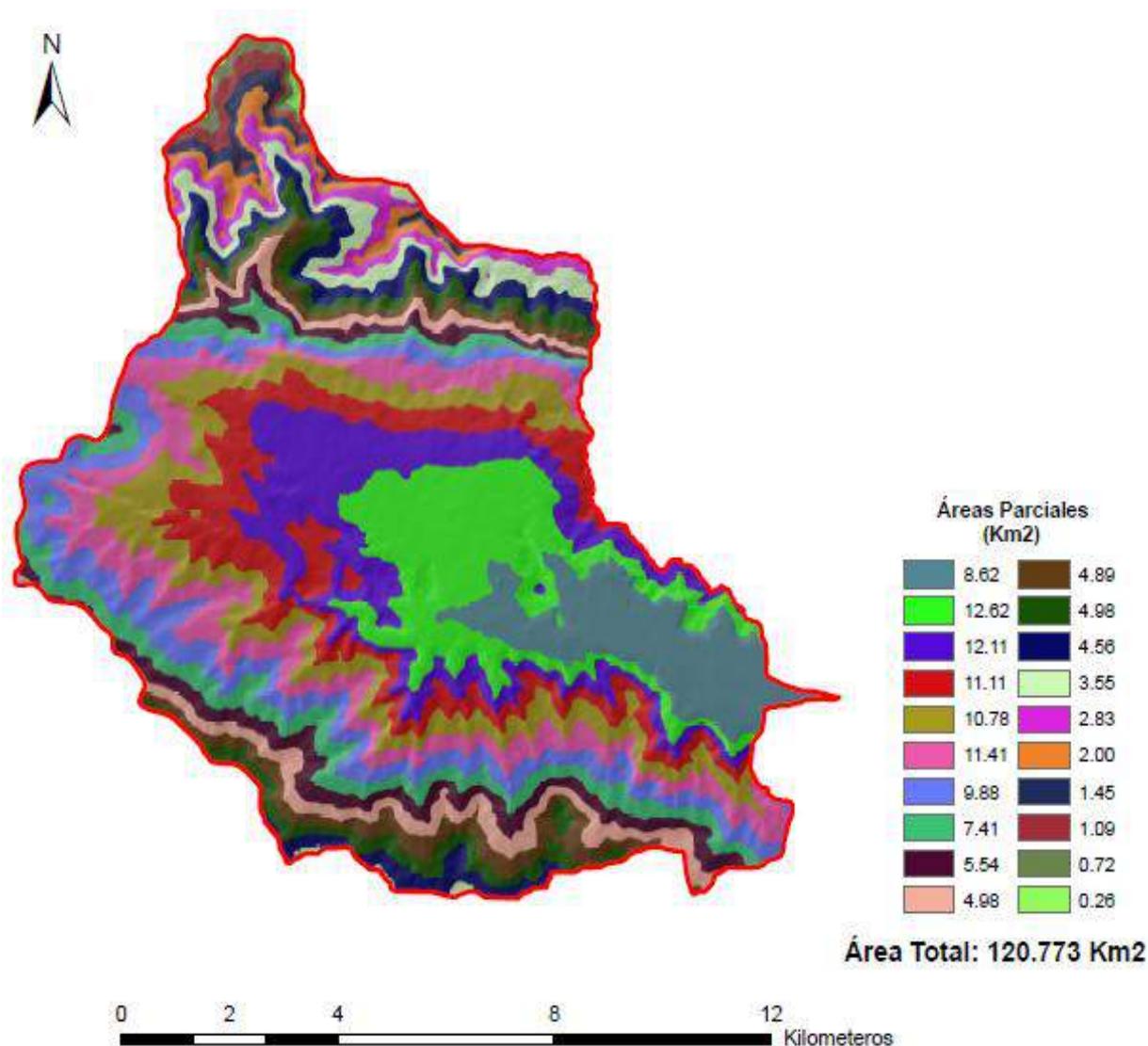
Factor de forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: Pérez, 1979

4.4.7 ALTITUD MEDIA DE LA MICROCUENCA (Hm)

Del plano se ha obtenido los siguientes valores, expuestos en la Tabla 4.8:

Figura 4.2 Áreas parciales de la Microcuenca



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.8 Altitud media de la Microcuenca

Cm (msnm)	CM (msnm)	Cmd (hi) (msnm)	Áreas Parciales (si)		Cmd*Area (hi*Si) (mnsn*km2)
			(Km2)	(%)	
3330	3404	3367	8.62	7.13	29,012.4
3404	3478	3441	12.62	10.45	43,436.0
3478	3552	3515	12.11	10.02	42,553.1
3552	3626	3589	11.11	9.20	39,871.6
3626	3700	3663	10.78	8.93	39,478.6
3700	3773	3736	11.41	9.44	42,619.6
3773	3847	3810	9.88	8.18	37,627.4
3847	3921	3884	7.41	6.14	28,782.7
3921	3995	3958	5.54	4.59	21,922.0
3995	4069	4032	4.98	4.12	20,064.0
4069	4143	4106	4.89	4.05	20,090.2

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

4143	4217	4180	4.98	4.13	20,828.2
4217	4291	4254	4.56	3.77	19,379.9
4291	4365	4328	3.55	2.94	15,374.0
4365	4439	4402	2.83	2.34	12,447.3
4439	4512	4475	2.00	1.66	8,952.7
4512	4586	4549	1.45	1.20	6,592.8
4586	4660	4623	1.09	0.90	5,017.4
4660	4734	4697	0.72	0.60	3,401.6
4734	4808	4771	0.26	0.21	1,232.8
Área Total (Km2)			120.77	100.00	458,684.3
Elevación Media (msnm)		3,798.00			

Dónde: Cm: Cota menor, CM: Cota mayor, Cmd: Cota media.

De lo siguiente obtendremos la altitud media de la Microcuenca del rio Pitumayo:

$$Hm = \frac{\Sigma(hi * Si)}{Area}$$

$$Hm = 458,684.3/120.77$$

Entonces:

$$Hm = 3,798.00 \text{ msnm.}$$

Por consiguiente, la altitud media de la Microcuenca del rio Pitumayo es 3798 msnm.

4.4.8 CURVA HIPSOMÉTRICA

La curva hipsométrica indica el porcentaje de área de la cuenca o bien la superficie de la cuenca que existe por encima de cierta cota determinada. Las curvas hipsométricas también son asociadas con las edades de los ríos de las Respectivas cuencas.

Del plano Hidrográfico, se determinó los siguientes valores mostrados en la Tabla.

Tabla 4.9 Porcentaje del área de la Microcuenca que queda por encima y por debajo de la altitud

Cm	CM	Cmd	Área		Área Acumulada		Área Acumulada	
					Debajo		Encima	
(msnm)	(msnm)	(msnm)	(Km2)	(%)	(Km2)	(%)	(Km2)	(%)
3330	3404	3367	8.617	7.13	8.62	7.13	120.77	100.00
3404	3478	3441	12.624	10.45	21.24	17.59	112.16	92.87
3478	3552	3515	12.107	10.02	33.35	27.61	99.53	82.41
3552	3626	3589	11.110	9.20	44.46	36.81	87.43	72.39
3626	3700	3663	10.779	8.93	55.24	45.74	76.31	63.19
3700	3773	3736	11.406	9.44	66.64	55.18	65.54	54.26
3773	3847	3810	9.875	8.18	76.52	63.36	54.13	44.82
3847	3921	3884	7.410	6.14	83.93	69.49	44.25	36.64
3921	3995	3958	5.538	4.59	89.47	74.08	36.84	30.51
3995	4069	4032	4.976	4.12	94.44	78.20	31.31	25.92
4069	4143	4106	4.893	4.05	99.34	82.25	26.33	21.80

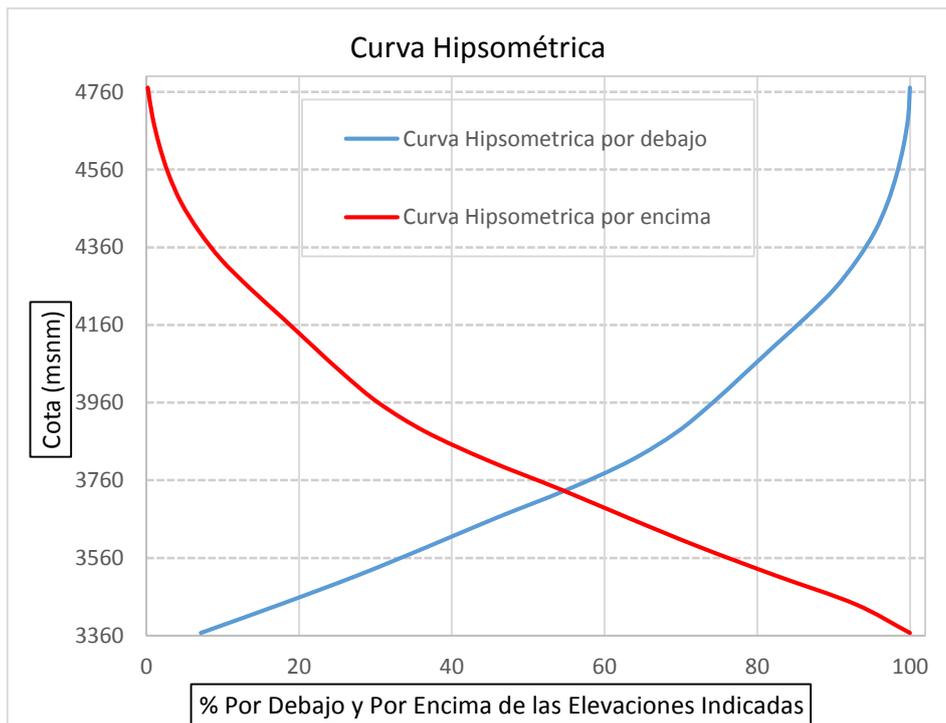
“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

4143	4217	4180	4.983	4.13	104.32	86.38	21.44	17.75
4217	4291	4254	4.556	3.77	108.87	90.15	16.45	13.62
4291	4365	4328	3.553	2.94	112.43	93.09	11.90	9.85
4365	4439	4402	2.828	2.34	115.26	95.43	8.35	6.91
4439	4512	4475	2.000	1.66	117.26	97.09	5.52	4.57
4512	4586	4549	1.449	1.20	118.70	98.29	3.52	2.91
4586	4660	4623	1.085	0.90	119.79	99.19	2.07	1.71
4660	4734	4697	0.724	0.60	120.51	99.79	0.98	0.81
4734	4808	4771	0.258	0.21	120.77	100.00	0.26	0.21
Área total (Km2)			120.773	100.00				

Dónde: Cm: Cota menor, CM: Cota mayor, Cmd: Cota media.

Una forma de expresar la curva hipsométrica es considerando el porcentaje del área de la Microcuenca que queda por encima y por debajo de la altitud, con los datos del Grafico 4.3 se obtiene que los ríos de la microcuenca del rio Pitumayo están en fase de vejez.

Gráfico 4.3 Curva Hipsométrica



Fuente: Elaboración Propia

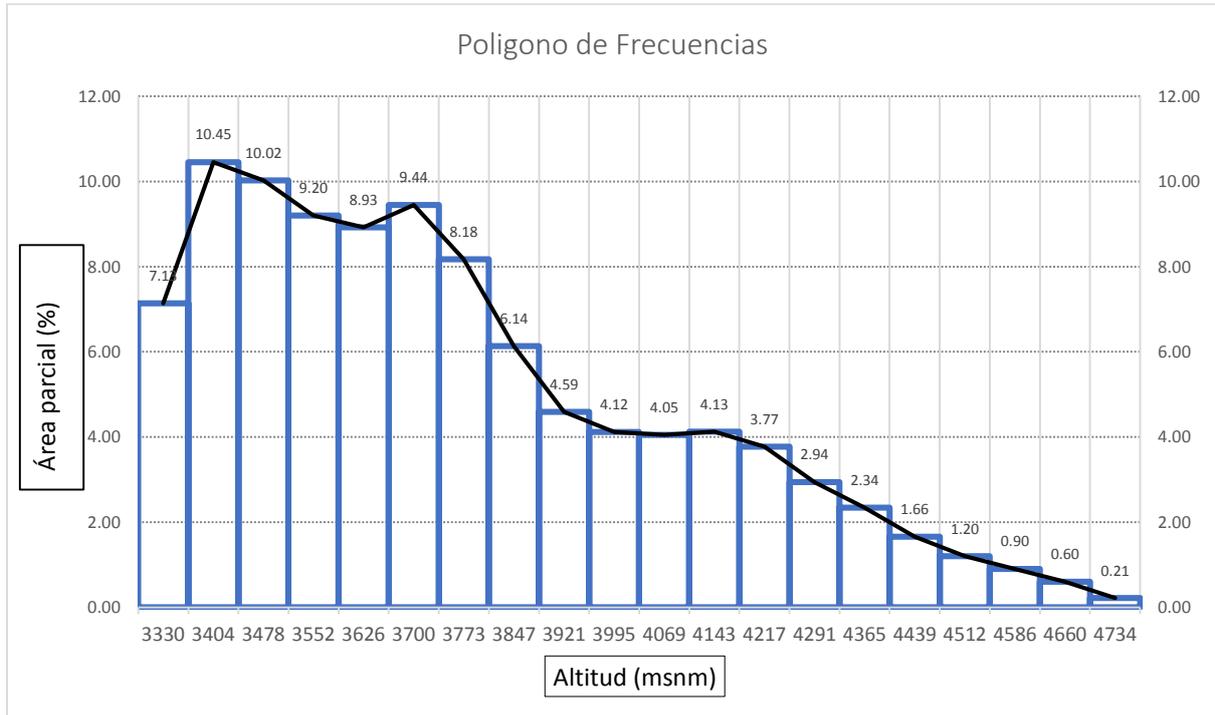
4.4.9 POLÍGONO DE FRECUENCIA

Representa el grado de incidencia de las áreas comprendidas entre curvas de nivel con respecto al total del área de la cuenca. En el polígono de frecuencias existen valores representativos como: la altitud más Frecuente, que es el polígono de mayor porcentaje o frecuencia.

La distribución gráfica del porcentaje de superficies ocupadas por diferentes rangos de altitud para la cuenca se distingue en el Gráfico. La Microcuenca del río Pitumayo, 10.45 % es la que concentra mayor porcentaje de área entre la altitud de 3404 a 3478 m.s.n.m.

En base a la Tabla, se obtiene el polígono de frecuencias de altitudes a continuación:

Gráfico 4.4 Polígono de frecuencias



Fuente: Elaboración Propia

4.5 RECARGA DEL ACUÍFERO

El caudal base es la parte del flujo corriente generalmente atribuida a la descarga de aguas subterráneas, el cual se utiliza como un proxy para la recarga, el flujo base a veces se conoce como "recarga efectiva" (U.S. Geological Survey, 2005).

Mediante el balance hídrico y el método del caudal base se evaluó la recarga para el acuífero, considerando las entradas y salidas del sistema. En el balance hídrico se consideró los valores mostrados en la Tabla 4.10, la evapotranspiración potencial se estimó mediante el método Thornthwaite (ver anexo B), para un área de cuenca 120.7 km².

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla 4.10 Balance hídrico de la Microcuenca del río Pitumayo

Capacidad de Campo (CDC):		<input checked="" type="checkbox"/> El suelo esta saturado al inicio del primer mes		Valores de la reserva para el inicio del año hidrológico			Primer Mes del Año Hidrológico:							
28		<input checked="" type="radio"/> Introducir % CDC	% respecto a CDC	20	Valor absoluto	5.6	Sep							
		<input type="radio"/> Introducir Valor Reserva												
Introduzca datos o modifique solo las filas de P (precipitación) y ETP (evapotranspiración potencial)														
		Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	TOTAL
	P	17.3	68.4	94.1	153.4	184.1	171.7	135.6	37.1	7	6.6	7.3	8.6	891.2
	ETP	49.8	57.48	64.5	67.2	66.2	57.4	62.5	52.2	42.6	34.3	35.6	39.6	629.38
	P-ETP	-32.5	10.92	29.6	86.2	117.9	114.3	73.1	-15.1	-35.6	-27.7	-28.3	-31.0	261.82
	R	0	10.92	28	28	28	28	28	12.9	0	0	0	0	163.82
	AR	-5.6	10.92	17.08	0	0	0	0	-15.1	-12.9	0	0	0	-5.60
	ETR	22.9	57.48	64.5	67.2	66.2	57.4	62.5	52.2	19.9	6.6	7.3	8.6	492.78
	E	0	0	12.52	86.2	117.9	114.3	73.1	0	0	0	0	0	404.02
	D	-26.9	0	0	0	0	0	0	0	-22.7	-27.7	-28.3	-31.0	-136.6

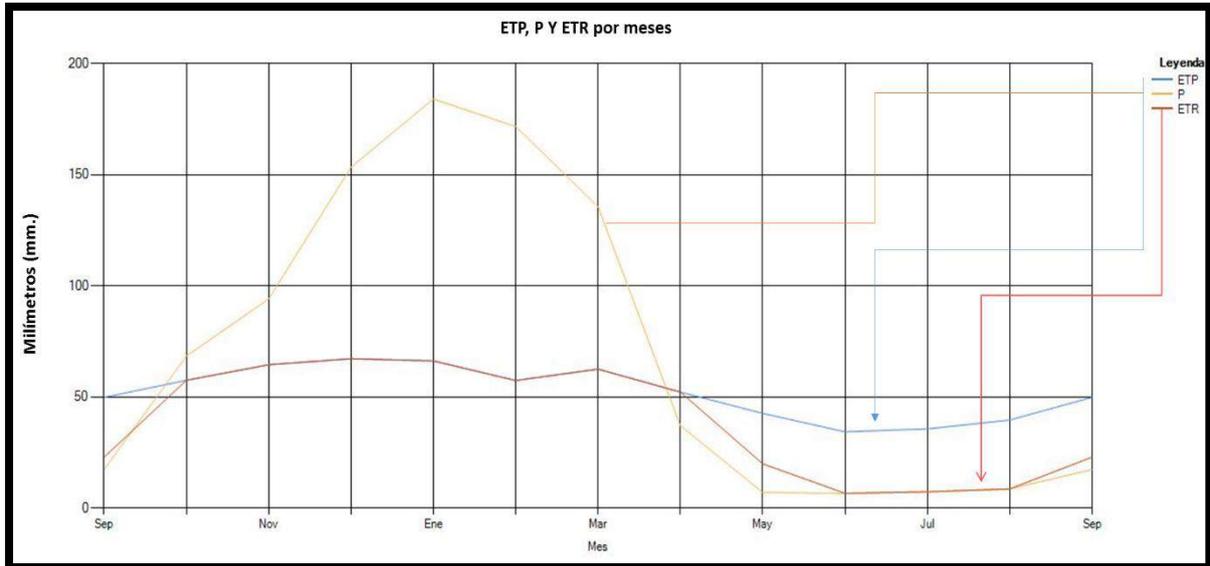
Fuente: Elaboración Propia (software Innersoft ISBH)

$$D = Pp - Etp - E - AR$$

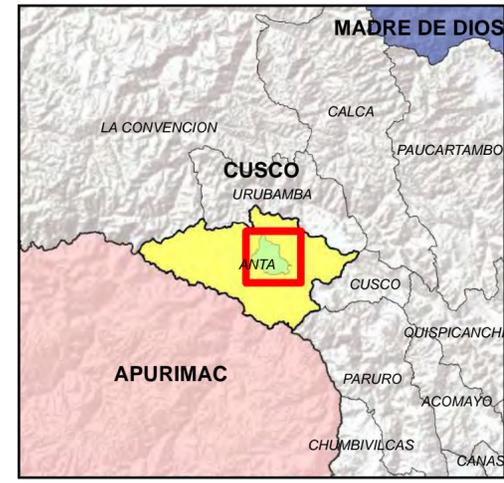
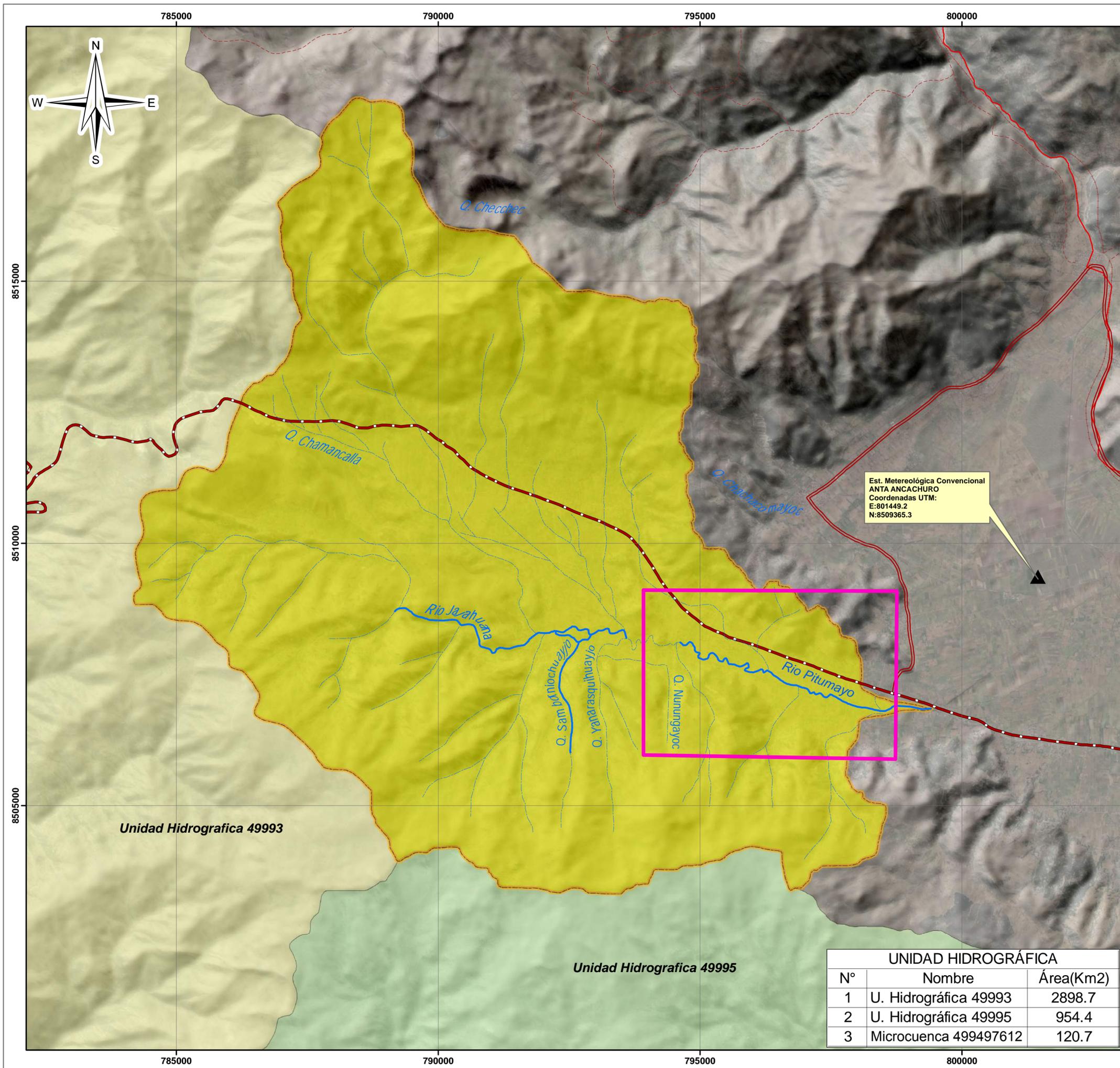
$$D = -136.6$$

El balance hídrico presenta un déficit de almacenamiento, el cual vendría hacer el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua para evapotranspiración. En la siguiente Grafico 4.10 se ilustran los valores de evapotranspiración, precipitación y evapotranspiración real.

Gráfico 4.5 Representación del ETP, P Y ETR por meses.



Fuente: Elaboración Propia (software Innersoft ISBH).



Simbología

- Área de Estudio
- Límite de la Intercuenca
- Río principal
- Quebrada
- Quebrada seca una parte del año
- Red vial Nacional
- Carretera afirmada, transitable
- Camino de herradura
- Ferrocarril
- Est. Meteorologica Anta Ancachuro



Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

UNIDAD HIDROGRÁFICA		
Nº	Nombre	Área(Km2)
1	U. Hidrográfica 49993	2898.7
2	U. Hidrográfica 49995	954.4
3	Microcuenca 499497612	120.7

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS:
"EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"

PLANO: HIDROGRÁFICO	Fecha: 15/02/2021 Escala: 1:50,000
Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga	Datum: WGS 84 Zona: 18 L
ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán	Nº PLANO: 4.0

5 CAPITULO V: GEOFÍSICA

5.1 GENERALIDADES DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

La prospección geofísica es la forma indirecta de determinar la secuencia estratigráfica en el subsuelo de las diferentes estructuras y formaciones geológicas además de indicar horizontes con características hidráulicas, los métodos geofísicos son limpios y no alteran el medio ambiente.

Las formaciones geológicas que se encuentran en la zona de estudio evidencian resistividades relativamente bajas indicativo de estratos húmedos a saturados. En los primeros 20 metros de profundidad (para el área de estudio) se encuentran formaciones geológicas con presencia de humedad debido a que se comportan como cuerpos dieléctricos resistivos; amerita indicar cuando las aguas están mineralizadas las resistividades serán las más bajas.

En el método de prospección eléctrica por resistividad existen varios tipos de configuraciones las ideadas por Wenner, Lee, Schlumberger en donde pueden ser simétrico o asimétrico, donde los electrodos MN y AB se disponen en línea recta, efectuándose las medidas desde los primeros metros, hasta un máximo que permitan investigar las profundidades requeridas para el proyecto.

Para la elaboración del presente proyecto se utilizaron las configuraciones tetraelectródicas de Wenner y Schlumberger, las medidas fueron realizadas con los siguientes espaciados para AB/2: 2, 3,4, 5, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80 y 100 metros, mientras que para los electrodos internos o de recepción MN, fueron 0.8, 6 y 20 metros, el máximo espaciamiento indicado permite investigar hasta 60 metros de profundidad, lo necesario para los propósitos del presente proyecto.

El gráfico que resulta a partir de ubicar en el eje de las ordenadas las resistividades aparentes y en el eje de las abscisas el espaciamiento entre sondeos nos da como resultado perfiles geoeléctricos.

Las distribuciones simétricas de electrodos se aplican en zonas con topografía y geología muy homogénea donde se puedan lanzar las líneas sin ningún inconveniente como es el caso de la depresión de anta.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO GEOFÍSICO USADO

El método utilizado en el presente trabajo método llamado de resistividades en el que se envía corriente al terreno mediante dos electrodos A y B, (electrodos de cobre) que se clavan en el suelo y una vez establecido así un campo eléctrico artificial, se investigan sus condiciones con otros dos electrodos M y N, adicionales, también introducidos en el suelo y cuyas distancias se varían convenientemente.

Un sondeo eléctrico vertical-SEV, consiste en introducir corriente continua al terreno mediante un par de electrodos llamados de emisión o de corriente A y B, cuya respuesta o sea la diferencia de potencial producido por el campo eléctrico se mide en otro par de electrodos denominados de recepción o de potencial M y N.

Es posible calcular la resistividad del medio según:

$$\Omega = K \cdot \Delta V / I$$

Dónde:

Ω = Resistividad del medio, en Ohm-m.

ΔV = Diferencia de potencial, en mV, medida en los electrodos M y N.

I = Intensidad de corriente en mA, medida en los electrodos A y B.

K = Constante geométrica que depende de la distribución de los electrodos.

En los sondeos con arreglo Schlumberger, que es el que se utilizó en el presente trabajo, los electrodos están alineados y conservan simetría con respecto al punto central o punto SEV, debiendo cumplirse que el MN sea menor igual que 1/5 AB.

Al aumentar la distancia entre los electrodos de emisión de corriente, aumenta su profundidad de penetración y también va cambiando las resistividades aparentes.

Estos valores son ploteados desde el principio en una tabla bilogarítmica (campo) obteniéndose como resultado una curva, a partir de la cual, mediante diversas técnicas, es posible determinar las

resistividades verdaderas y los espesores que las diferentes capas bajo el punto de investigación. De esta manera, se llega a conocer el corte geoelectrico del subsuelo.

En el SEV con arreglo Schlumberger, los electrodos M y N permanecen fijos mientras A y B se aleja, hasta que el valor de la diferencia potencial (ΔV) sea tan pequeño que obligue a aumentar el MN.

EQUIPO UTILIZADO

El equipo utilizado es el GEORESISTIVIMETRO WARGPOWER Modelo G-1124., estas máquinas tienen una corriente de 10,000 mA de salida máxima que permite la máxima eficiencia que llegan a profundidades de 1000 a 3000 metros, o más, dependiendo de la anisotropía y efecto de la capa superficial.

Es un instrumento amigable en cuanto su uso, su manejo es funcional para la lectura de los parámetros en forma precisa, porque cuenta con dos instrumentos digitales de última generación; por tanto, las curvas del perfil del terreno en estudio, refleja los resultados esperados.



Foto N° 5.1 Georesistivimetro WARGPOWER Modelo G-1124

El software utilizado para el proceso de datos de SEV y la interpretación fue el Ipi2win de la Moscow State University distribuido por Geoscan-M Ltd que incluye diferentes métodos de iteración que colaboran en el modelo adecuado con cierto número de capas que pueda corresponder con la realidad del subsuelo estudiado.

El equipo de apoyo logístico cuenta con: cables de extensión, juego de electrodos de cobre para cada punto, equipo de comunicación, GPS o Sistema de Posicionamiento Global.

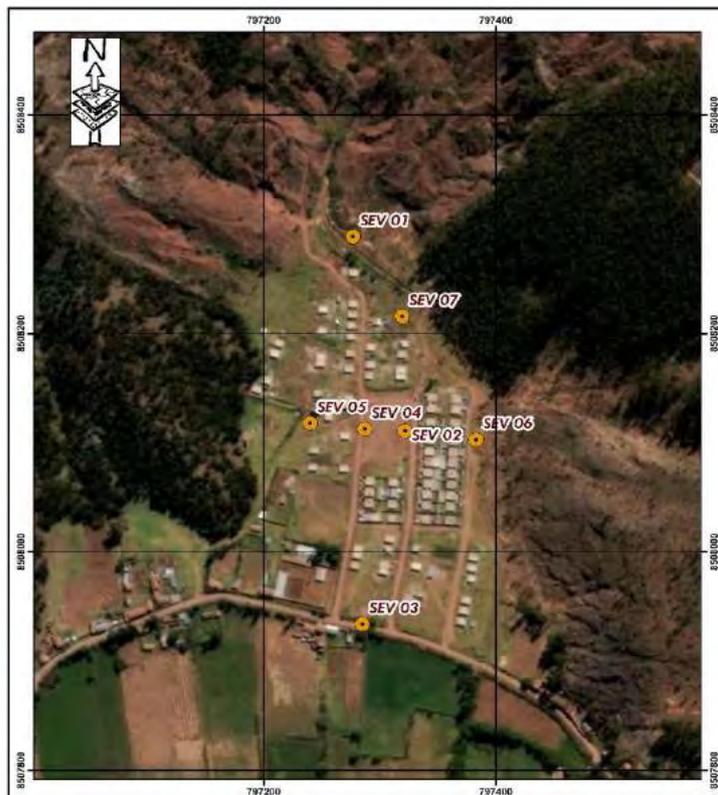
5.3 TRABAJO EN CAMPO

Se efectuaron 11 ensayos SEV'S, los 7 primeros de configuración tetraelectrónico Schlumberger y los otros 4 restantes del tipo Wenner en la zona de estudio (Ver Tabla), para la obtención de perfiles geoelectricos que pueda identificar la secuencia estratigráfica, espesor del subsuelo y sobre todo determinar las fronteras con características hidráulicas del subsuelo.

Tabla 5.1 Ubicación de SEVs configuración Schlumberger

Configuración Schlumberger			
SEV	Coordenadas UTM (WGS 84)		
	ESTE	NORTE	COTA
SEV 01	797277	8508289	3392
SEV 02	797315	8508111	3390
SEV 03	797285	8507934	3390
SEV 04	797288	8508111	3390
SEV 05	797240	8508118	3390
SEV 06	797383	8508103	3390
SEV 07	797320	8508208	3391

Figura 5.1 Ubicación de SEVs configuración Schlumberger

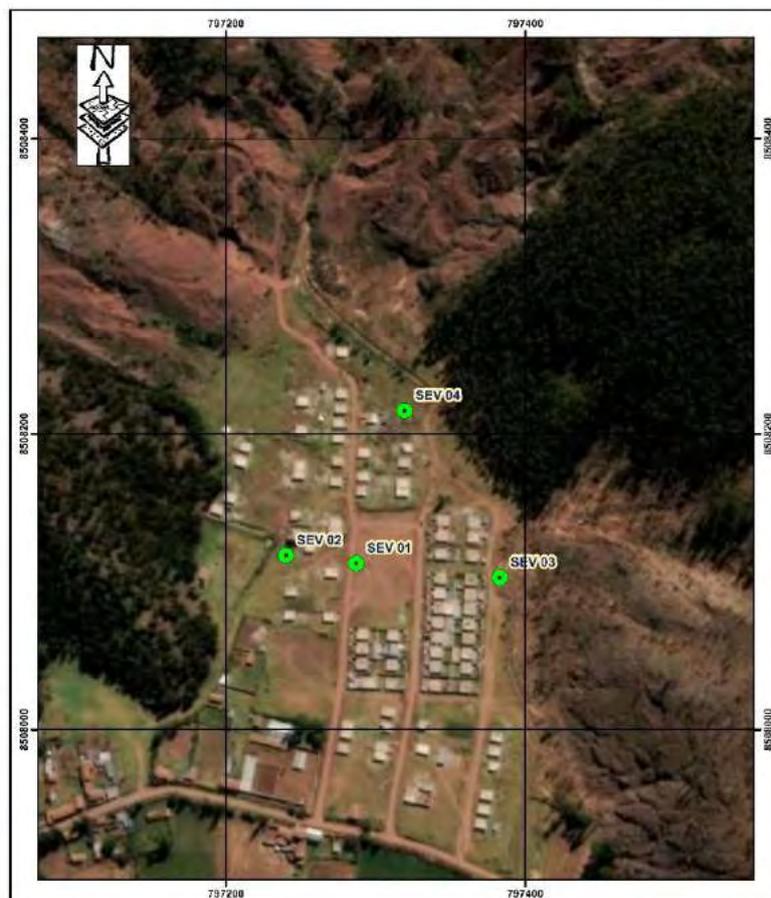


Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.2 Ubicación de SEVs configuración Wenner

Configuración Wenner			
SEV	Coordenadas UTM (WGS 84)		
	ESTE	NORTE	COTA
SEV 01	797288	8508111	3390
SEV 02	797240	8508118	3390
SEV 03	797383	8508103	3390
SEV 04	797320	8508208	3391

Figura 5.2 Ubicación de SEVs configuración Wenner



Fuente: Elaboración propia

Los datos fríos o sin proceso fueron anotados en planillas de campo y también fueron almacenados en tiempo real en una laptop para su posterior compatibilización y procesamiento de datos.

Para proponer la línea geofísica, se desarrolló previamente un estudio geológico y geomorfológico, donde se pueda identificar todas formaciones geológicas en la zona, dado que nos encontramos en un ambiente cuaternario fluvial y brechas volcánicas.

Las formaciones de la zona presentan resistividades bajas esto es indicativo de la presencia de aguas superficiales y subterráneas.

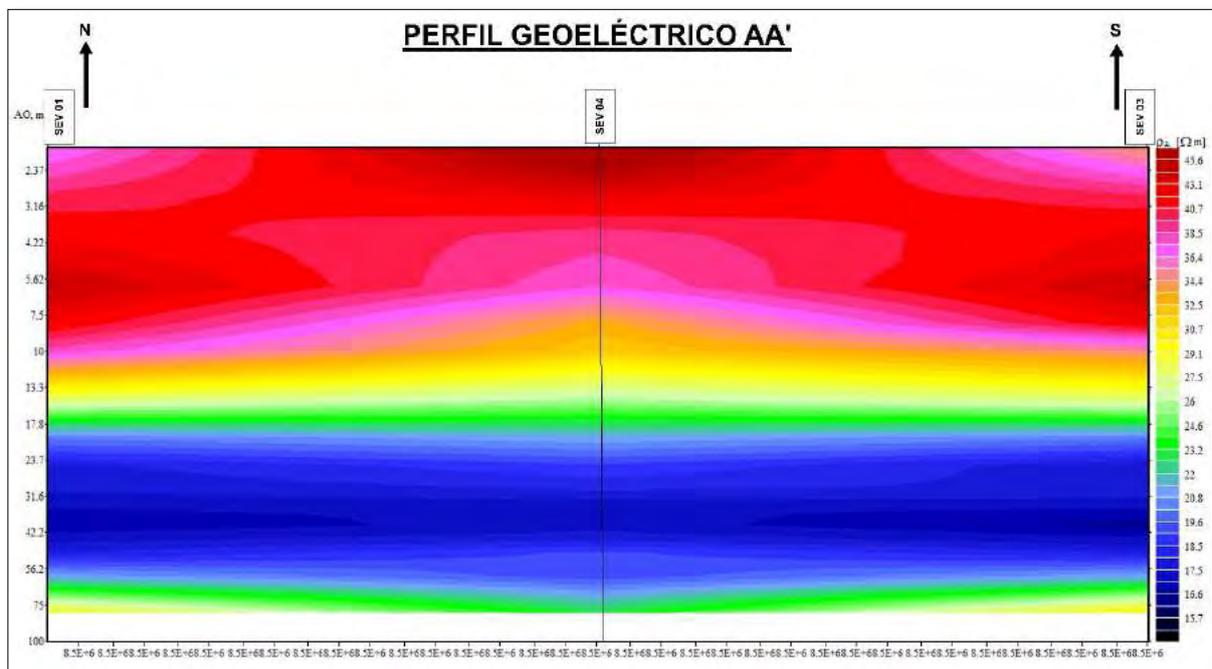
5.4 PERFILES GEOELÉCTRICOS CONFIGURACIÓN SCHLUMBERGE

Se realizó e interpreto cuatro perfiles geoelectricos en base a resultados obtenidos de los siete Sondeos Eléctricos Verticales, correlacionando los valores de las resistividades con la litología de la zona de estudio. Donde se puede observar las variaciones de resistividad para los diferentes puntos SEV en profundidad.

5.4.1 PERFIL GEOELÉCTRICO A-A'

Perfil geoelectrico A-A' con rumbo N-S, se realizó en base a tres sondajes SEV-01, SEV-04 y SEV-03, cuyos resultados se muestran en la siguiente figura:

Figura 5.3 Perfil geoelectrico A-A'



Fuente: Elaboración propia

El SEV 01 ubicado en el sector norte del perfil geoelectrico A-A', se alcanzó a investigar hasta los 80 m de profundidad. En superficie se tiene una capa con resistividades de $\rho_a=45$ Ohm-m con un espesor de $E=10.5$ m que corresponden a un material superficial de suelo cobertura reciente donde las

resistividades son bajas y presentan humedad; subyaciendo a profundidad de $Z=10.5$ m, se encuentra una capa de material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=30$ Ohmio-m y $E=5$ m; subyace a $Z=15.5$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=24$ Ohmio-m y $E=2.4$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=17.9$ m se encuentra el material muy permeable saturado de agua (Acuífero) con resistividades bajas de $\rho_a=18$ Ohmio-m con $E=42$ m; subyace $Z=59.9$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con contenido de elementos conductivos y/o con granulometría fina con resistividad de $\rho_a=24$ Ohmio-m con un $E=12.5$ m; subyace a $Z=72.4$ m, el material donde predominan la granulometría fina (limo-arcilloso) que con resistividades de $\rho_a=28$ Ohmio-m y de espesor indefinido.

El **SEV 04** ubicado en el sector central del perfil geo eléctrico A-A', se alcanzó a investigar hasta los 80 m de profundidad. En superficie se tiene una capa delgada con resistividades de $\rho_a=45$ Ohmio-m con un espesor de $E=6.5$ m que corresponden a un material superficial de suelo cobertura reciente donde las resistividades son bajas y presentan humedad; subyaciendo a profundidad de $Z=6.5$ m, se encuentra una capa de material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=30$ Ohmio-m y $E=9.2$ m; subyace a $Z=15.7$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=24$ Ohmio-m y $E=2.6$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=18.3$ m se encuentra el material muy permeable saturado de agua (Acuífero) con resistividades bajas de $\rho_a=18$ Ohmio-m con $E=52.5$ m; subyace $Z=70.8$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con contenido de elementos conductivos y/o con granulometría fina con resistividad de $\rho_a=24$ Ohmio-m con un espesor indefinido.

El **SEV 03** ubicado en el sector sur del perfil geo eléctrico A-A', se alcanzó a investigar hasta los 80 m de profundidad. En superficie se tiene una capa con resistividades de $\rho_a=45$ Ohmio-m con un espesor de $E=9.5$ m que corresponden a un material superficial de suelo cobertura reciente donde las resistividades son bajas y presentan humedad; subyaciendo a profundidad de $Z=9.5$ m, se encuentra una capa de material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=30$ Ohmio-m y $E=6.2$ m; subyace a $Z=15.7$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=24$ Ohmio-m y $E=2.3$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=18$ m se encuentra el material muy

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

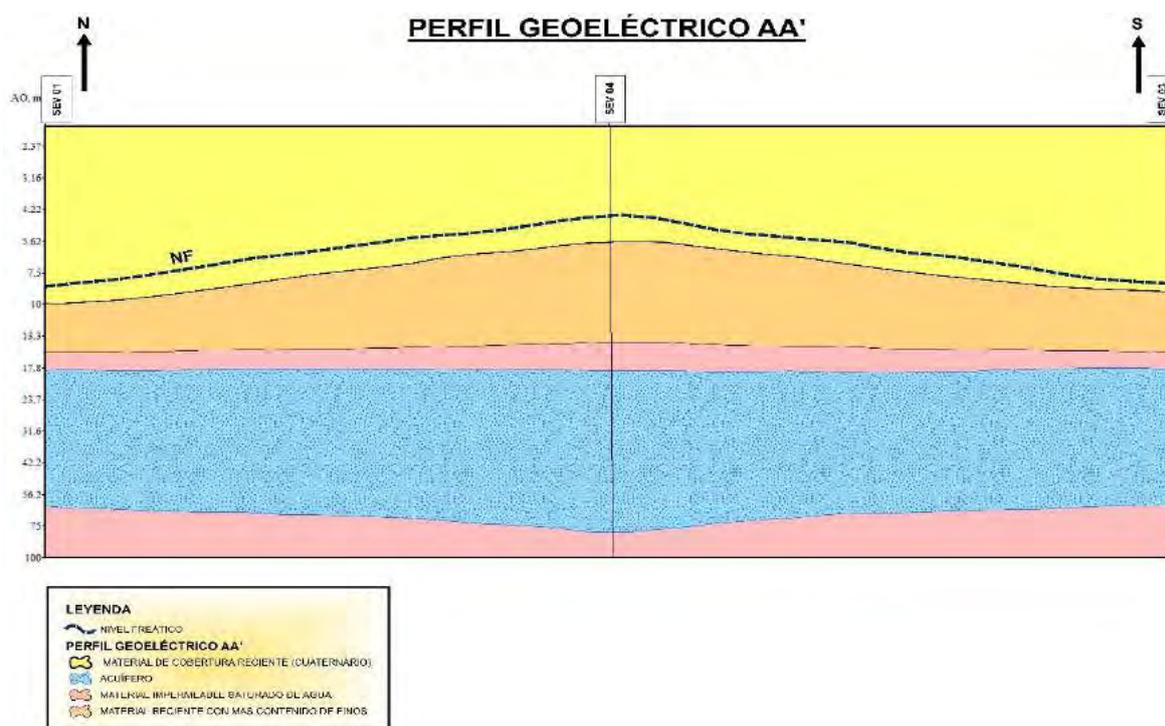
permeable saturado de agua (Acuífero) con resistividades bajas de $\rho_a=18$ Ohmio-m con $E=42.5$ m; subyace $Z=60.5$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con contenido de elementos conductivos y/o con granulometría fina con resistividad de $\rho_a=24$ Ohmio-m con un $E=12.1$ m; subyace a $Z=72.6$ m, el material donde predominan la granulometría fina (limo-arcilloso) que con resistividades de $\rho_a=28$ Ohmio-m y de espesor indefinido.

En este perfil geoelectrico AA', la napa freática se encuentra a las siguientes profundidades:

Ensayo SEV	Profundidad de la napa freática (m)
SEV 01	8.5
SEV04	4.5
SEV 03	7.6

Tabla 5.3 Profundidad de la napa freática A-A'

INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DEL PERFIL GEOELÉCTRICO EN 2D



Fuente: Elaboración propia

El resultado de esta interpretación geológica es un corte estratigráfico generalizado del área de estudio en el cual se identifica 4 horizontes, los cuales son:

Horizonte superficial: El cual está conformada por dos capas superficiales que relacionándolos con la posible naturaleza que las constituyen correspondería con el material de cobertura inconsolidado poroso

de resistividades con valores desde $\rho_a=37$ Ohm-m a $\rho_a=44$ Ohmio-m y espesores entre $E=10$ m a $E=7$ m y $E=9.5$ metros en los Sev's 1, 4 y 3 respectivamente.

Horizonte Superior: La segunda capa estaría conformada por un material con más contenido de finos con valores de resistividades que varían desde $\rho_a=29$ Ohm-m a $\rho_a=32$ Ohm-m con espesores que varían desde los 5 a 12 y 6.5 metros en los Sev's 1, 4 y 3 respectivamente.

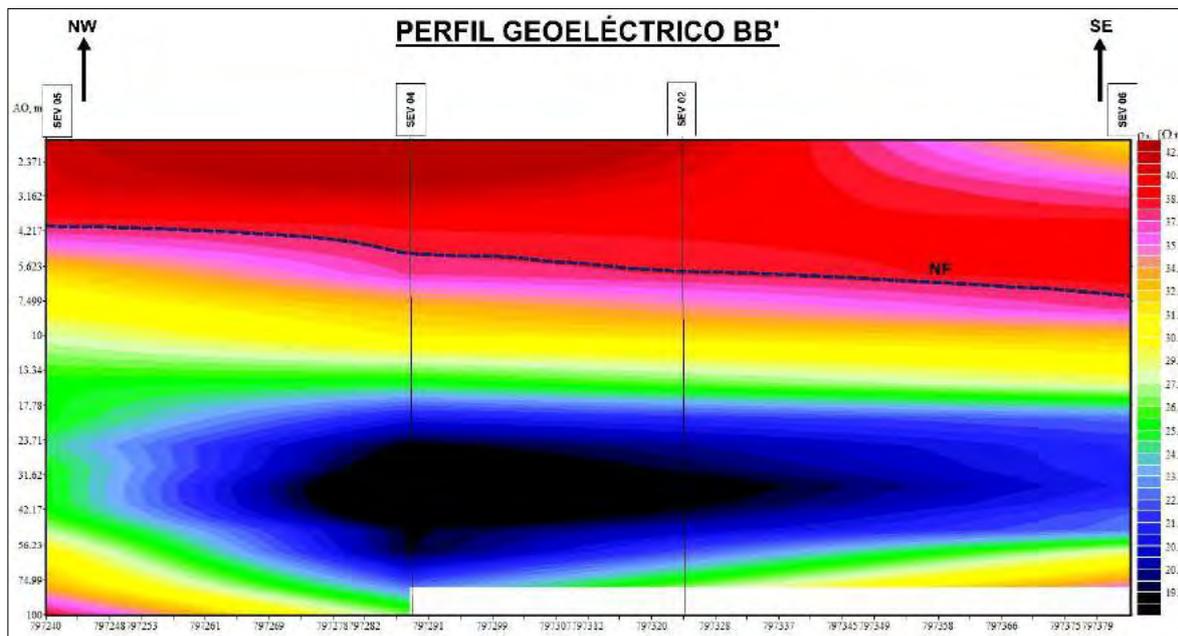
Horizonte Medio: La tercera capa estaría conformada por un material impermeable saturado de agua de granulometría fina con resistividades que varían desde $\rho_a=23$ Ohm-m a $\rho_a=26$ Ohmio-m cuyos espesores varían entre 2.5 a 3 y 2.4 metros en los Sev's 1, 4 y 3 respectivamente

Horizonte Inferior: La última capa estaría conformado por el acuífero, el cual está constituido por un material arena gravosa medianamente permeable saturado de agua, con resistividades bajas que varían desde $\rho_a=16$ Ohm-m a $\rho_a=22$ Ohmio-m con espesores que varían desde 42 a 50.5 y 43 metros en los Sev's 1, 7 y 6 respectivamente.

5.4.2 PERFIL GEOELÉCTRICO B-B'

Perfil geoelectrico B-B' con rumbo Noroeste a Sureste, se realizó en base a cuatro sondajes **SEV-05, SEV- 04, SEV- 02 y SEV-06**, cuyos resultados se muestran en la siguiente figura:

Figura 5.4 Perfil geoelectrico B-B'



Fuente: Elaboración propia

El **SEV 05** ubicado en el sector Noroeste del perfil geoelectrico B-B', se alcanzó a investigar hasta los 100 m de profundidad. En superficie se tiene una capa con resistividades de $\rho_a=41$ Ohmio-m con un espesor de $E=4.1$ m que corresponden a un material superficial de suelo cobertura reciente donde las resistividades son bajas y presentan humedad; subyaciendo a profundidad de $Z=4.1$ m, se encuentra una capa de material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=32$ Ohmio-m y $E=5.8$ m; subyace a $Z=9.9$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=25$ Ohmio-m y $E=13.2$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=23.1$ m se encuentra el material muy permeable saturado de agua (Acuífero) con resistividades bajas de $\rho_a=22$ Ohmio-m con un espesor de $E=14$ m; subyace $Z=37.1$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con contenido de elementos conductivos y/o con granulometría fina con resistividad de $\rho_a=26$ Ohmio-m con un $E=38$ m; subyace a $Z=75.1$ m, el material donde predominan un material más resistivo (gravas-arenas) que con resistividades de $\rho_a=38$ Ohmio-m y de espesor indefinido.

El **SEV 02** ubicado en el sector Noroeste del perfil geoelectrico B-B', se alcanzó a investigar hasta los 80 m de profundidad. En superficie se tiene una capa delgada con resistividades de $\rho_a=44$ Ohmio-m con un espesor de $E=5.5$ m que corresponden a un material superficial de suelo cobertura reciente donde

las resistividades son bajas y presentan humedad; subyaciendo a profundidad de $Z=5.5$ m, se encuentra una capa de material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=32$ Ohmio-m y $E=6$ m; subyace a $Z=11.5$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=26$ Ohmio-m y $E=3.4$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=14.9$ m se encuentra el material muy permeable saturado de agua (Acuífero) con resistividades bajas de $\rho_a=20$ Ohmio-m con $E=50.5$ m; subyace $Z=65.4$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con contenido de elementos conductivos y/o con granulometría fina con resistividad de $\rho_a=25$ Ohmio-m con un espesor indefinido.

El **SEV 04** ubicado en el sector central del perfil geo eléctrico B-B', se alcanzó a investigar hasta los 80 m de profundidad. En superficie se tiene una capa delgada con resistividades de $\rho_a=44$ Ohmio-m con un espesor de $E=4.5$ m que corresponden a un material superficial de suelo cobertura reciente donde las resistividades son bajas y presentan humedad; subyaciendo a profundidad de $Z=4.5$ m, se encuentra una capa de material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=32$ Ohmio-m y $E=6$ m; subyace a $Z=10.5$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=26$ Ohmio-m y $E=3.6$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=14.1$ m se encuentra el material muy permeable saturado de agua (Acuífero) con resistividades bajas de $\rho_a=19$ Ohmio-m con $E=60.5$ m; subyace $Z=74.6$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con contenido de elementos conductivos y/o con granulometría fina con resistividad de $\rho_a=25$ Ohmio-m con un espesor indefinido.

El **SEV 06** ubicado en el sector Sureste del perfil geo eléctrico B-B', se alcanzó a investigar hasta los 80 m de profundidad. En superficie se tiene una delgada capa con resistividades de $\rho_a=31$ Ohmio-m con un espesor de $E=2.3$ m que corresponden a un material superficial de cobertura reciente con mayor contenido de finos donde las resistividades son bajas y presentan humedad; subyaciendo a profundidad de $Z=2.3$ m, se tiene una capa con resistividades de $\rho_a=40$ Ohmio-m con un espesor de $E=5.2$ m que corresponden a un material superficial de suelo cobertura reciente, subyaciendo a profundidad de $Z=7.5$ m se encuentra una capa de material con contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=32$ Ohmio-m y $E=4.8$ m; subyace a $Z=12.3$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=25$ Ohmio-m y $E=2.1$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=14.4$ m se encuentra el material

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

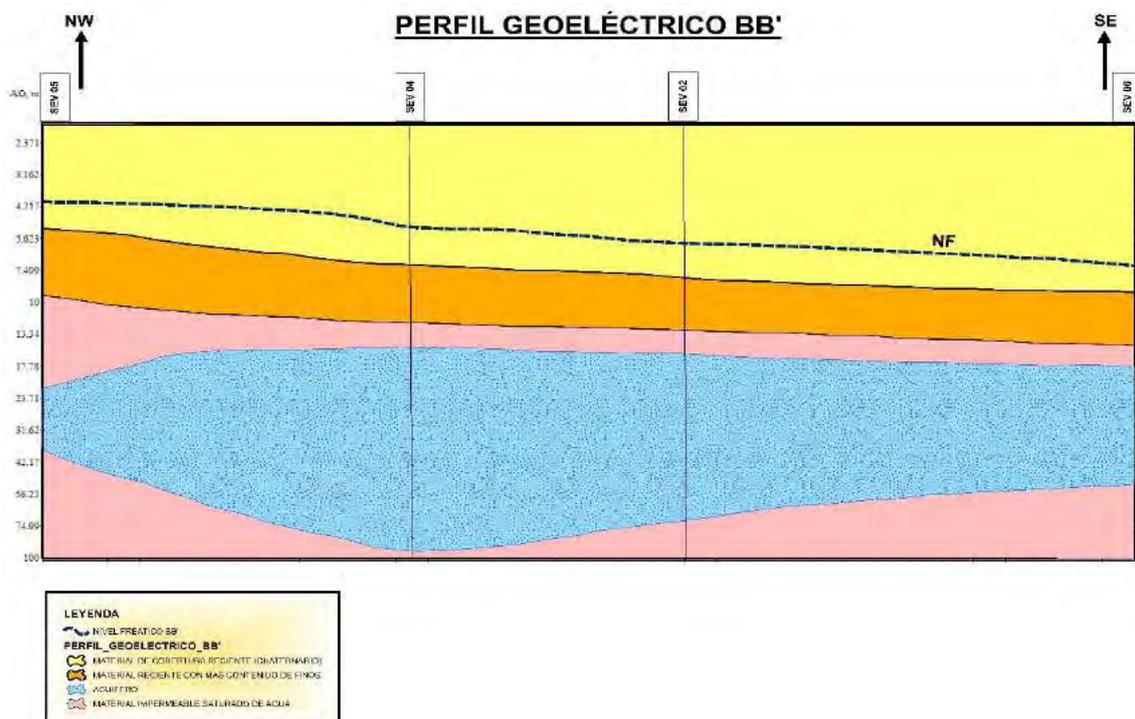
muy permeable saturado de agua (Acuífero) con resistividades bajas de $\rho_a=21$ Ohmio-m con un $E=36.5$ m; subyace $Z=50.9$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con contenido de elementos conductivos y/o con granulometría fina con resistividad de $\rho_a=26$ Ohmio-m con un $E=17$ m; subyace a $Z=77.9$ m, el material donde predominan un material más resistivo (gravas-arenas) que con resistividades de $\rho_a=38$ Ohmio-m y de espesor indefinido.

En este perfil geoelectrico B-B', la napa freática se encuentra a las siguientes profundidades:

Ensayo SEV	Profundidad de la napa freática (m)
SEV 05	4.1
SEV04	4.5
SEV 02	4.7
SEV 06	7.2

Tabla 5.4 Profundidad de la napa freática B-B'

INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DEL PERFIL GEOELÉCTRICO EN 2D



Fuente: Elaboración propia

El resultado de esta interpretación geológica es un corte estratigráfico generalizado del área de estudio en el cual se identifica 4 horizontes, los cuales son:

Horizonte superficial: El cual está conformada por dos capas superficiales que relacionándolos con la posible naturaleza que las constituyen correspondería con el material de cobertura inconsolidado poroso de resistividades con valores desde $\rho_a=38$ Ohm-m a $\rho_a=42$ Ohmio-m y espesores entre 4.2, 6, 6.5 y 7.5 metros en los Sev's 5, 4, 2 y 6 respectivamente.

Horizonte Superior: La segunda capa estaría conformada por un material con más contenido de finos con valores de resistividades que varían desde $\rho_a=30$ Ohm-m a $\rho_a=32$ Ohm-m con espesores que varían entre los 4 a 5.5 metros en los Sev's.

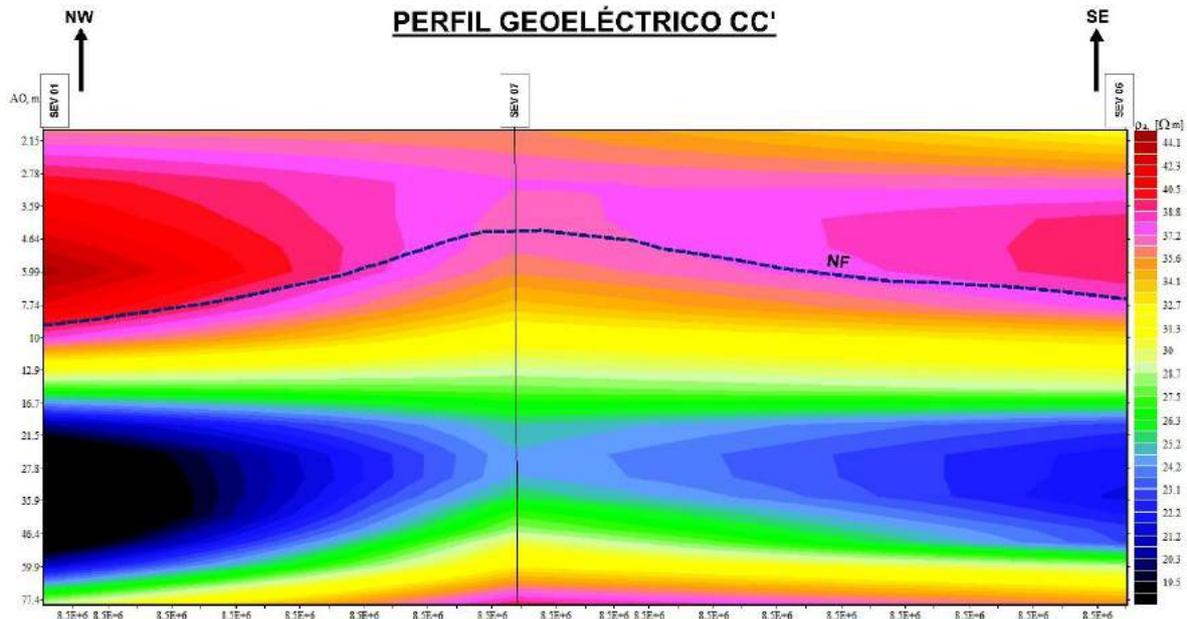
Horizonte Medio: La tercera capa estaría conformada por un material impermeable saturado de agua de granulometría fina con resistividades que varían desde $\rho_a=25$ Ohm-m a $\rho_a=27$ Ohmio-m cuyos espesores varían entre 13 a 3.5 metros en los Sev's.

Horizonte Inferior: La última capa estaría conformado por el acuífero, el cual está constituido por un material arena gravosa medianamente permeable saturado de agua, con resistividades bajas que varían desde $\rho_a=19$ Ohm-m a $\rho_a=23$ Ohmio-m con espesores que varían desde 14 a 60.5 metros en los Sev's.

5.4.3 PERFIL GEOELÉCTRICO CC'

Perfil geoelectrico C-C' con rumbo Noroeste a Sureste, se realizó en base a tres sondajes **SEV-01, SEV-07 y SEV-06**, cuyos resultados se muestran en la siguiente figura:

Figura 5.5 Perfil geoelectrico C-C'



Fuente: Elaboración propia

El **SEV 01** ubicado en el sector Noroeste del perfil geoelectrico C-C', se alcanzó a investigar hasta los 77 m de profundidad. En superficie se tiene una capa con resistividades de $\rho_a=42$ Ohmio-m con un espesor de $E=10$ m que corresponden a un material superficial de cobertura de suelo donde las resistividades son bajas y presentan humedad; subyaciendo a profundidad de $Z=10$ m, se encuentra una capa de material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=31$ Ohmio-m y $E=3.2$ m; subyace a $Z=13.2$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=26$ Ohmio-m y $E=3.5$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=16.7$ m se encuentra el material muy permeable saturado de agua (Acuífero) con resistividades bajas de $\rho_a=19$ Ohmio-m con $E=48$ m; subyace $Z=64.7$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con contenido de elementos conductivos y/o con granulometría fina con resistividad de $\rho_a=24$ Ohmio-m con un espesor indefinido.

El **SEV 07** ubicado en el sector Noroeste del perfil geoelectrico C-C', se alcanzó a investigar hasta los 77 m de profundidad. En superficie se tiene una capa delgada con resistividades de $\rho_a=38$ Ohmio-m con un espesor de $E=6.4$ m que corresponden a un material superficial de suelo cobertura reciente donde las resistividades son bajas y presentan humedad; subyaciendo a profundidad de $Z=6.4$ m, se encuentra una capa de material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=31$

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Ohmio-m y $E=7.1$ m; subyace a $Z=13.5$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=26$ Ohmio-m y $E=4.6$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=18.1$ m se encuentra el material muy permeable saturado de agua (Acuífero) con resistividades bajas de $\rho_a=21$ Ohmio-m con $E=18.4$ m; subyace $Z=36.5$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con contenido de elementos conductivos y/o con granulometría fina con resistividad de $\rho_a=25$ Ohmio-m con un $E=13.2$ subyace a $Z=49.7$ m, el material donde predominan un material un poco más resistivo (gravas-arenas) con resistividades de $\rho_a=38$ Ohmio-m y de espesor indefinido.

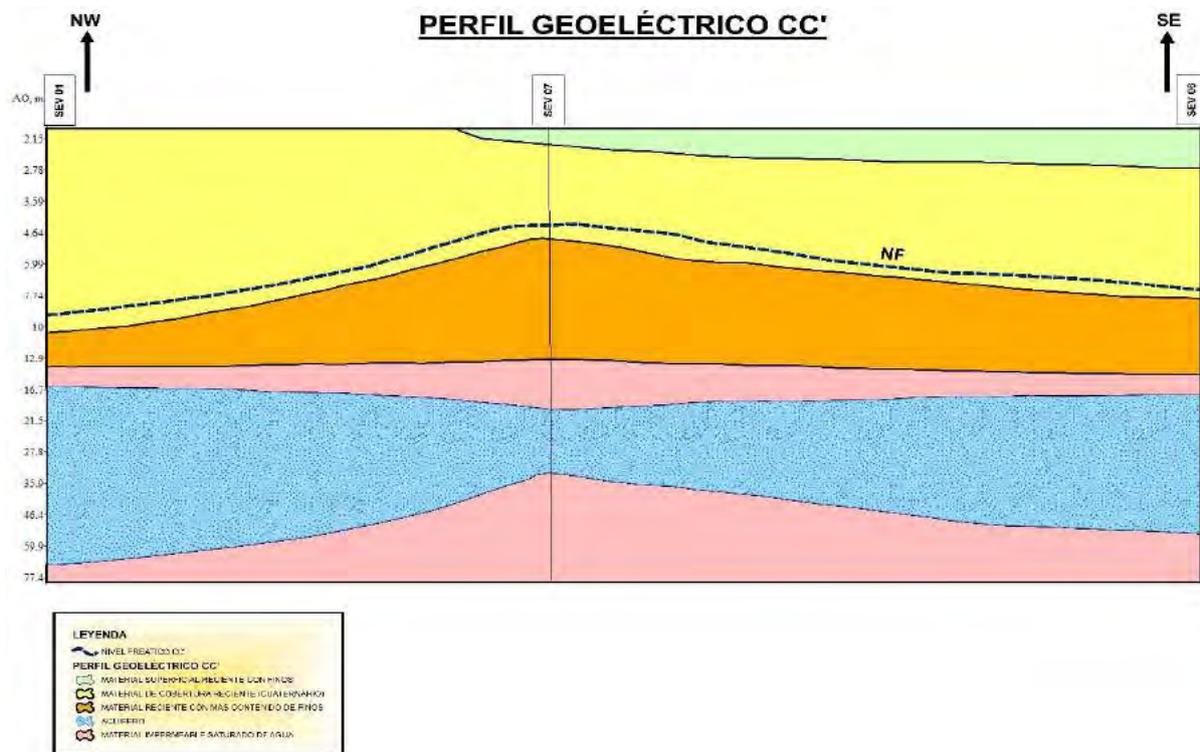
El **SEV 06** ubicado en el sector Sureste del perfil geo eléctrico C-C', se alcanzó a investigar hasta los 77 m de profundidad. En superficie se tiene una delgada capa con resistividades de $\rho_a=31$ Ohmio-m con un espesor de $E=2.4$ m que corresponden a un material superficial de cobertura reciente con mayor contenido de finos donde las resistividades son bajas y presentan humedad; subyaciendo a profundidad de $Z=2.4$ m, se tiene una capa con resistividades de $\rho_a=39$ Ohmio-m con un espesor de $E=5.7$ m que corresponden a un material superficial de suelo cobertura reciente, subyaciendo a profundidad de $Z=8.1$ m se encuentra una capa de material con contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=32$ Ohmio-m y $E=4.8$ m; subyace a $Z=12.9$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=27$ Ohmio-m y $E=3.4$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=16.3$ m se encuentra el material muy permeable saturado de agua (Acuífero) con resistividades bajas de $\rho_a=21$ Ohmio-m con un $E=34.2$ m; subyace $Z=50.5$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con contenido de elementos conductivos y/o con granulometría fina con resistividad de $\rho_a=27$ Ohmio-m con un espesor indefinido.

En este perfil geoelectrico C-C', la napa freática se encuentra a las siguientes profundidades:

Ensayo SEV	Profundidad de la napa freática (m)
SEV 01	9.1
SEV07	4.7
SEV 06	7.9

Tabla 5.5 Profundidad de la napa freática C-C'

INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DEL PERFIL GEOELÉCTRICO EN 2D



Fuente: Elaboración propia

El resultado de esta interpretación geológica es un corte estratigráfico generalizado del área de estudio en el cual se identifica 4 horizontes, los cuales son:

Horizonte superficial: El cual está conformada por dos capas superficiales que relacionándolos con la posible naturaleza que las constituyen correspondería con el material de cobertura inconsolidado poroso de resistividades con valores desde $\rho_a=37$ Ohm-m a $\rho_a=44$ Ohmio-m y espesores entre $E=10$ m a $E=6.1$ m y $E=9.0$ metros en los Sev's 1, 7 y 6 respectivamente.

Horizonte Superior: La segunda capa estaría conformada por un material con más contenido de finos con valores de resistividades que varían desde $\rho_a=30$ Ohm-m a $\rho_a=34$ Ohm-m con espesores que varían desde los 3.2 a 5.8 y 4.5 metros en los Sev's 1, 7 y 6 respectivamente.

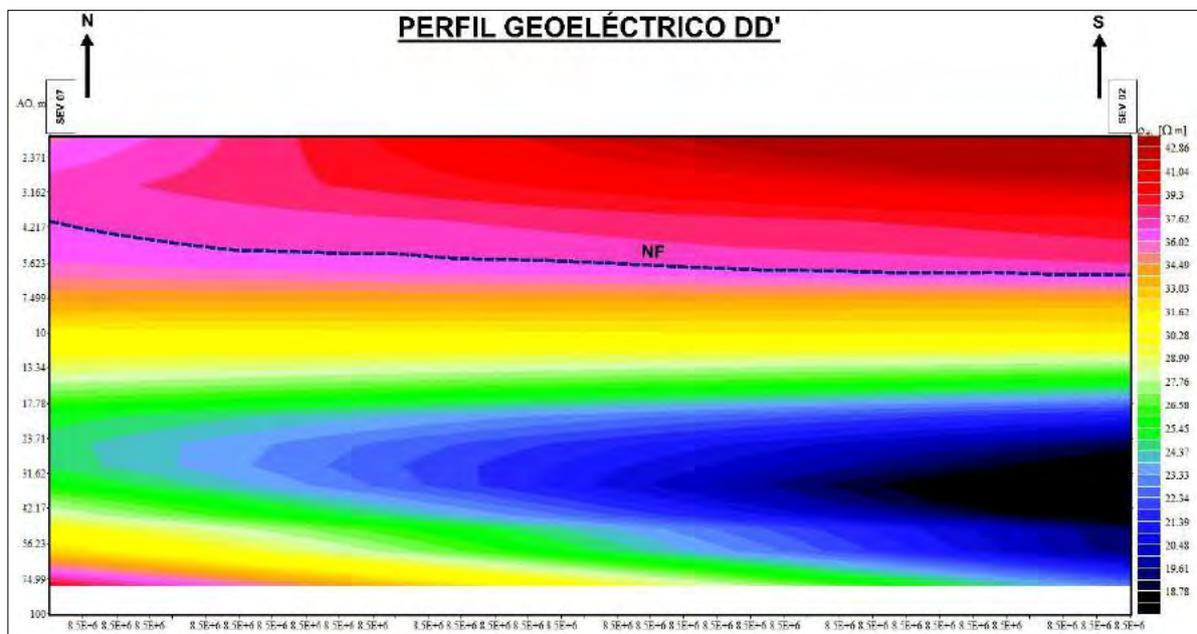
Horizonte Medio: La tercera capa estaría conformada por un material impermeable saturado de agua de granulometría fina con resistividades que varían desde $\rho_a=26$ Ohm-m a $\rho_a=28$ Ohmio-m cuyos espesores varían entre 2.8 a 4 y 3.5 metros en los Sev's 1, 7 y 6 respectivamente.

Horizonte Inferior: La última capa estaría conformado por el acuífero, el cual está constituido por un material arena gravosa medianamente permeable saturado de agua, con resistividades bajas que varían desde $\rho_a=19$ Ohm-m a $\rho_a=24$ Ohmio-m con espesores que varían desde 18 a 48.5 y 34.2 metros en los Sev's 1, 7 y 6 respectivamente.

5.4.4 PERFIL GEOELÉCTRICO DD'

Perfil geoelectrico D-D' con rumbo Norte Sur, se realizó en base a dos sondajes **SEV-07** y **SEV-02**, cuyos resultados se muestran en la siguiente figura:

Figura 5.6 Perfil geoelectrico D-D'



Fuente: Elaboración propia

El **SEV 07** ubicado en el sector Norte del perfil geo eléctrico D-D', se alcanzó a investigar hasta los 75 m de profundidad. En superficie se tiene una capa delgada con resistividades de $\rho_a=38$ Ohmio-m con un espesor de $E=6.3$ m que corresponden a un material superficial de suelo cobertura reciente donde las resistividades son bajas y presentan humedad; subyaciendo a profundidad de $Z=6.3$ m, se encuentra una capa de material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=31$ Ohmio-m y $E=8.1$ m; subyace a $Z=14.4$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=26$ Ohmio-m y $E=5.6$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=20$ m se encuentra el material muy

permeable saturado de agua (Acuífero) con resistividades bajas de $\rho_a=21$ Ohmio-m con $E=12.4$ m; subyace $Z=32.4$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con contenido de elementos conductivos y/o con granulometría fina con resistividad de $\rho_a=25$ Ohmio-m con un $E=9.7$ subyace a $Z=42.1$ m, el material donde predominan un material un poco más resistivo con resistividades de $\rho_a=38$ Ohmio-m y de espesor indefinido.

El **SEV 02** ubicado en el sector Sur del perfil geo eléctrico D-D', se alcanzó a investigar hasta los 75m de profundidad. En superficie se tiene una capa delgada con resistividades de $\rho_a=42$ Ohmio-m con un espesor de $E=5.6$ m que corresponden a un material superficial de suelo cobertura reciente donde las resistividades son bajas y presentan humedad; subyaciendo a profundidad de $Z=5.5$ m, se encuentra una capa de material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=32$ Ohmio-m y $E=7.7$ m; subyace a $Z=13.3$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=26$ Ohmio-m y $E=3.8$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=17.2$ m se encuentra el material muy permeable saturado de agua (Acuífero) con resistividades bajas de $\rho_a=19$ Ohmio-m con $E=56.5$ m; subyace $Z=73.7$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con contenido de elementos conductivos y/o con granulometría fina con resistividad de $\rho_a=25$ Ohmio-m con un espesor indefinido.

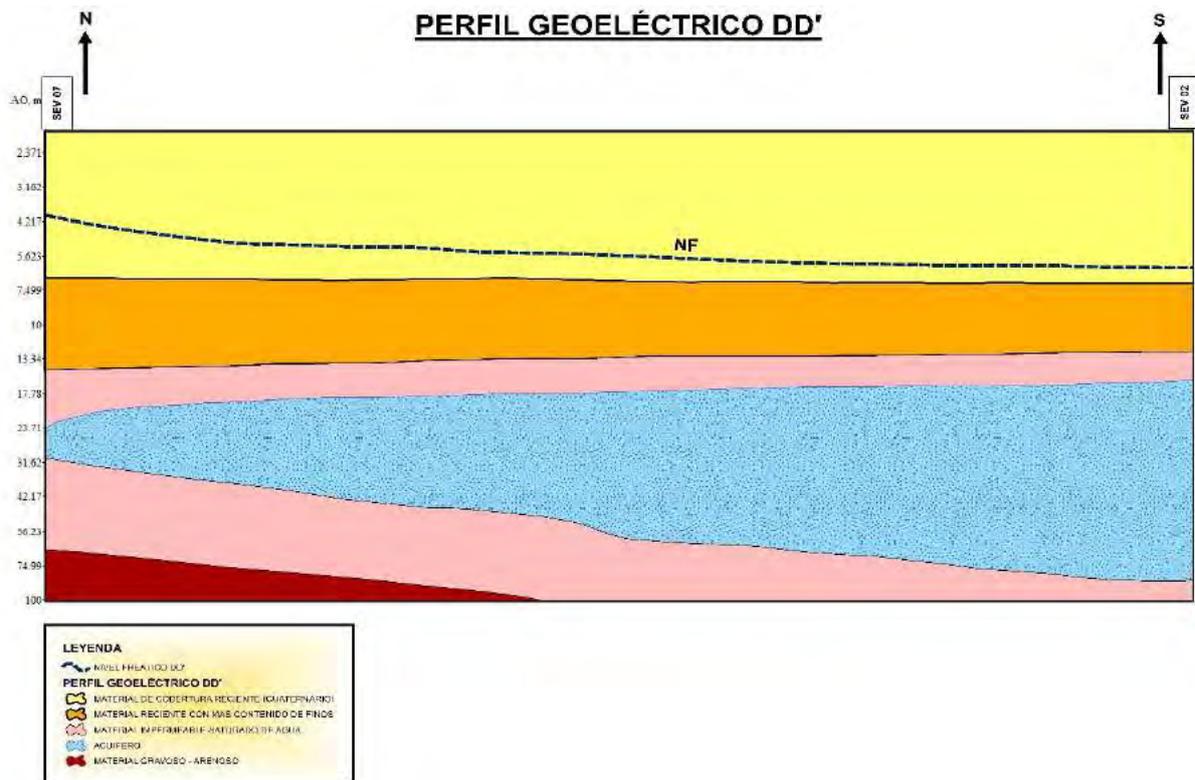
En este perfil geoelectrico D-D', la napa freática se encuentra a las siguientes profundidades:

Ensayo SEV	Profundidad de la napa freática (m)
SEV 07	4.1
SEV 02	5.8

Tabla 5.6 Profundidad de la napa freática D-D'

INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DEL PERFIL GEOELÉCTRICO EN 2D

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”



Fuente: Elaboración propia

El resultado de esta interpretación geológica es un corte estratigráfico generalizado del área de estudio en el cual se identifica 4 horizontes, los cuales son:

Horizonte superficial: El cual está conformada por dos capas superficiales que relacionándolos con la posible naturaleza que las constituyen correspondería con el material de cobertura inconsolidado poroso de resistividades con valores desde $\rho_a=37$ Ohm-m a $\rho_a=42$ Ohmio-m y espesores entre $E=6.8$ m a $E=7.1$ m metros en los Sev's 7 y 2 respectivamente.

Horizonte Superior: La segunda capa estaría conformada por un material con más contenido de finos con valores de resistividades que varían desde $\rho_a=30$ Ohm-m a $\rho_a=34$ Ohm-m con espesores que varían desde los 6.5 a 5.8 metros en los Sev's 7 y 2 respectivamente.

Horizonte Medio: La tercera capa estaría conformada por un material impermeable saturado de agua de granulometría fina con resistividades que varían desde $\rho_a=25$ Ohm-m a $\rho_a=26$ Ohmio-m cuyos espesores varían entre 3.8 a 5.8 metros en los Sev's 2 y 7 respectivamente.

Horizonte Inferior: La última capa estaría conformado por el acuífero, el cual está constituido por un material arena gravosa medianamente permeable saturado de agua, con resistividades bajas que varían desde $\rho_a=18$ Ohm-m a $\rho_a=24$ Ohmio-m con espesores que varían desde 12.8 a 56.5 metros en los Sev's 7 y 2 respectivamente.

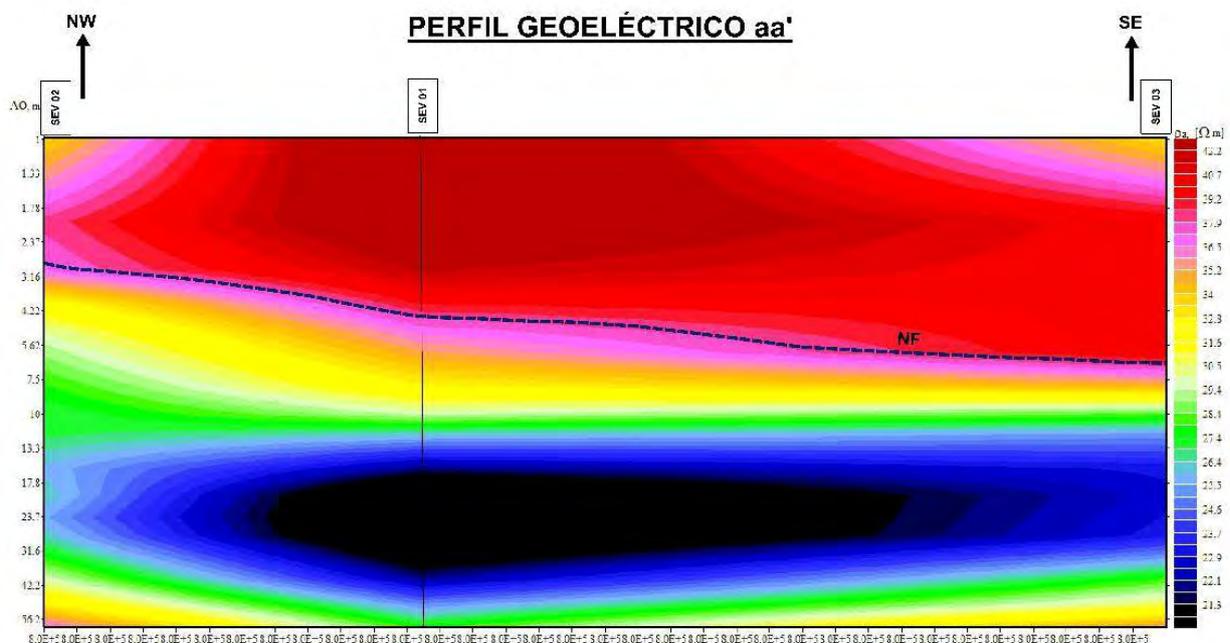
5.5 PERFILES GEOELÉCTRICOS CONFIGURACIÓN WENNER

Se realizó e interpretó tres perfiles geoelectricos en base a resultados obtenidos de los cuatro Sondeos Eléctricos Verticales, correlacionando los valores de las resistividades con la litología de la zona de estudio. Donde se puede observar las variaciones de resistividad para los diferentes puntos SEV en profundidad.

5.5.1 PERFIL GEOELÉCTRICO a-a'

Perfil geoelectrico a-a' con rumbo NW-SE, se realizó en base a tres sondajes **SEV-02**, **SEV-01** y **SEV-03**, cuyos resultados se muestran en la siguiente figura:

Figura 5.7 Perfil geoelectrico a-a' Wenner



Fuente: Elaboración propia

El **SEV 02** ubicado en el sector noroeste del perfil geo eléctrico a-a', se alcanzó a investigar hasta los 56 m de profundidad. En superficie se tiene una capa con resistividad de $\rho_a=32$ Ohmio-m con un espesor de $E=1.33$ m que corresponde a un material con más contenido de finos (limo-arcilloso); subyaciendo a una profundidad de $Z=1.33$ m se encuentra un material superficial de cobertura de suelo donde las resistividades son bajas y presentan humedad con una resistividad de $\rho_a=39$ Ohmio-m y $E=1.87$; subyaciendo a $Z=3.2$ m se encuentra un material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con una resistividad de $\rho_a= 32$ Ohmio-m con un espesor de $E=2.4$; subyaciendo a $Z=5.6$ m se encuentra un material impermeable saturado de agua con una resistividad de $\rho_a= 28$ Ohmio-m y $E=7.7$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z= 13.3$ m se encuentra el material permeable saturado de agua (Acuífero) con una resistividad de $\rho_a=24$ Ohmio-m y $E=16.7$ m, subyace a $Z= 30$ m el mismo material impermeable saturado de agua con una resistividad de $\rho_a= 28$ Ohmio-m y $E=11$ m; subyace a $Z= 41$ m el mismo material de granulometría fina (limo-arcilloso) con una resistividad de $\rho_a=32$ Ohmio-m y $E= 15$ m.

El **SEV 01** ubicado en el sector central del perfil geo eléctrico a-a', se alcanzó a investigar hasta los 56 m de profundidad. En superficie se tiene una capa delgada que corresponde a un material superficial de cobertura de suelo donde las resistividades son bajas y presentan humedad con una resistividad de $\rho_a=40$ Ohmio-m con un espesor de $E=4.5$ m; subyaciendo a profundidad de $Z=4.5$ m se encuentra una capa de material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con resistividad de $\rho_a=32$ Ohmio-m y $E=5.5$ m; subyace a $Z=10$ m un material impermeable saturado de agua con resistividad de $\rho_a=28$ Ohmio-m y $E=2$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z=12$ m se encuentra el material permeable saturado de agua (Acuífero) con una resistividad baja de $\rho_a=24$ Ohmio-m con un $E=42$ m; subyace a $Z=54$ m, el mismo material impermeable saturado de agua con granulometría fina con una resistividad de $\rho_a=28$ Ohmio-m con un espesor de $E=2$ m.

El **SEV 03** ubicado en el sector sureste del perfil geo eléctrico a-a', se alcanzó a investigar hasta los 56 m de profundidad. En superficie se tiene una capa con resistividad de $\rho_a=32$ Ohmio-m con un espesor

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

de $E=1.33$ m que corresponde a un material con más contenido de finos (limo-arcilloso); subyaciendo a una profundidad de $Z=1.33$ m se encuentra un material superficial de cobertura de suelo donde las resistividades son bajas y presentan humedad con una resistividad de $\rho_a=39$ Ohmio-m y $E=5$ m; subyaciendo a $Z=6.33$ m se encuentra un material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con una resistividad de $\rho_a= 32$ Ohmio-m con un espesor de $E=3.67$; subyaciendo a $Z=10$ m se encuentra un material impermeable saturado de agua con una resistividad de $\rho_a= 28$ Ohmio-m y $E=2$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z= 12$ m se encuentra el material permeable saturado de agua (Acuífero) con una resistividad de $\rho_a=24$ Ohmio-m y $E=21$ m, subyace a $Z= 33$ m el mismo material impermeable saturado de agua con una resistividad de $\rho_a= 28$ Ohmio-m y $E=11$ m; subyace a $Z= 44$ m el mismo material de granulometría fina (limo-arcilloso) con una resistividad de $\rho_a=32$ Ohmio-m y $E=12$ m.

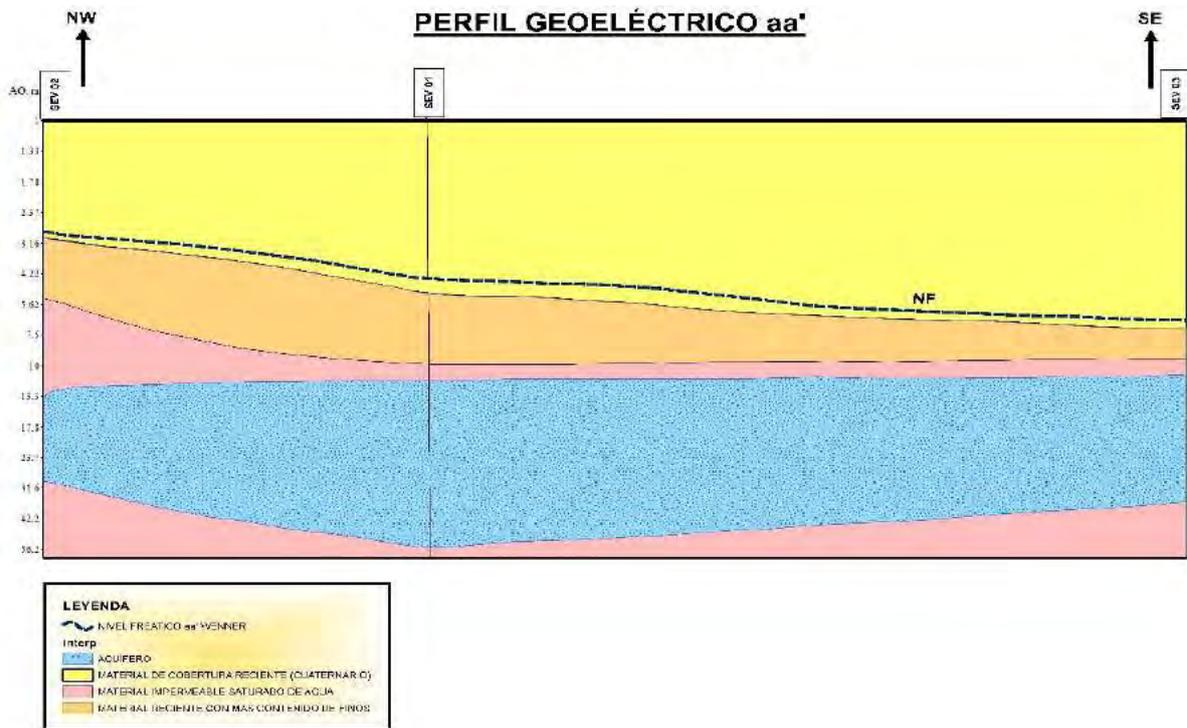
En este perfil geoelectrico AA', la napa freática se encuentra a las siguientes profundidades:

Ensayo SEV	Profundidad de la napa freática (m)
SEV 02	3.0
SEV 01	4.2
SEV 03	5.6

Tabla 5.7 Profundidad de la napa freática a-a' Wenner

INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DEL PERFIL GEOELÉCTRICO EN 2D

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”



Fuente: Elaboración propia

El resultado de esta interpretación geológica es un corte estratigráfico generalizado del área de estudio en el cual se identifica 4 horizontes, los cuales son:

Horizonte superficial: El cual está conformada por dos capas superficiales que relacionándolos con la posible naturaleza que las constituyen correspondería con el material de cobertura inconsolidado poroso de resistividades con valores desde $\rho_a= 35 \text{ Ohm-m}$ a $\rho_a= 42 \text{ Ohm-m}$ teniendo espesores que varían desde los 3.2 a 7.5 metros en los Sev's 2 y 3 respectivamente.

Horizonte Superior: La segunda capa estaría conformada por un material con más contenido de finos con valores de resistividades que varían desde $\rho_a=30 \text{ Ohm-m}$ a $\rho_a= 35 \text{ Ohm-m}$ con espesores que varían desde los 2.4 a 4.5 metros en los Sev's 2 y 1 respectivamente.

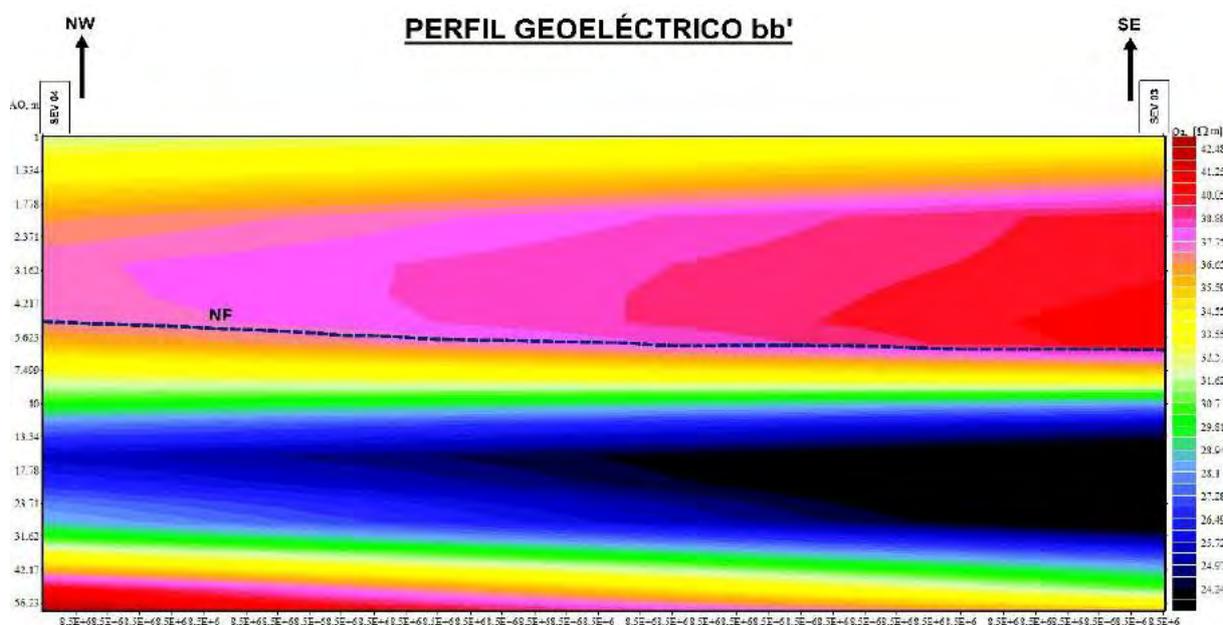
Horizonte Medio: La tercera capa estaría conformada por un material impermeable saturado de agua de granulometría fina con resistividades que varían desde $\rho_a=26 \text{ Ohm-m}$ a $\rho_a=30 \text{ Ohm-m}$ cuyos espesores varían entre 3.3 a 7.6 metros en los Sev's 3 y 2 respectivamente.

Horizonte Inferior: La última capa estaría conformado por el acuífero, el cual está constituido por un material arena gravosa medianamente permeable saturado de agua, con resistividades bajas que varían desde $\rho_a=21$ Ohm-m a $\rho_a=26$ Ohmio-m con espesores que varían desde 18.3 a 43.2 metros en los Sev's 2 y 1 respectivamente.

5.5.2 PERFIL GEOELÉCTRICO b-b'

Perfil geoelectrico b-b' con rumbo NW-SE, se realizó en base a dos sondajes **SEV-04**, **SEV-03**, cuyos resultados se muestran en la siguiente figura:

Figura 5.8 Perfil geoelectrico b-b' Wenner



Fuente: Elaboración propia

El **SEV 04** ubicado en el sector noroeste del perfil geoelectrico b-b', se alcanzó a investigar hasta los 56 m de profundidad. En superficie se tiene una capa con una resistividad de $\rho_a=34$ Ohmio-m con un espesor de $E=1.77$ m que corresponde a un material con más contenido de finos (limo-arcilloso); subyaciendo a una profundidad de $Z=1.77$ m se encuentra un material superficial de cobertura de suelo donde las resistividades son bajas y presentan humedad con una resistividad de $\rho_a=41$ Ohmio-m y $E=3.85$ m; subyaciendo a $Z=5.62$ m se encuentra un material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con una resistividad de $\rho_a=34$ Ohmio-m con un espesor de $E=2.38$ m; subyaciendo a $Z=8$ m

se encuentra un material impermeable saturado de agua con una resistividad de $\rho_a= 30$ Ohmio-m y $E=3$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z= 11$ m se encuentra el material permeable saturado de agua (Acuífero) con una resistividad de $\rho_a=27$ Ohmio-m y $E=20$ m, subyace a $Z= 31$ m el mismo material impermeable saturado de agua con una resistividad de $\rho_a= 30$ Ohmio-m y $E=2$ m; subyace a $Z= 33$ m el mismo material de granulometría fina (limo-arcilloso) con una resistividad de $\rho_a=34$ Ohmio-m y $E=9$ m; subyace a $Z= 42$ m un material correspondiente a cobertura de suelo donde las resistividades son bajas y presentan humedad con una resistividad de $\rho_a=41$ Ohmio-m y espesor indefinido.

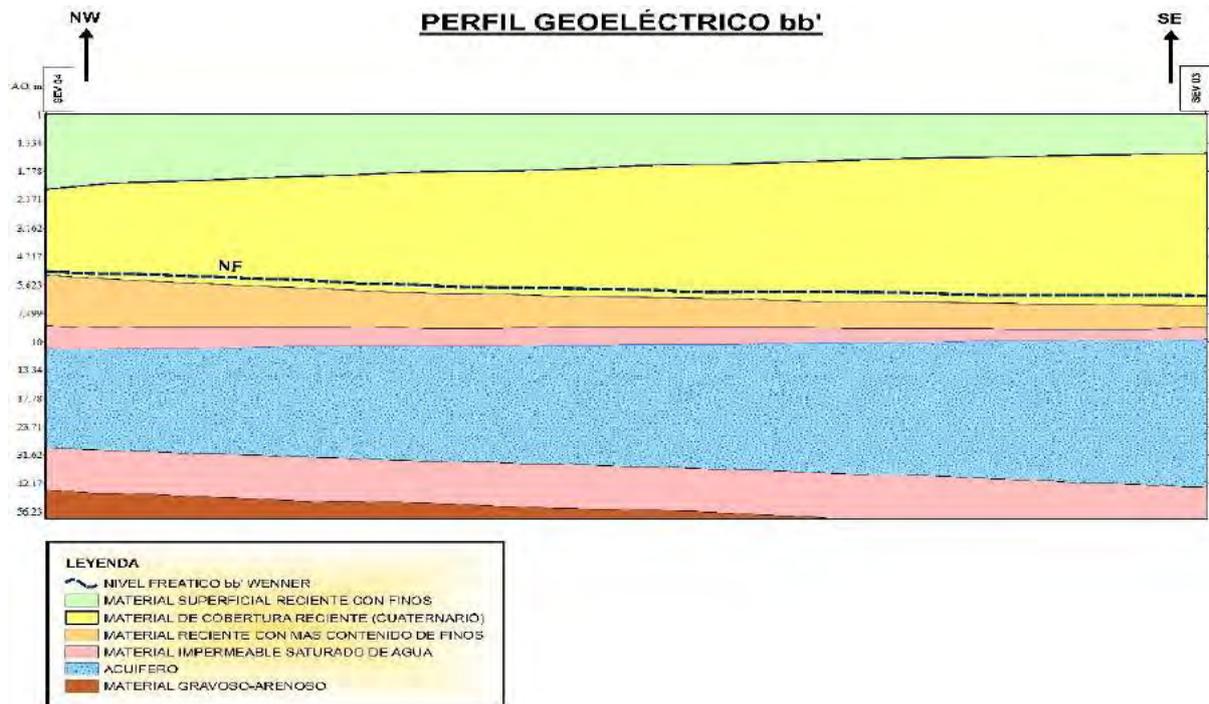
El **SEV 03** ubicado en el sector sureste del perfil geo eléctrico b-b', se alcanzó a investigar hasta los 56 m de profundidad. En superficie se tiene una capa con una resistividad de $\rho_a=34$ Ohmio-m con un espesor de $E=1.33$ m que corresponde a un material con más contenido de finos (limo-arcilloso); subyaciendo a una profundidad de $Z=1.33$ m se encuentra un material superficial de cobertura de suelo donde las resistividades son bajas y presentan humedad con una resistividad de $\rho_a=41$ Ohmio-m y $E=6.16$ m; subyaciendo a $Z=7.49$ m se encuentra un material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con una resistividad de $\rho_a= 34$ Ohmio-m con un espesor de $E=1.51$ m; subyaciendo a $Z=9$ m se encuentra un material impermeable saturado de agua con una resistividad de $\rho_a= 30$ Ohmio-m y $E=1$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z= 10$ m se encuentra el material permeable saturado de agua (Acuífero) con una resistividad de $\rho_a=27$ Ohmio-m y $E=32$ m, subyace a $Z= 42$ m el mismo material impermeable saturado de agua con una resistividad de $\rho_a= 30$ Ohmio-m y $E=3$ m; subyace a $Z= 45$ m el mismo material de granulometría fina (limo-arcilloso) con una resistividad de $\rho_a=34$ Ohmio-m y espesor indefinido.

En este perfil geoelectrico AA', la napa freática se encuentra a las siguientes profundidades:

Ensayo SEV	Profundidad de la napa freática (m)
SEV 04	5.0
SEV 03	6.0

Tabla 5.8 Profundidad de la napa freática

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”



Fuente: Elaboración propia

El resultado de esta interpretación geológica es un corte estratigráfico generalizado del área de estudio en el cual se identifica 4 horizontes, los cuales son:

Horizonte superficial: El cual está conformada por dos capas superficiales que relacionándolos con la posible naturaleza que las constituyen correspondería con el material de cobertura inconsolidado poroso de resistividades con valores desde $\rho_a = 37 \text{ Ohm-m}$ a $\rho_a = 42 \text{ Ohm-m}$ teniendo espesores que varían desde los 5 a 6 metros en los Sev's 4 y 3 respectivamente.

Horizonte Superior: La segunda capa estaría conformada por un material con más contenido de finos con valores de resistividades que varían desde $\rho_a = 31 \text{ Ohm-m}$ a $\rho_a = 37 \text{ Ohm-m}$ con espesores que varían desde los 2.6 a 4.4 metros aproximadamente en los Sev's 3 y 4 respectivamente.

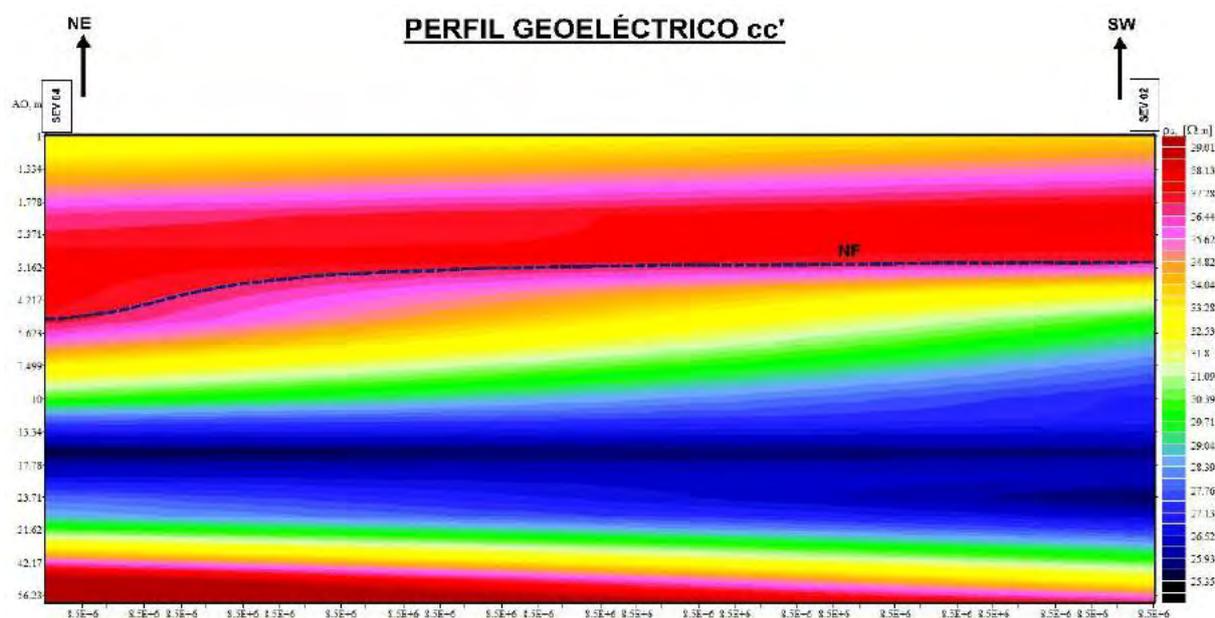
Horizonte Medio: La tercera capa estaría conformada por un material impermeable saturado de agua de granulometría fina con resistividades que varían desde $\rho_a = 29 \text{ Ohm-m}$ a $\rho_a = 31 \text{ Ohm-m}$ cuyos espesores varían entre 0.5 a 2.5 metros aproximadamente en los Sev's 3 y 2 respectivamente.

Horizonte Inferior: El cual está conformado por dos capas que correspondería con el material de acuífero, el cual está constituido por un material arena gravosa medianamente permeable saturado de agua, con resistividades bajas que varían desde $\rho_a=24$ Ohm-m a $\rho_a=29$ Ohm-m con espesores que varían desde 21 a 32 metros aproximadamente en los Sev's 4 y 3 respectivamente.

5.5.3 PERFIL GEOELÉCTRICO c-c'

Perfil geoelectrico cc' con rumbo NE-SW, se realizó en base a dos sondajes SEV-04, SEV- 02, cuyos resultados se muestran en la siguiente figura:

Figura 5.9 Perfil geoelectrico c-c' Wenner



Fuente: Elaboración propia

El **SEV 04** ubicado en el sector noreste del perfil geoelectrico c-c', se alcanzó a investigar hasta los 56 m de profundidad. En superficie se tiene una capa con una resistividad de $\rho_a=33$ Ohm-m con un espesor de $E=1.5$ m que corresponde a un material con más contenido de finos (limo-arcilloso); subyaciendo a una profundidad de $Z=1.5$ m se encuentra un material superficial de cobertura de suelo donde las resistividades son bajas y presentan humedad con una resistividad de $\rho_a=38$ Ohm-m y $E=4.3$ m; subyaciendo a $Z=5.8$ m se encuentra un material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con una resistividad de $\rho_a=33$ Ohm-m con un espesor de $E=3.2$ m; subyaciendo a $Z=9$ m se encuentra

un material impermeable saturado de agua con una resistividad de $\rho_a= 30$ Ohmio-m y $E=2$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z= 11$ m se encuentra el material permeable saturado de agua (Acuífero) con una resistividad de $\rho_a=27$ Ohmio-m y $E=19$ m, subyace a $Z= 30$ m el mismo material impermeable saturado de agua con una resistividad de $\rho_a= 30$ Ohmio-m y $E=2$ m; subyace a $Z= 32$ m el mismo material de granulometría fina (limo-arcilloso) con una resistividad de $\rho_a=33$ Ohmio-m y $E=7$ m; subyace a $Z= 39$ m un material correspondiente a cobertura de suelo donde las resistividades son bajas y presentan humedad con una resistividad de $\rho_a=38$ Ohmio-m y espesor indefinido.

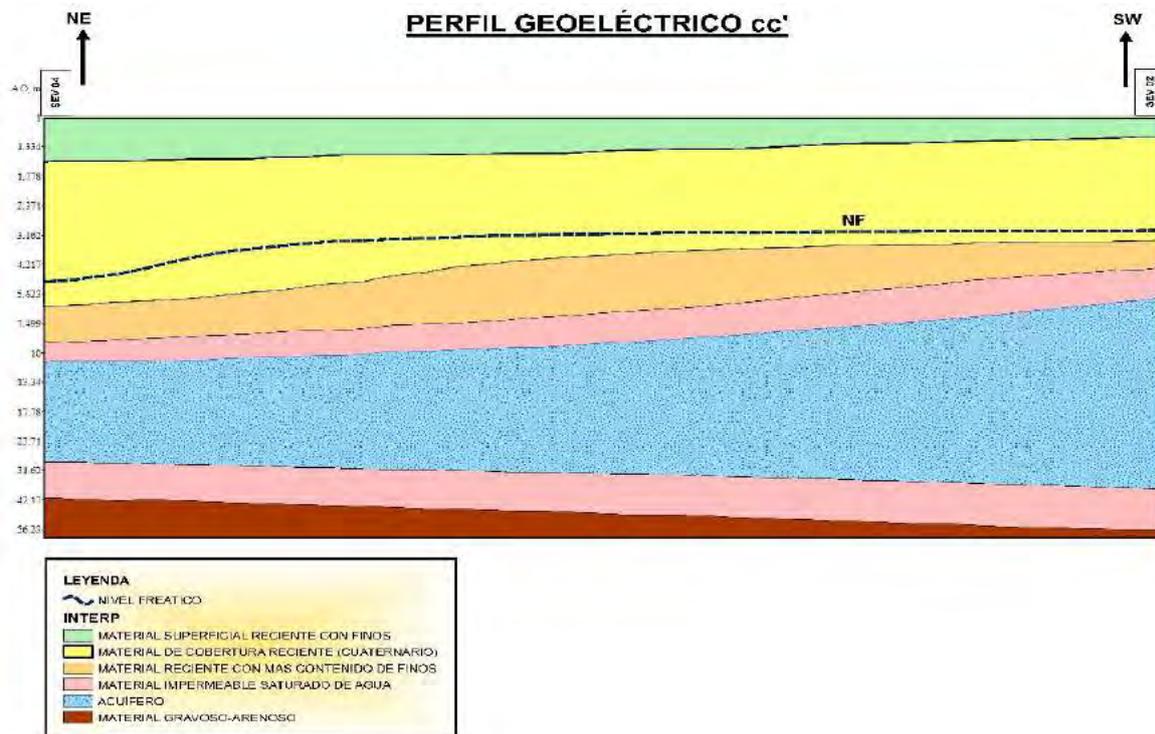
El **SEV 02** ubicado en el sector sureste del perfil geo eléctrico b-b', se alcanzó a investigar hasta los 56 m de profundidad. En superficie se tiene una capa con una resistividad de $\rho_a=33$ Ohmio-m con un espesor de $E=1$ m que corresponde a un material con más contenido de finos (limo-arcilloso); subyaciendo a una profundidad de $Z=1$ m se encuentra un material superficial de cobertura de suelo donde las resistividades son bajas y presentan humedad con una resistividad de $\rho_a=38$ Ohmio-m y $E=2.2$ m; subyaciendo a $Z=3.2$ m se encuentra un material reciente con más contenido de finos (limo-arcilloso) con una resistividad de $\rho_a= 33$ Ohmio-m con un espesor de $E=1.1$ m; subyaciendo a $Z=4.3$ m se encuentra un material impermeable saturado de agua con una resistividad de $\rho_a= 30$ Ohmio-m y $E=1.3$ m; subyaciendo a una profundidad de $Z= 5.6$ m se encuentra el material permeable saturado de agua (Acuífero) con una resistividad de $\rho_a=27$ Ohmio-m y $E=24.4$ m, subyace a $Z= 30$ m el mismo material impermeable saturado de agua con una resistividad de $\rho_a= 30$ Ohmio-m y $E=10$ m; subyace a $Z= 40$ m el mismo material de granulometría fina (limo-arcilloso) con una resistividad de $\rho_a=38$ Ohmio-m y espesor indefinido.

En este perfil geoeléctrico AA', la napa freática se encuentra a las siguientes profundidades:

Ensayo SEV	Profundidad de la napa freática (m)
SEV 04	5.0
SEV 02	3.0

Tabla 5.9 Profundidad de la napa freática c-c' Wenner

INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DEL PERFIL GEOELÉCTRICO EN 2D



Fuente: Elaboración propia

El resultado de esta interpretación geológica es un corte estratigráfico generalizado del área de estudio en el cual se identifica 4 horizontes, los cuales son:

Horizonte superficial: El cual está conformada por dos capas superficiales que relacionándolos con la posible naturaleza que las constituyen correspondería con el material de cobertura inconsolidado poroso de resistividades con valores desde $\rho_a = 34 \text{ Ohm-m}$ a $\rho_a = 39 \text{ Ohm-m}$ teniendo espesores que varían desde los 3.2 a 5.8 metros aproximadamente en los Sev's 2 y 4 respectivamente.

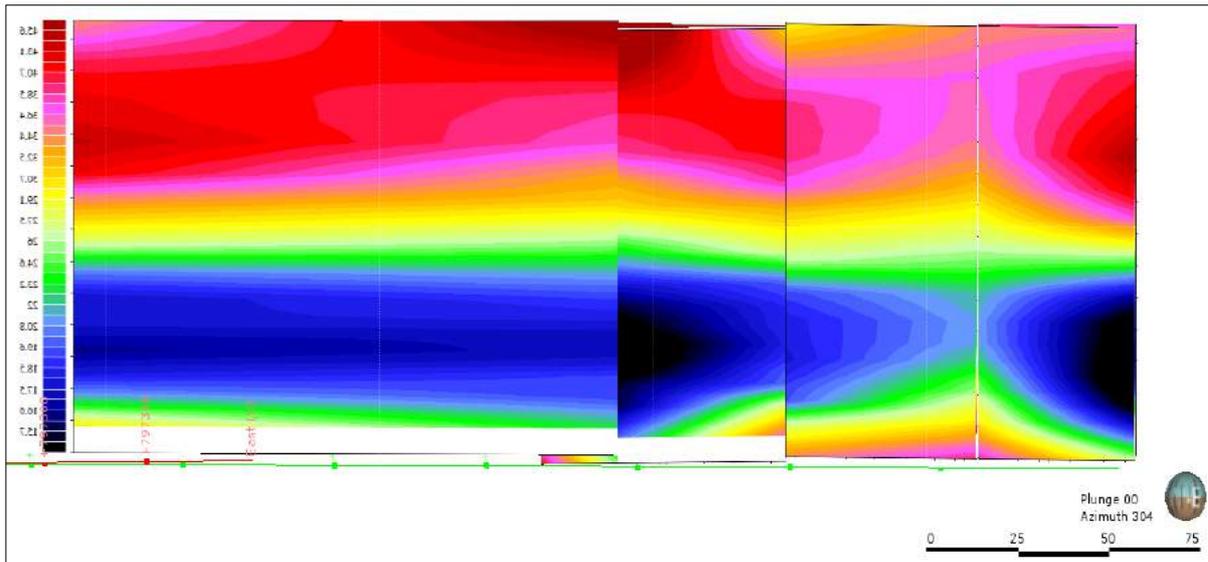
Horizonte Superior: La segunda capa estaría conformada por un material con más contenido de finos con valores de resistividades que varían desde $\rho_a = 31 \text{ Ohm-m}$ a $\rho_a = 34 \text{ Ohm-m}$ con espesores que varían desde los 1.1 a 3.2 metros aproximadamente en los Sev's 2 y 4 respectivamente.

Horizonte Medio: La tercera capa estaría conformada por un material impermeable saturado de agua de granulometría fina con resistividades que varían desde $\rho_a = 29 \text{ Ohm-m}$ a $\rho_a = 31 \text{ Ohm-m}$ cuyos espesores varían entre 1.4 a 2.0 metros aproximadamente en los Sev's 2 y 4 respectivamente.

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

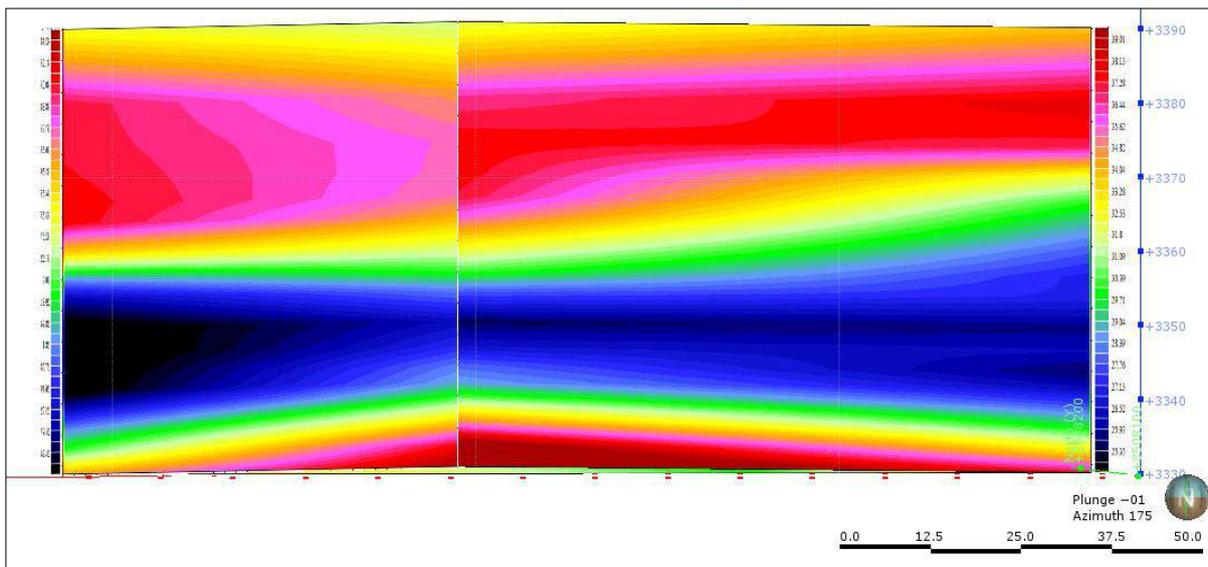
Horizonte Inferior: El cual está conformado por dos capas que correspondería con el material de acuífero, el cual está constituido por un material arena gravosa medianamente permeable saturado de agua, con resistividades bajas que varían desde $\rho_a=25$ Ohm-m a $\rho_a=29$ Ohm-m con espesores que varían desde 20 a 27 metros aproximadamente en los Sev's 4 y 2 respectivamente.

Figura 5.10 Modelo en 3d de los Perfiles Geoelectricos Configuración Schlumberger

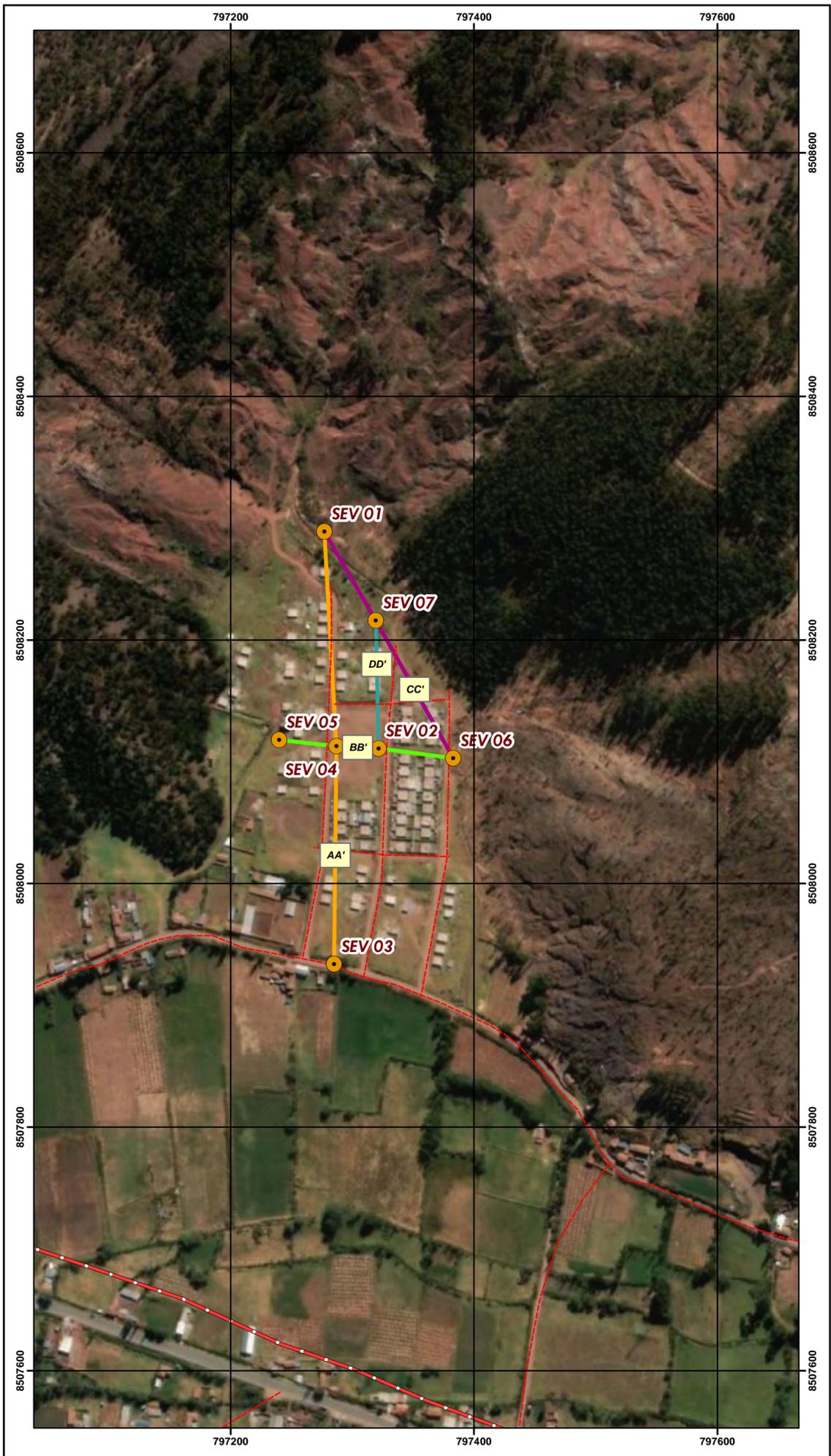


Fuente: Elaboración propia

Figura 5.11 Modelo en 3d de los Perfiles Geoelectricos Configuración Wenner



Fuente: Elaboración propia



LEYENDA

-  SEV Configuración Schlumberger
-  PERFIL GEOELÉCTRICO A-A'
-  PERFIL GEOELÉCTRICO B-B'
-  PERFIL GEOELÉCTRICO C-C'
-  PERFIL GEOELÉCTRICO D-D'
-  SEV Configuración Wenner
-  PERFIL GEOELÉCTRICO aa'
-  PERFIL GEOELÉCTRICO bb'
-  PERFIL GEOELÉCTRICO cc'
-  Red Vial Distrital



	
TESIS: "EVALUACIÓN HIDROGEOLOGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZÚRITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"	
PLANO: UBICACION DE SEV Y PERFILES GEOELÉCTRICOS	Fecha: 15/02/2021 Escala: 1:3,000
Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga	
Datum: WGS 84 Zona: 18 L	
ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán	Nº PLANO: 5.0

6 CAPITULO VI: HIDROGEOLOGÍA

6.1 MAPEO HIDROLÓGICO DE FUENTES

El mapeo hidrológico de fuentes de agua subterránea y superficiales fue llevado a cabo en el área de estudio en el mes de agosto del 2019; el cual proporcionó información técnica (características físico-químicas) logrando identificar (05) fuentes de agua subterránea, dentro de las cuales se tiene afloramientos naturales (manantiales) y estructuras hidráulicas (pozos), así mismo se identificó (02) fuentes de agua superficiales (rio y canales).

El área de estudio localmente se encuentra en la margen izquierda del rio Pitumayo, en la pampa de Anta, donde se encuentra manantiales que están relacionadas con el aspecto litológico y estructural.

Tabla 6.1 Tipos de fuentes de agua

Fuentes subterráneas	
Manantiales	Pozo
2	3
Fuentes Superficiales	
Canales	Rio
1	1

Fuente: Elaboración Propia.

6.1.1 DESCRIPCION DEL TIPO DE FUENTE

Se decidió realizar una clasificación de fuentes de agua tomando en cuenta su tipo, las cuales serán descritas en base a los parámetros físico-químicos tomados en campo, que a continuación se presenta:

- ✓ **Pozo:** Se identificó (04) pozos, donde uno de ellos se encuentra abandonado junto con su piezómetro así mismo el pozo de perforación y de observación, cuentan con una temperatura que varía de 11°C a 12°C, un PH que varía de 7.5 a 7.8 aguas neutras, total de solidos disueltos entre 280 ppm y 320 ppm y una conductividad eléctrica de 560 a 640 $\mu\text{S/cm}$.
- ✓ **Manantiales:** Se identificó (02) manantiales con temperaturas de 11.2°C y 11.9°C, un PH de 7.2 y 7.3 aguas neutras, total de solidos disueltos 370 y 390 ppm y una conductividad eléctrica de 730 y 790 $\mu\text{S/cm}$.

- ✓ **Rio:** Se identificó (01) rio llamado Pitumayo en donde sus parámetros fisicoquímicos registraron una temperatura de 12.1 °C, total de solidos disueltos 170 ppm, PH de 8.2 aguas neutras ligeramente alcalinas y su CE 350 μS/cm.
- ✓ **Canal:** Se identificó (01) canal donde la temperatura es de 12.2 °C, PH de 8.0 aguas ligeramente alcalinas, total de solidos disueltos 200 ppm y una CE de 390 μS/cm.

6.1.2 INVENTARIO DE FUENTES SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES

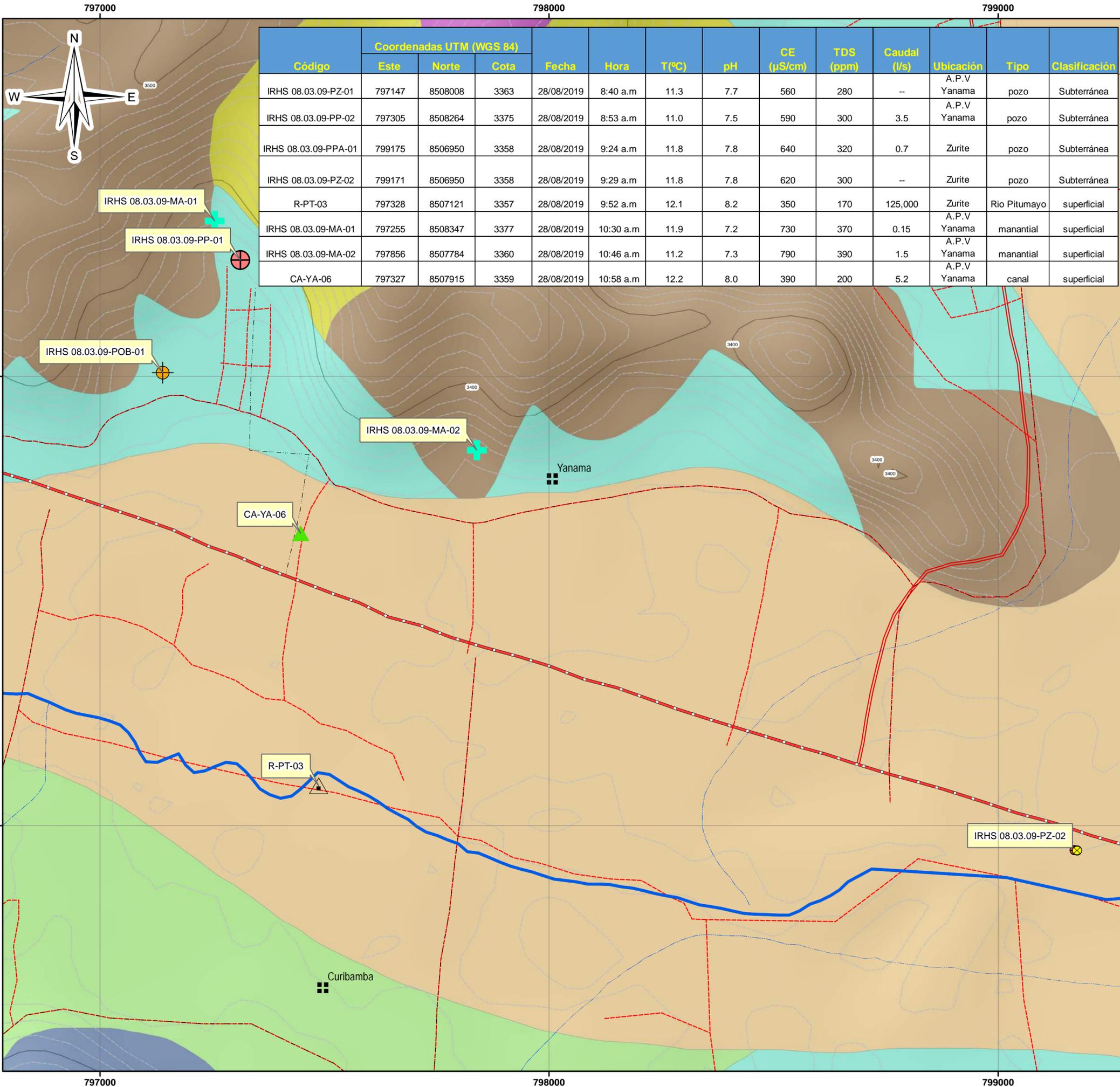
Durante esta fase de la evaluación hidrogeológica llevado a cabo en la etapa de campo se realizó el inventario de fuentes de agua subterránea y superficiales que se encuentran en la zona de estudio, teniendo como herramienta fundamental un mapa base para luego recorrer toda el área que corresponde a 1 km² a la redonda del punto de interés. Cabe mencionar que tomamos como referencia un inventario de años anteriores según el ANA, así mismo la codificación de las fuentes de aguas subterráneas se hizo según la nomenclatura establecida por la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos del Ministerio de Agricultura y Riego.

La colecta de la información se realizó tomando muestras de cada fuente para así evaluarlas a través del multi-parámetro, el cual nos brindó parámetros como: Total de sólidos disueltos (TDS), temperatura, potencial de hidrogeno (PH) y conductividad eléctrica además de su ubicación espacial con ayuda de un GPS. (Ver tablas)

Tabla 6.2 Inventario de fuentes de agua

Código	Coordenadas UTM (WGS 84)			Fecha	Hora
	Este	Norte	Cota		
IRHS 08.03.09-PZ-01	797147	8508008	3363	28/08/2019	08:40:14 am
IRHS 08.03.09-PZ-02	797305	8508264	3375	28/08/2019	08:53:15 am
IRHS 08.03.09-PPA-01	799175	8506950	3358	28/08/2019	09:24:11 a.m.
R-PT-03	797328	8507121	3357	28/08/2019	09:52:09 a.m.
IRHS 08.03.09-MA-01	797255	8508347	3377	28/08/2019	10:30:52 a.m.
IRHS 08.03.09-MA-02	797856	8507784	3360	28/08/2019	10:46:40 a.m.
CA-YA-06	797327	8507915	3359	28/08/2019	10:58:02 a.m.

Fuente: Elaboración Propia.



Código	Coordenadas UTM (WGS 84)			Fecha	Hora	T(°C)	pH	CE (μS/cm)	TDS (ppm)	Caudal (l/s)	Ubicación	Tipo	Clasificación
	Este	Norte	Cota										
IRHS 08.03.09-PZ-01	797147	8508008	3363	28/08/2019	8:40 a.m	11.3	7.7	560	280	--	A.P.V Yanama	pozo	Subterránea
IRHS 08.03.09-PP-02	797305	8508264	3375	28/08/2019	8:53 a.m	11.0	7.5	590	300	3.5	A.P.V Yanama	pozo	Subterránea
IRHS 08.03.09-PPA-01	799175	8506950	3358	28/08/2019	9:24 a.m	11.8	7.8	640	320	0.7	Zurite	pozo	Subterránea
IRHS 08.03.09-PZ-02	799171	8506950	3358	28/08/2019	9:29 a.m	11.8	7.8	620	300	--	Zurite	pozo	Subterránea
R-PT-03	797328	8507121	3357	28/08/2019	9:52 a.m	12.1	8.2	350	170	125,000	Zurite	Rio Pitumayo	superficial
IRHS 08.03.09-MA-01	797255	8508347	3377	28/08/2019	10:30 a.m	11.9	7.2	730	370	0.15	A.P.V Yanama	manantial	superficial
IRHS 08.03.09-MA-02	797856	8507784	3360	28/08/2019	10:46 a.m	11.2	7.3	790	390	1.5	A.P.V Yanama	manantial	superficial
CA-YA-06	797327	8507915	3359	28/08/2019	10:58 a.m	12.2	8.0	390	200	5.2	A.P.V Yanama	canal	superficial



Simbología

	Curvas Principales		Caminos
	Curvas Secundarias		Canal
	Capital de distrito		Manante 01
	Comunidades		Manante 02
	Canal de Tierra		Piezometro
	Rio principal		Pozo 01
	Quebrada		Pozo 02 abandonado
	Quebrada seca una parte del año		Pozo de observación
	Red vial Nacional		Rio
	Carretera afirmada, transitable		

Escala Gráfica 0 250 500 Metros

Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

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

TESIS:
 "EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"

PLANO: INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA	Fecha: 20/02/2021 Escala: 1:6,000
Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga	Datum: WGS 84 Zona: 18 L
ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán	Nº PLANO: 6.1

6.2 EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE BOMBEO

Para que podamos obtener los parámetros hidrogeológicos de un acuífero (conductividad hidráulica K , transmisibilidad T y coeficiente de almacenamiento S) es necesario la realización de ensayos y pruebas de bombeo o de agotamiento en el pozo.

Cabe mencionar que las pruebas de bombeo se realizaron con el objeto de evaluar el comportamiento hidráulico del acuífero llevándolo a un estrés hídrico con la finalidad de evaluar como es el comportamiento del acuífero cuando este se encuentre en operación.

Se realizó también el ensayo de Lefranc a nivel de carga constante ya que es uno de los métodos en campo (In Situ) con mayor fiabilidad y práctico para la determinación del coeficiente de permeabilidad K .

Las pruebas de bombeo se desarrollaron en el pozo de bombeo a caudal constante durante 3 horas. La información obtenida fue procesada mediante los métodos de Theis y Hantush además se ser contrastada mediante un software utilizado para la interpretación de pruebas hidráulicas.

6.2.1 PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE

Con el objetivo de obtener los parámetros hidráulicos referenciales, se realizó la prueba de bombeo del acuífero durante 03 horas dentro del cual se tomaron datos del nivel de agua en un intervalo de 30 segundos y un minuto inicialmente para luego variar a dos, cinco, diez y veinte minutos hasta lograr encontrar finalmente el nivel dinámico del acuífero como se muestran en los cuadros 6.1 y 6.2 con sus respectivos gráficos del descenso y recuperación de acuífero.

El caudal fue registrado mediante el caudalímetro el cual fue instalado en la tubería de descarga en donde el nivel del agua se midió mediante el instrumento WATER LEVEL tomando los resultados en un formato de fuente propia de la empresa.

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

En el acuífero en el cual se hizo el bombeo a caudal constante fue de tipo semiconfinado al cual se le suprayace un Acuitardo (Arcillo-Arenoso) y encima de este se encuentra los materiales arenosos, gravosos los cuales vendrían a ser el acuífero libre.

COORDENADAS DEL POZO-APV YANAMA AYLLOMAYO

Descripción	Este	Norte	Altitud
POZO	797273.168	8508295.24	3395

Figura 6.1 Ubicación de pozo proyectado



Fuente: Elaboración Propia.

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla 6.3 Prueba de bombeo caudal constante fase de descenso

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE FASE DESCENSO						
POZO ARTESIANO- APV YANAMA AYLLOMAYO						
Departamento: Cusco		Provincia: Anta		Distrito: Zurite		
Propietario del pozo: APV- Yanama Ayllomayo						
Ejecutores: G&S ALLPA CONSULTORES				NE (Nivel Estático)= 7.18 m		
Supervisada: Ronald Ortega				ND(Nivel Dinámico)= 11.67 m		
Caudal de bombeo ponderado(Q):		3.5 l/s		Tiempo de Bombeo= 180 min		
Fecha: 05/09/19						
TIEMPO				CAUDAL	DESCENSO DEL NIVEL DEL AGUA	
Día	Hora	Min	Seg	mm3/seg	Profundidad ND (m)	ABATIMIENTO (m)
1	09.00.00 a.m.	0	0	3.5	7.18	0
			30	3.5	7.35	0.17
		1	60	3.5	7.51	0.33
			90	3.5	7.69	0.51
		2	120	3.5	7.84	0.66
			150	3.5	8.02	0.84
		3	180	3.5	8.19	1.01
		4	240	3.5	8.34	1.16
		5	300	3.5	8.53	1.35
		6	360	3.5	8.69	1.51
		7	420	3.5	8.87	1.69
		8	480	3.5	9.04	1.86
		9	540	3.5	9.18	2.00
	09.10.00 a.m.	10	600	3.5	9.33	2.15
		12	720	3.5	9.46	2.28
		14	840	3.5	9.58	2.40
		16	960	3.5	9.71	2.53
		18	1080	3.5	9.86	2.68
		20	1200	3.5	9.99	2.81
		22	1320	3.5	10.10	2.92
		24	1440	3.5	10.21	3.03
		26	1560	3.5	10.33	3.15
		28	1680	3.5	10.42	3.24
	09.30.00 a.m.	30	1800	3.5	10.53	3.35
		35	2100	3.5	10.62	3.44
		40	2400	3.5	10.73	3.55
		45	2700	3.5	10.81	3.63
		50	3000	3.5	10.90	3.72
		55	3300	3.5	10.98	3.8
	10.00.00 a.m.	60	3600	3.5	11.08	3.9
		70	4200	3.5	11.17	3.99
		80	4800	3.5	11.25	4.07
		90	5400	3.5	11.32	4.14
		100	6000	3.5	11.40	4.22
		110	6600	3.5	11.47	4.29
	11.00.00 a.m.	120	7200	3.5	11.55	4.37
		140	8400	3.5	11.62	4.44
		160	9600	3.5	11.67	4.49
	12.00.00 p.m.	180	10800	3.5	11.67	4.49

Fuente: Elaboración propia.

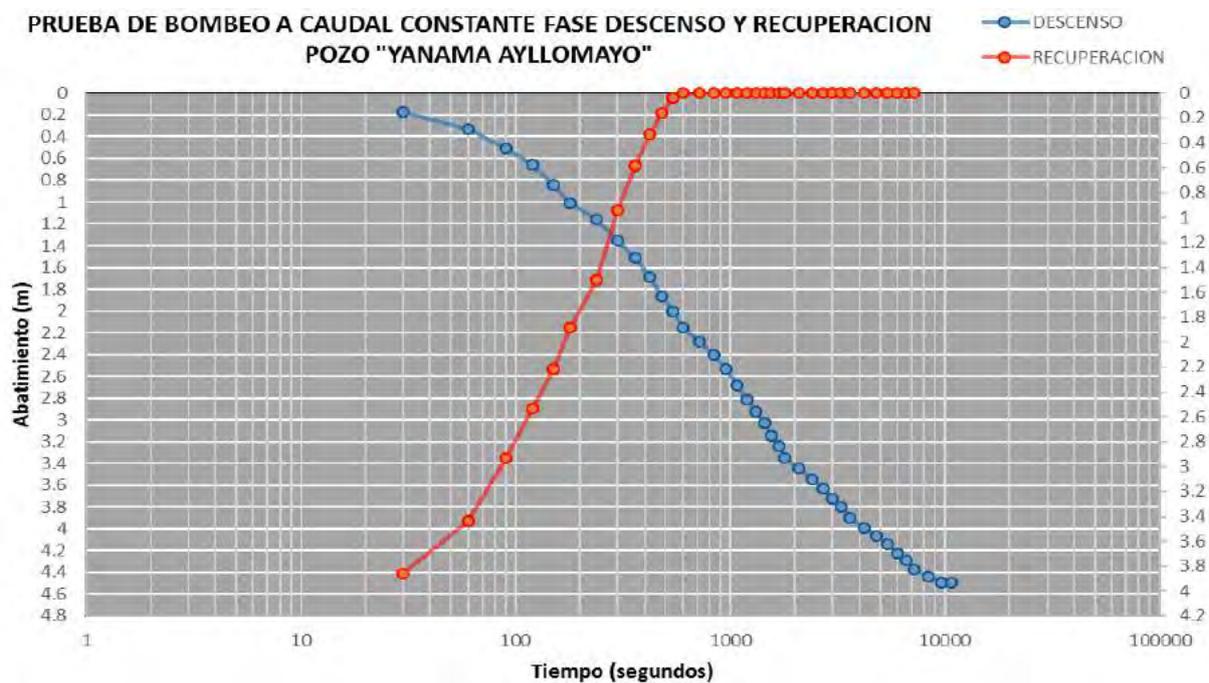
“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla 6.4 Prueba de bombeo caudal constante fase de recuperación

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE FASE DE RECUPERACIÓN						
POZO ARTESIANO- APV YANAMA AYLLOMAYO						
Departamento: Cusco		Provincia: Anta		Distrito: Zurite		
Propietario del pozo: APV- Yanama Ayllomayo						
Ejecutores: G&S ALLPA CONSULTORES				NE (Nivel Estático)= 7.18 m		
Supervisada: Ronald Ortega				Tiempo de Recuperacion= 10 min		
Fecha: 05/09/19						
TIEMPO				CAUDAL	RECUPERACIÓN DEL NIVEL DEL AGUA	
Día	Hora	Min	Seg	mm3/seg	Profundidad ND (m)	REBATIMIENTO (m)
1	12.00.00 p.m.	0	0		11.67	4.49
			30		11.04	3.86
		1	60		10.62	3.44
			90		10.11	2.93
		2	120		9.71	2.53
			150		9.40	2.22
		3	180		9.06	1.88
		4	240		8.68	1.5
		5	300		8.12	0.94
		6	360		7.76	0.58
		7	420		7.51	0.33
		8	480		7.34	0.16
		9	540		7.22	0.04
	12.10.00 p.m.	10	600		7.18	0
		12	720		7.18	0
		14	840		7.18	0
		16	960		7.18	0
		18	1080		7.18	0
		20	1200		7.18	0
		22	1320		7.18	0
		24	1440		7.18	0
		26	1560		7.18	0
		28	1680		7.18	0
	12.30.00 p.m.	30	1800		7.18	0
		35	2100		7.18	0
		40	2400		7.18	0
		45	2700		7.18	0
		50	3000		7.18	0
		55	3300		7.18	0
	01.00.00 p.m.	60	3600		7.18	0
		70	4200		7.18	0
		80	4800		7.18	0
		90	5400		7.18	0
		100	6000		7.18	0
		110	6600		7.18	0
	02.00.00 p.m.	120	7200		7.18	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.1 Prueba de bombeo fase descenso y ascenso



Fuente: Elaboración propia

6.2.2 ENSAYO A NIVEL DE CARGA CONSTANTE (LEFRANC)

Se realizó este tipo de procedimiento ya que en el Logueo de detritos de la perforación se identificó suelos arenosos, gravosos y arcillosos con restos de rocas volcánicas fracturadas de andesita todo ello conformando un complejo de estratos múltiples. Cabe indicar que este tipo de ensayo permite hallar el coeficiente de permeabilidad en rocas con bajo RQD.

En este tipo de ensayo el caudal ingresado para mantener el nivel de carga constante fue registrado mediante el caudalímetro, y una vez estabilizado el nivel se procedió a tomar las lecturas de caudal acumulado en este caso para cada minuto, logrando estimar una variación de caudal constante a lo largo del tiempo del ensayo.

6.3 HIDRODINÁMICA DEL ACUÍFERO

Para determinar las características hidráulicas del acuífero y el funcionamiento de este, es necesario apoyarnos en la geohidráulica como herramienta ya que además de ocuparse de la cantidad y del flujo del agua subterránea estudia las leyes físicas de éste en los acuíferos, desarrollando métodos

para la cuantificación de los parámetros físicos con el objetivo de poder calcular el flujo del agua subterránea en el sistema hidrológico además de incluir un modelo matemático en 3D.

Para conseguir lo mencionado anteriormente se realizó el ensayo Lefranc, la prueba de bombeo a caudal constante, los cuales permitieron determinar los parámetros hidrogeológicos.

6.3.1 PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO

En todo acuífero es necesario determinar sus parámetros hidrogeológicos como la transmisividad T, el coeficiente de almacenamiento S y la conductividad hidráulica K ya que te permite el reconocimiento del complejo pozo-acuífero, así como clasificarlo; para este último es necesario tener en cuenta la aplicación de la ley de DARCY en el campo para acuíferos semiconfinados.

6.3.2 CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (K) DEL ACUÍFERO

Se realizó el ensayo a nivel de carga constante (Ensayo Lefranc) para obtener el coeficiente de permeabilidad, en donde mediante diferencias del caudal acumulado ($Q_{(t+1)}-Q_t$) por cada minuto registrado por el caudalímetro se determinó la tendencia a una variación de caudal constante (l/s) a través del tiempo (min); cabe aclarar que se realizó este tipo de ensayo y no el ensayo Lugeon debido a que la roca no posee un buen RQD.

Una vez establecido una variación de caudal constante por minuto se procedió al cálculo de un caudal promedio. Por consiguiente, teniendo además la longitud del tramo de ensayo, el diámetro de la perforación y la sobrecarga hidráulica se nos es factible el cálculo del coeficiente de permeabilidad del acuífero mediante la siguiente fórmula:

Dónde:

$$K = \frac{Q}{2\pi\Delta h l} \log \frac{2l}{\phi}$$

K: Coeficiente de permeabilidad.

l: Longitud del tramo de ensayo.

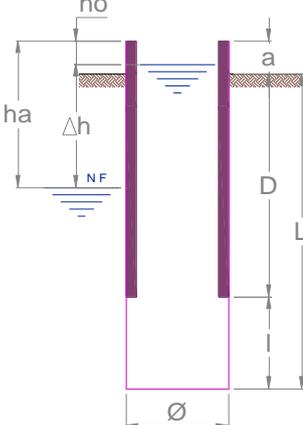
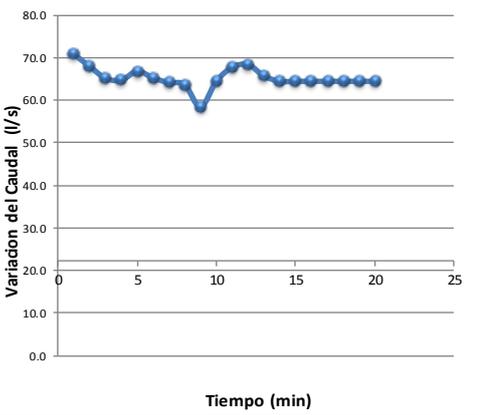
Q: Caudal constante.

Δh : Sobrecarga hidráulica.

ϕ : Diámetro de perforación.

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla 6.5 Ensayo de Lefranc a nivel de carga constante

		ENSAYOS DE PERMEABILIDAD (Tipo LEFRANC)			MQ-710-07																																																																																																																																																																					
PROYECTO:	NUEVO AMANECER	Sondaje:		HIDRO-01																																																																																																																																																																						
CLIENTE:	YANAMA AYLLOMAYO	Litología:																																																																																																																																																																								
Fecha:	7/09/2019	Hr. Inicio:	20:00	Hr. Fin.:	21:00																																																																																																																																																																					
Ejecutado:	G&S ALLPA CONSULTORES	Revisado:	JOSE SANTIAGODELGADO ZUÑIGA																																																																																																																																																																							
		a altura casing sobre plataforma 0.30 m ha prof. nivel freático 9.56 m D profundidad de zapata 56.00 m L profundidad de la perforación 60.00 m Δh sobrecarga hidráulica 5112.00 cm d diametro interior del casing 13.97 cm Ø diametro perforación 15.24 cm l longitud de tramo de ensayo 4.00 m Antes del ensayo 400.00 cm Despues del ensayo 400.00 cm ho prof. Inicial del agua (t=0) 718.00 cm hn prof. Nivel de agua en tn tn tiempo de medición 20- mints.																																																																																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ensayo con nivel variable</th> <th colspan="4">Ensayo con nivel constante</th> </tr> <tr> <th colspan="3">ho(m) =</th> <th colspan="4">ho = Δt=1min, q en litros</th> </tr> <tr> <th>tn(min)</th> <th>hn(m)</th> <th>Δh(m)</th> <th> Lectura</th> <th> q</th> <th> Lectura</th> <th> q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>z</td><td></td><td>30.00</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td>100.80</td><td>70.80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td>168.70</td><td>67.90</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>233.80</td><td>65.10</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td>298.50</td><td>64.70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td>365.30</td><td>66.80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td>430.50</td><td>65.20</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td>494.60</td><td>64.10</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td>558.20</td><td>63.60</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td>616.50</td><td>58.30</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td>680.90</td><td>64.40</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td>748.60</td><td>67.70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td>817.00</td><td>68.40</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td>882.70</td><td>65.70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td>947.10</td><td>64.40</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td>1011.50</td><td>64.40</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td>1075.90</td><td>64.40</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td>1140.30</td><td>64.40</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td>1204.70</td><td>64.40</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td>1269.10</td><td>64.40</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td>1333.50</td><td>64.40</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Ensayo con nivel variable			Ensayo con nivel constante				ho(m) =			ho = Δt=1min, q en litros				tn(min)	hn(m)	Δh(m)	Lectura	q	Lectura	q	0	z		30.00				1			100.80	70.80			2			168.70	67.90			3			233.80	65.10			4			298.50	64.70			5			365.30	66.80			6			430.50	65.20			7			494.60	64.10			8			558.20	63.60			9			616.50	58.30			10			680.90	64.40			11			748.60	67.70			12			817.00	68.40			13			882.70	65.70			14			947.10	64.40			15			1011.50	64.40			16			1075.90	64.40			17			1140.30	64.40			18			1204.70	64.40			19			1269.10	64.40			20			1333.50	64.40			 <p align="center">l/Ø 26.25</p> <p>CALCULO DE CAUDAL (cm3/seg):</p> $Q = \frac{\pi l^2 \Delta h}{4 \times 60 T m} = 1086.3 \text{ cm}^3/\text{seg}$
Ensayo con nivel variable			Ensayo con nivel constante																																																																																																																																																																							
ho(m) =			ho = Δt=1min, q en litros																																																																																																																																																																							
tn(min)	hn(m)	Δh(m)	Lectura	q	Lectura	q																																																																																																																																																																				
0	z		30.00																																																																																																																																																																							
1			100.80	70.80																																																																																																																																																																						
2			168.70	67.90																																																																																																																																																																						
3			233.80	65.10																																																																																																																																																																						
4			298.50	64.70																																																																																																																																																																						
5			365.30	66.80																																																																																																																																																																						
6			430.50	65.20																																																																																																																																																																						
7			494.60	64.10																																																																																																																																																																						
8			558.20	63.60																																																																																																																																																																						
9			616.50	58.30																																																																																																																																																																						
10			680.90	64.40																																																																																																																																																																						
11			748.60	67.70																																																																																																																																																																						
12			817.00	68.40																																																																																																																																																																						
13			882.70	65.70																																																																																																																																																																						
14			947.10	64.40																																																																																																																																																																						
15			1011.50	64.40																																																																																																																																																																						
16			1075.90	64.40																																																																																																																																																																						
17			1140.30	64.40																																																																																																																																																																						
18			1204.70	64.40																																																																																																																																																																						
19			1269.10	64.40																																																																																																																																																																						
20			1333.50	64.40																																																																																																																																																																						
CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K=cm/seg)																																																																																																																																																																										
Donde: $Q = \text{Caudal (cm}^3/\text{seg)}$ $d = \text{Diametro interior del revestimiento(cm)}$ $\phi = \text{Diametro de perforación (cm)}$ $l = \text{Longitud del tramo de ensayo (cm)}$ $Tm = \text{Tiempo en que fueron hechas las mediciones hn1 y hn2}$ $\Delta h = \text{Niveles de agua en tiempos tn1 y tn2.}$ $k = \text{Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)}$																																																																																																																																																																										
$k = \frac{Q}{2\pi \Delta h l} \log \frac{2l}{\phi}$		OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																								
		k	1.45E-04	cm/seg																																																																																																																																																																						

Fuente: Elaboración propia.

6.3.3 TRANSMISIVIDAD HIDRÁULICA

A través del ensayo de bombeo a caudal constante por el método de régimen variable Método de Hantush (1964), Theis (1935) y Hantush-Jacob (1955) para acuíferos semiconfinados se determina la transmisividad T, ya que, con el valor del caudal de bombeo, las mediciones del abatimiento tanto del pozo a bombear y el de observación, así como la distancia entre dichos pozos procedemos a interpretar el ensayo por el método antes mencionado. Cabe aclarar que el bombeo de un acuífero semiconfinado pasa por 04 fases, primero por la fase de un acuífero confinado propiamente dicho, acuífero semiconfinado con almacenamiento en el Acuitardo, acuífero semiconfinado sin almacenamiento en el Acuitardo para finalmente llegar a estar en régimen permanente.

Conforme a las secciones geológicas, geofísicas y detritos recuperados en el pozo de observación se entendió la existencia de un material semipermeable (arcillas arenosas) que conforma el techo del acuífero semiconfinado, el cual a su vez recarga a éste de un acuífero libre superior.

Tomando en consideración lo mencionado anteriormente se tiene que entender que va existir un goteo (flujo vertical) a través del Acuitardo, todo este esquema hace que supongamos las condiciones para aplicar el método a través de la resolución de su ecuación general:

$$d = \frac{Q}{4\pi T} W(u, r/B)$$

Donde:

r: Distancia del pozo de bombeo al piezómetro de observación.	r = 310 metros
B: Factor de goteo.	B = 620 metros
Q: Caudal de bombeo constante.	Q = 3.5 litros/segundos
T: Transmisividad del acuífero inferior.	T = 20.05 m ² /día
W(u, r/B): Función de pozo para acuífero semiconfinado.	W(u, r/B)= 1 Obtenido a través del grafico patrón.

El factor de goteo viene definido por:

$$B = \sqrt{\frac{Tb'}{K'}}$$

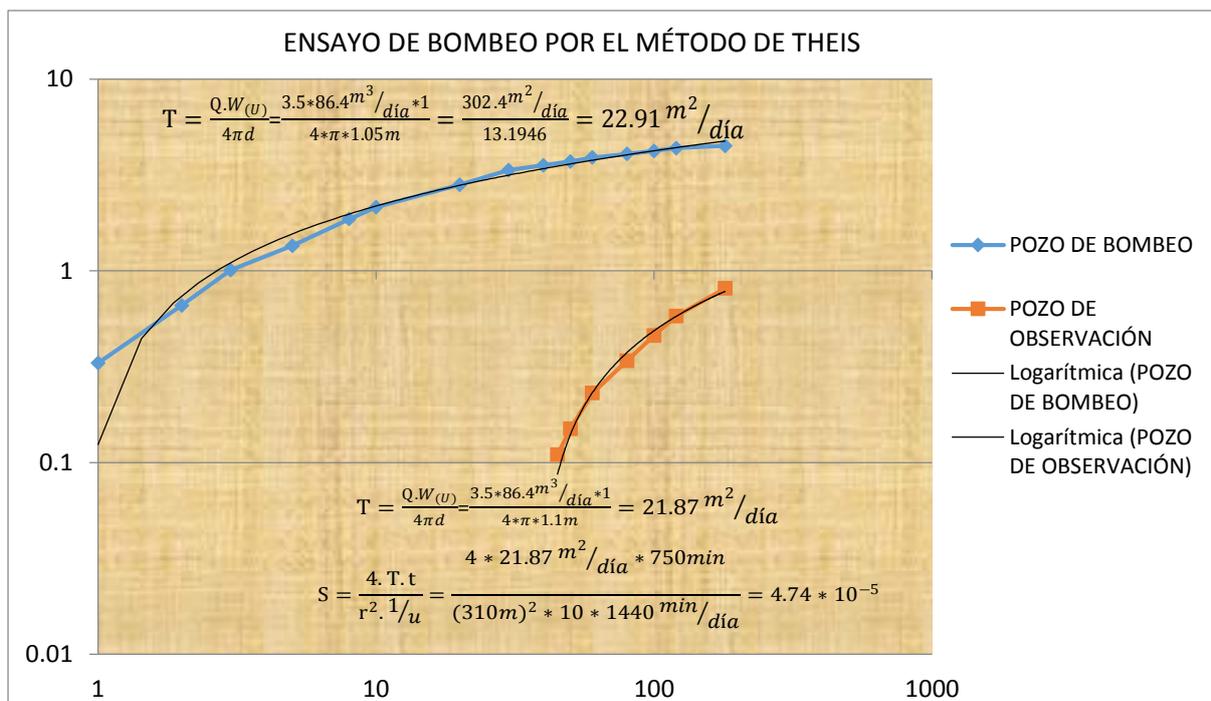
Donde:

b': Espesor del semipermeable	b'=4.5 m
K': Permeabilidad vertical de la formación semipermeable	2.25*10 ⁻⁴ m/día

A continuación, se describirá los métodos aplicados en cada fase de bombeo del acuífero semiconfinado:

a. Primeramente se procedió a analizar mediante el método de Theis (1935) debido a que en los primeros momentos de un bombeo el agua extraída del acuífero semiconfinado se extrae producto de la descompresión del propio acuífero, para ello se obtuvo una curva de log d – log t de descensos tanto para el pozo de bombeo como para el piezómetro los cuales son representados en una misma hoja de cálculo (ver gráfico), estos cálculos se hicieron en base al gráfico patrón o ábaco de Theis (ver anexo de hidrogeología) así como la verificación mediante el software AQT SOLV.

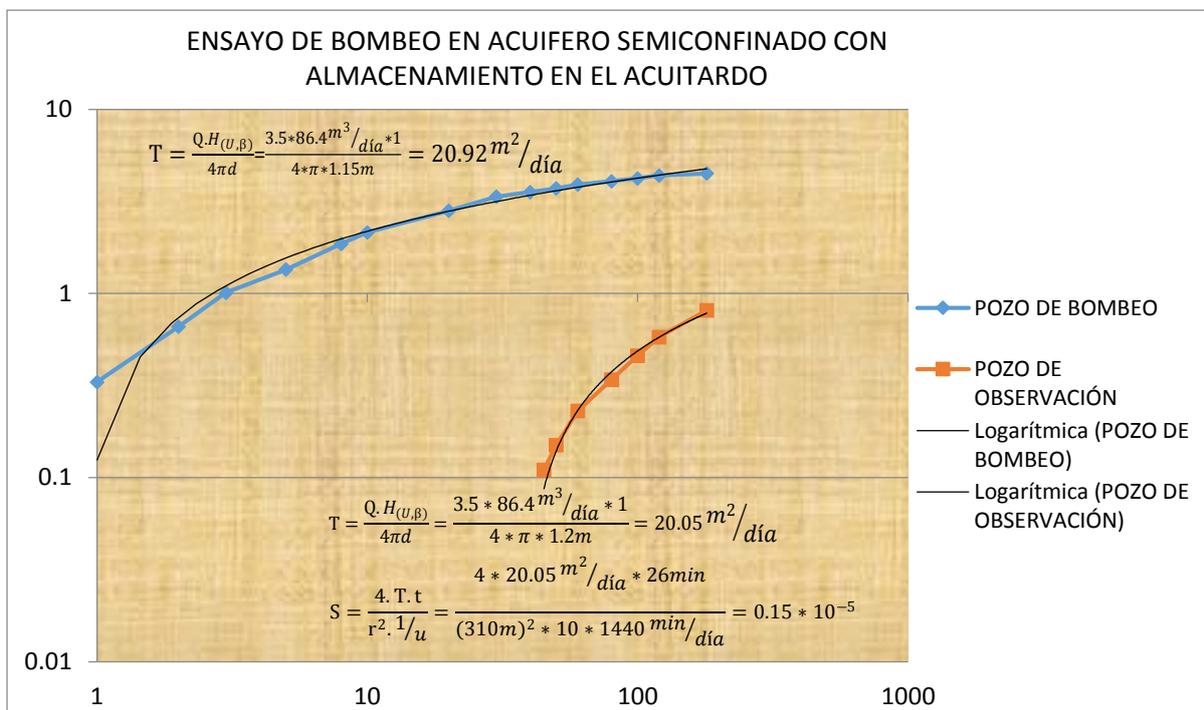
Gráfico 6.2 Ensayo de bombeo por el método de Theis



Fuente: Elaboración propia.

b. Posteriormente se procedió a analizar mediante el método de Hantush (1964) ya que conforme la presión del acuífero se hace inferior a la presión del Acuitardo semiconfinante el agua comienza a fluir del Acuitardo hacia el acuífero, para este análisis se obtuvo una curva de log d – log t de descensos tanto para el pozo de bombeo como para el piezómetro los cuales son representados en una misma hoja de cálculo (ver gráfico), estos cálculos se hicieron en base al gráfico patrón o ábaco de Hantush (ver anexo de hidrogeología) así como la verificación mediante el software AQT SOLV.

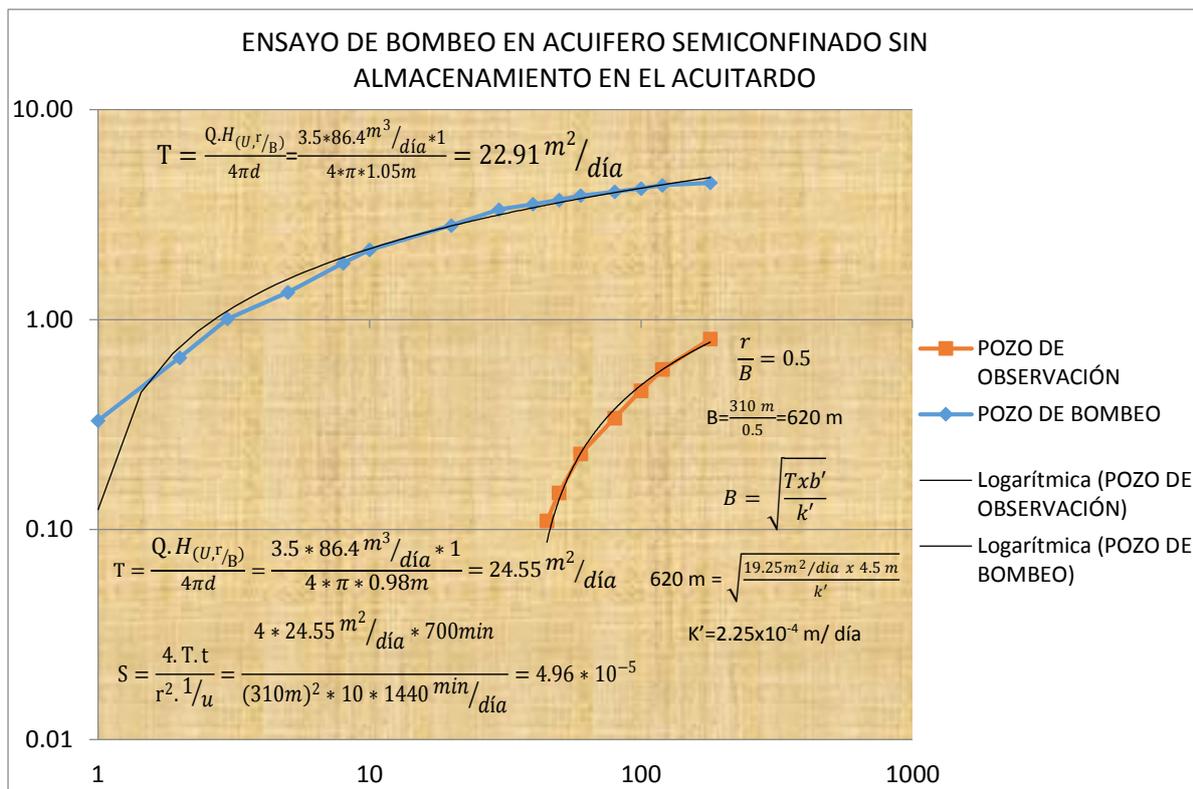
Gráfico 6.3 Ensayo de Hantush con almacenamiento en el Acuitardo



Fuente: Elaboración propia.

c. Finalmente se analizó mediante el método de Hantush-Jacob (1955) debido a que si el bombeo se prolonga comenzará a filtrarse agua desde el otro acuífero (acuífero libre) a través del Acuitardo para finalmente llegar a un régimen permanente donde el caudal que extraemos es igual al que fluye radialmente al pozo, para este análisis se obtuvo una curva de log d – log t de descensos tanto para el pozo de bombeo como para el piezómetro los cuales son representados en una misma hoja de cálculo (ver gráfico), estos cálculos se hicieron en base al gráfico patrón o ábaco de Walton (ver anexo de hidrogeología).

Gráfico 6.4 Ensayo de bombeo método de Hantush sin almacenamiento en el Acuitardo



Fuente: Elaboración propia.

6.3.1 COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S)

También conocido como capacidad de almacenamiento, se utilizó este parámetro ya que en comparación con la porosidad éste tiene una definición dinámica el cual es el volumen de agua por unidad de superficie del acuífero, que se extrae o almacena en éste, bajo un cambio unitario de potencial.

Para el cálculo de este parámetro hidrogeológico se necesita aplicar el ensayo de bombeo a caudal constante por el método en régimen variable (fase de bombeo) debido a que se necesita interpretar la evolución de los descensos y el tiempo de cada medición a lo largo del ensayo. Con todos estos datos generados se puede graficar el cono de abatimiento todo esto desde el inicio del bombeo; a esto se le conoce como la fase de abatimiento el cual se termina al apagar la electrobomba. A partir de este momento inicia la fase de recuperación como segunda fase del ensayo en donde se mide el descenso residual s' en el tiempo t' desde que la electrobomba se detuvo.

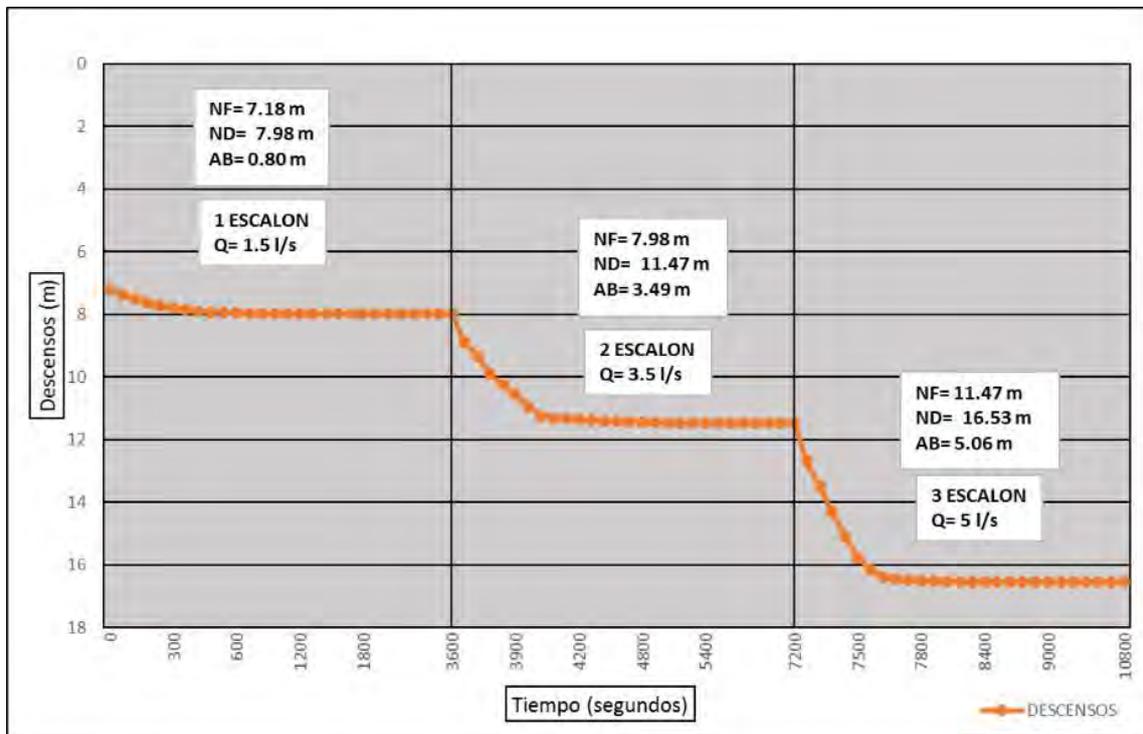
Para el cálculo de este parámetro fue necesario obtener una curva de $\log d - \log t$ de descensos del pozo de observación, el cual fue analizado mediante los métodos en sus fases respectivas dándonos como resultado una capacidad de almacenamiento del orden de 10^{-5} , resultados que nos lleva a contrastar la realización de buen ensayo.

6.3.2 EFICIENCIA DE POZO

El gasto o caudal Q de un pozo depende del descenso de presión o abatimiento ΔS , por ello la eficiencia de un pozo no se caracteriza en función de su caudal sino por el contrario por su rendimiento específico $Q/\Delta S$, el cual queda definido por un diagrama de correlación $Q/\Delta S$ conocido técnicamente como característica de pozo, cabe indicar que para obtener una correcta eficiencia del pozo es necesario la correcta construcción y diseño del pozo.

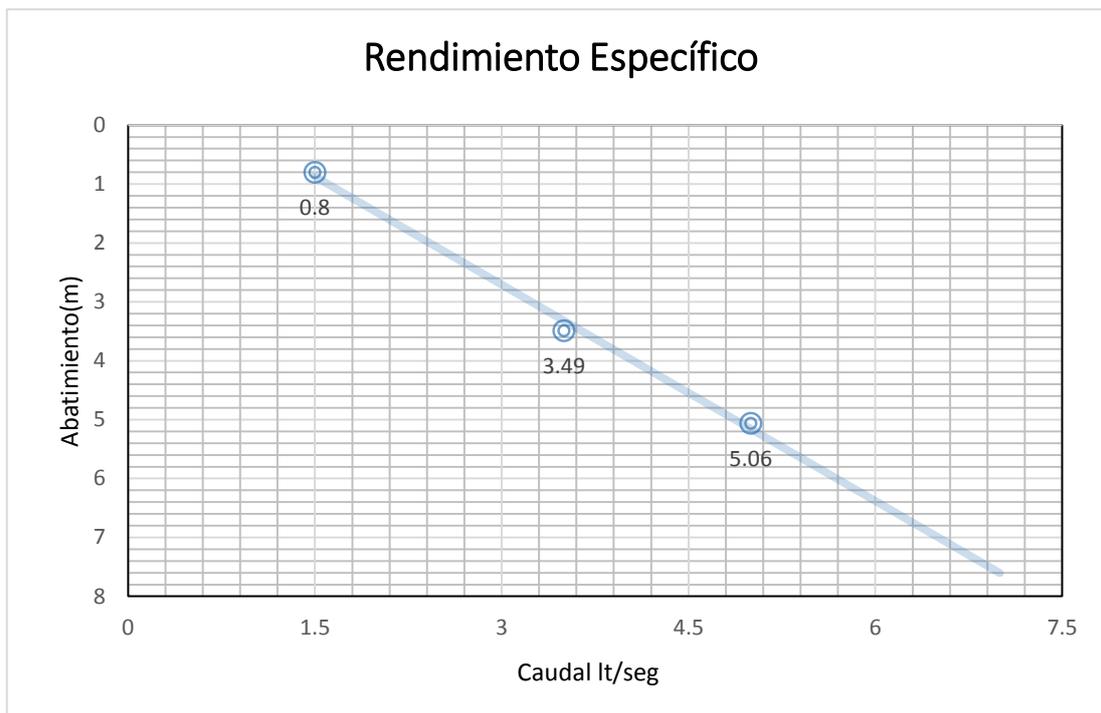
Para obtener el diagrama de correlación del pozo se ejecutó ensayos de bombeos en escalón cada uno con una duración de 1 hora, obteniéndose tres (03) regímenes diferentes de bombeo el cual se detalla en el grafico siguiente:

Gráfico 6.5 Bombeo escalonado a diferentes caudales.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6.6 Rendimiento específico del pozo



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en consideración estos resultados, se ha seleccionado que el caudal explotable puede ser de 3.5 l/s. para un nivel dinámico de 9.18 m. aproximadamente, referido al nivel del suelo.

Una vez determinada la capacidad productora del pozo se procedió a seleccionar el equipo de bombeo definitivo, el cual para nuestro caso vino a ser un electro bomba sumergible de 7.5 HP.

6.3.2.1 DISPOSITIVO DE CONTROL Y MEDICIÓN

Para realizar la medición de caudal se utiliza un caudalímetro marca BMETERS, modelo GMDX, procedencia italiana, tipo Multijet esfera seca, flujo nominal 30 m³/hora, para tubería de 2 pulgadas, flujo máximo 15 m³/hora, presión máxima 80 bar, temperatura máxima 90°C

Tabla 6.6 Prueba de rendimiento.

FECHA	8 DE SETIEMBRE DEL 2019				
N.E.	7.18 m.				
REGIMEN	N.E./Suelo (m)	Caudal (l/s)	Abatimiento (m)	Rendimiento Especifico (l/s/m)	Arenamiento (mg/l)
	7.18	0			
I		1.5	0.8	1.9	No presenta
II		3.5	3.49	1.0	No presenta
III		5	5.06	1.0	No presenta

Fuente: elaboración propia

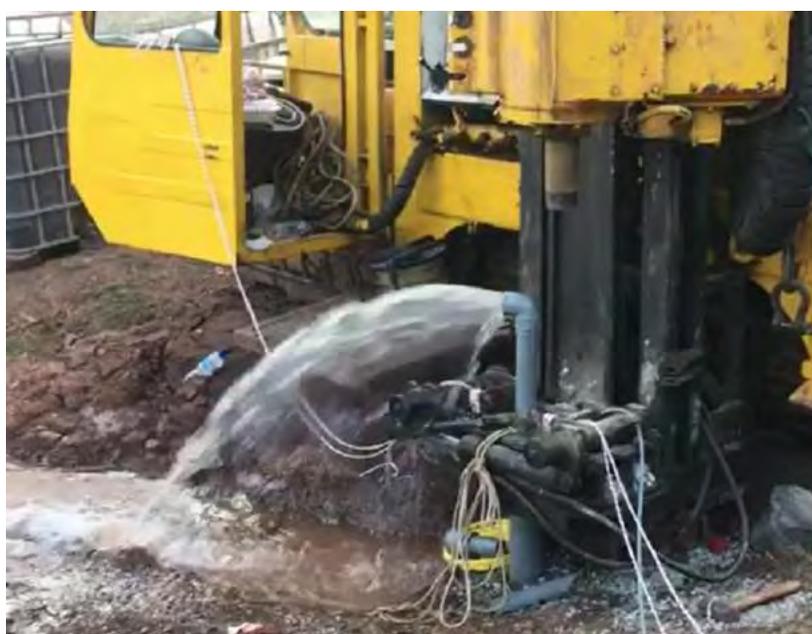


Foto N° 6.1 Proceso de Bombeo de Agua Subterránea, 3.5 l/s.

6.3.3 RADIO DE INFLUENCIA ESPECÍFICO

Para calcular los radios de Influencia se toma en consideración el tiempo de bombeo, coeficiente de almacenamiento y la transmisividad; debido a que el radio de influencia se define como la distancia del pozo al cono de depresión generado por la pérdida de presión que se genera al iniciar el bombeo.

Habiendo definido el radio de influencia, se procedió al cálculo de los diferentes radios de influencia para los tiempos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 horas, para ello se tomó la fórmula matemática de Theis-Jacob, a continuación

Donde:

$$R = \sqrt{\frac{2.25 * T * t}{S}}$$

R = Radio de influencia (m)

T = Transmisividad (m²/h)

t = Tiempo transcurrido después del principio de bombeo (d)

S = Coeficiente de almacenamiento

Debido a que el ensayo de bombeo de un acuífero semiconfinado pasa por diferentes fases producto de la variabilidad de litologías sedimentarias que se presentan se obtuvo una variabilidad en los resultados con un error mínimo de 2.12 % y un error máximo de 4.54 %, por ello la necesidad de tomar un promedio aritmético:

$$T = \frac{22.91 \text{ m}^2/\text{día} + 20.92 \text{ m}^2/\text{día} + 20.05 \text{ m}^2/\text{día}}{3} = 21.29 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = \frac{4.74 \times 10^{-5} + 0.15 \times 10^{-5} + 4.45 \times 10^{-5}}{3} = 3.11 \times 10^{-5}$$

Tabla 6.7 Radios de influencia.

RADIOS DE INFLUENCIA DEL POZO						
COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (%) S	TRANSMISIVIDAD (m ² /día) T	RADIOS DE INFLUENCIA PARA CADA TIEMPO TRANSCURRIDO (Horas)				
		1	2	3	4	5
3.11x10 ⁻⁵	21.29	253.33m	358.26m	438.78m	514.10m	566.47m

Fuente: Elaboración propia

6.4 PIEZOMETRÍA Y LAS DIRECCIONES DE FLUJO

Para identificar como se encuentra distribuida las direcciones de flujo de las aguas subterráneas se tuvo que elaborar primero un inventariado de fuentes de agua con el propósito de saber su nivel freático para que a partir de ello se elabore un mapa piezométrico (hidroisohipsas).

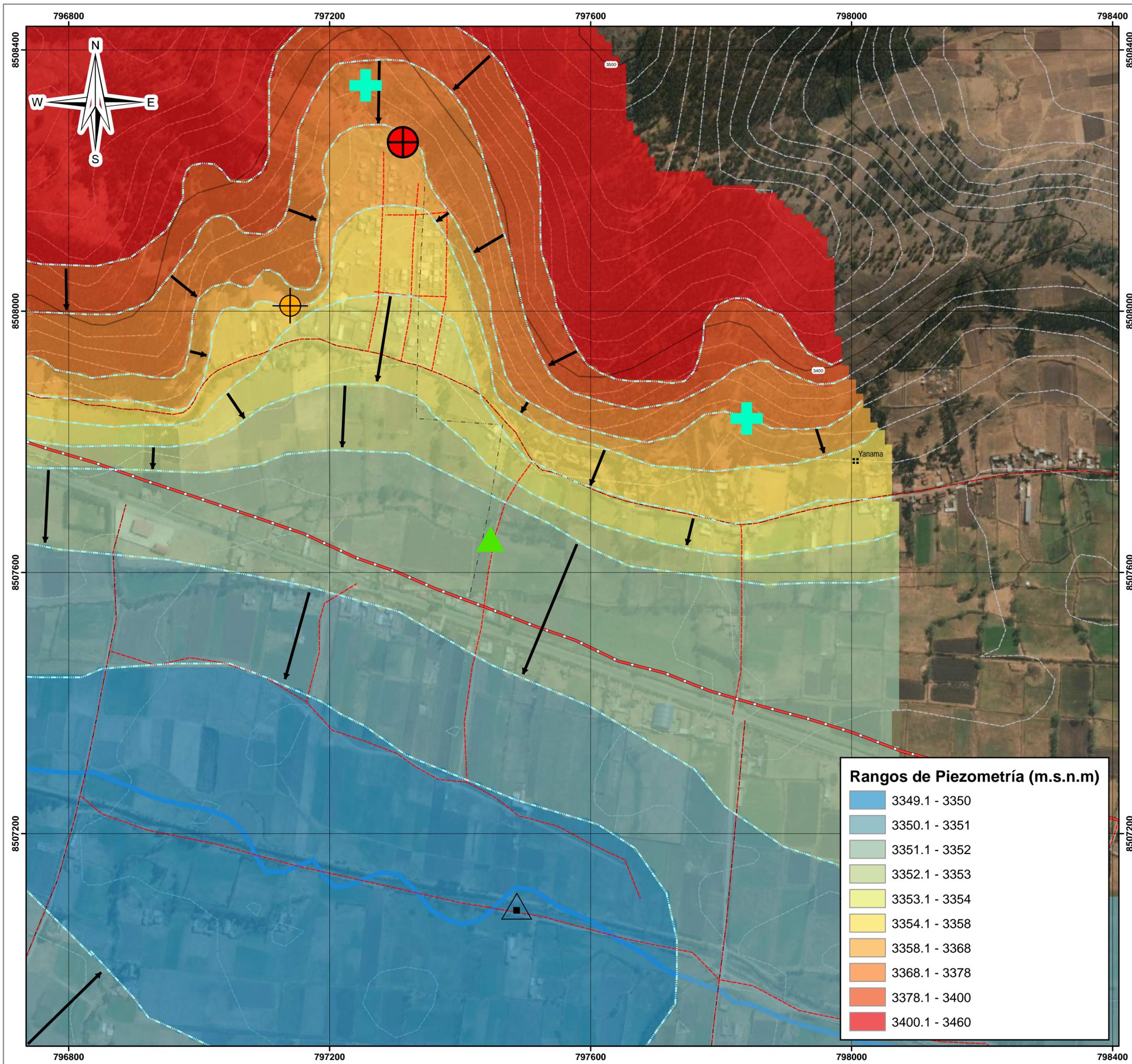
Teniendo el mapa de hidroisohipsas observamos que las direcciones de flujo preponderantes son de Norte a Sur, el cual a su vez se influenciado por la dirección del río Pitumayo dándonos a entender la diferencia de la gradiente hidráulica en nuestra zona de estudio.

Las aguas subterráneas en nuestra zona de estudio poseen un régimen de flujo el cual depende del coeficiente hidráulico de los depósitos cuaternarios (Fm. San Sebastián) debido a que favorecen la movilidad de los flujos de agua.

6.5 RECARGA Y DESCARGA DEL ACUÍFERO

Debido a que nuestra zona de estudio se encuentra en la unidad morfológica altiplanicie, en donde las tasas de precipitación son de medias a altas entendemos que la principal forma de recarga es por infiltración, así como también por el aporte de flujos regionales y locales que pasan por nuestra zona de estudio todo esto durante las temporadas de verano (Diciembre-Marzo).

Además, el río Pitumayo es una de las fuentes de recarga del acuífero en las temporadas de crecida y también en las temporadas de escasez de precipitación debido al constante recorrido de sus aguas.



Rangos de Piezometría (m.s.n.m)

3349.1 - 3350
3350.1 - 3351
3351.1 - 3352
3352.1 - 3353
3353.1 - 3354
3354.1 - 3358
3358.1 - 3368
3368.1 - 3378
3378.1 - 3400
3400.1 - 3460

- Simbología**
- Curvas Principales
 - curvas secundarias
 - Capital de distrito
 - Comunidades
 - Rio principal
 - Quebrada
 - Quebrada seca una parte del año
 - Rio
 - Canal
 - Manante 01
 - Pozo de observación
 - Pozo 01
 - Red vial Nacional
 - Carretera afirmada, transitable
 - Camino de herradura
 - Ferrocarril
 - Canal de Tierra
 - Lineas de flujo
 - Isopiezas



Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

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

TESIS:
 "EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"

PLANO: PIEZOMETRÍA Y DIRECCIONES DE FLUJO	Fecha: 24/03/2021 Escala: 1:4,000
Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga	Datum: WGS 84 Zona: 18 L
ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán	Nº PLANO: 6.2

6.6 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

De acuerdo a los detritos recuperados mediante perforación y al conocimiento previo de la geología local así mismo de acuerdo a su comportamiento estructural o tectónico se lograron identificar los siguientes tipos de unidades hidrogeológicas en nuestra zona de estudio:

Tabla 6.8 Unidades hidrogeológicas.

Unidades Hidrogeológicas	Unidades Hidroestratigraficas	Litología	Permeabilidad
Acuífero libre	San Sebastián	Arenas, limos, arcillas.	Media
Acuífero (fisurado)	Grupo Tacaza- Brechas lávicas	Brechas volcánicas	Media a alta
Acuífero semiconfinado	Formación Vilquechico	Areniscas	Baja
Acuicludo	Formación Vilquechico	Lutitas	Muy baja

Fuente: elaboración propia

En la zona de estudio por presentar afloramientos de depósitos cuaternarios (fluviales) donde la permeabilidad obtenida es relativamente alta se encontró un acuífero semiconfinado la cual se evidencio cuando se perforo que presentaba artesianismo por otra parte al oeste de la zona de estudio se encuentran afloramientos de brechas volcánicas justamente donde aflora el Grupo Tacaza en donde debido a la actividad tectónica se presentan un sistema de fallas de dirección NNE-SSE, la cual permitió que se forme un acuífero fisurado.

6.6.1 ACUIFERO LIBRE

El acuífero libre de la zona de estudio está constituido generalmente por material cuaternario (arenas-gravas-arcillosas-limosas) de la formación san Sebastián hasta los 13.5 metros de profundidad en la zona de perforación, variando su potencia conforme nos acercamos a la cuenca del rio Pitumayo al sur de la zona de estudio.

6.6.2 ACUÍFERO FISURADO

El acuífero fisurado de la zona de estudio está constituido generalmente por brechas volcánicas la cual se encuentra en profundidad subyaciendo a la Formación San Sebastián al sur de la zona de estudio.

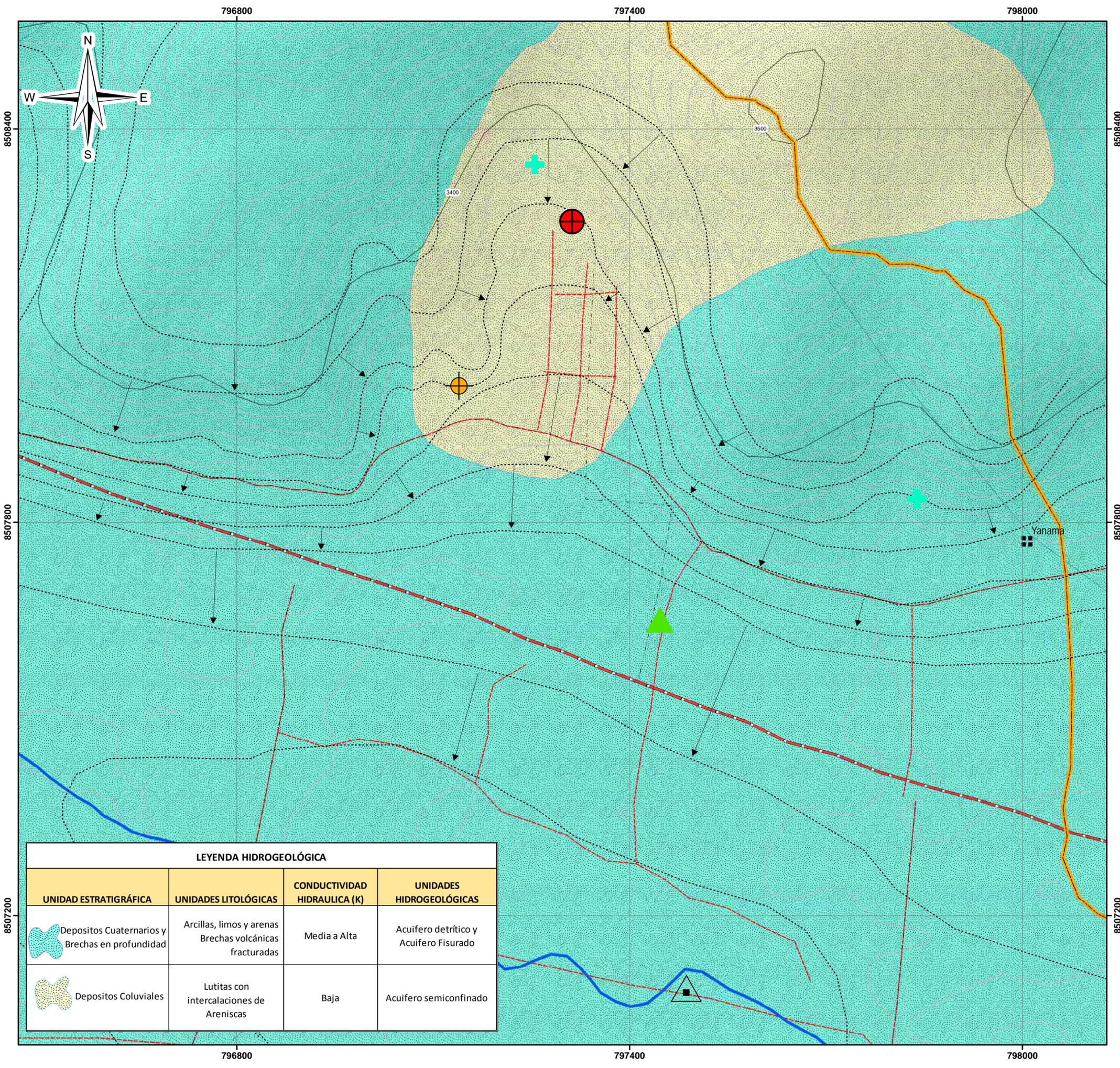
Dicho acuífero fisurado se corrobora por la existencia de un pozo ejecutado por el ANA el cual está tomado como referencia para el presente estudio. Sin embargo, no se pudo estimar los parámetros hidráulicos ya que dicho pozo se encuentra abandonado y obstruido por el descuido de los pobladores.

6.6.3 ACUÍFERO SEMICONFINADO

Esta Unidad hidrogeológica está representado por la formación Vilquechico el cual viene a darse en la zona de estudio por intercalaciones entre areniscas fracturadas. En el pozo perforado se presentó a partir de los 18 metros hasta los 60 metros aproximadamente de acuerdo al SEV 01, punto potencial para realizar la perforación.

6.6.4 ACUITARDO

Esta unidad hidrogeológica viene a ser representado por la formación Vilquechico precisamente por las capas de lutitas que se encuentra como base y techo del acuífero. Evidenciándose una potencia en la parte superior del acuífero de unos 4 a 5 metros aproximadamente en el SEV 01 y por la base un espesor no definido.



Simbología

- Curvas Principales
- Curvas Secundarias
- Capital de distrito
- Comunidades
- Canal de Tierra
- Río principal
- Quebrada
- Quebrada seca una parte del año
- Río
- Red vial Nacional
- Carretera afirmada, transitable
- Caminos
- Microcuenca
- Piezometría
- Líneas de flujo
- Pozo 01
- Pozo de observación
- Canal
- Manante 01



Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

LEYENDA HIDROGEOLÓGICA			
UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	UNIDADES LITOLÓGICAS	CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA (K)	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS
Depositos Cuaternarios y Brechas en profundidad	Arcillas, limos y arenas Brechas volcánicas fracturadas	Media a Alta	Acuífero detrítico y Acuífero Fisurado
Depositos Coluviales	Lutitas con intercalaciones de Areniscas	Baja	Acuífero semiconfinado

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

TESIS: "EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"

PLANO: MAPA HIDROGEOLÓGICO	Fecha: 20/02/2021 Escala: 1:4,000
Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga	Datum: WGS 84 Zona: 18 L
ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán	Nº PLANO: 6.3

7. CAPITULO VII: HIDROGEOQUIMICA

Conocida como la química de las aguas subterráneas pues proporciona información de su origen, así como a comprender el mecanismo de funcionamiento de su sistema de flujo y con ello de la calidad química de ésta.

Para la hidrogeoquímica la disolución de sustancias ya sea en estado sólido o gaseoso (principalmente el O_2 y el CO_2) en las aguas subterráneas es considerado el proceso más importante ya que el agua pura no existe y menos siendo subterránea.

Se sabe que el agua al ser considerada un solvente universal por excelencia tiende a evolucionar a través del tiempo y espacio, eso hace que tome sus características químicas. Por ello la necesidad de realizar un estudio hidrogeoquímico que permita conocer sus componentes y observar la evolución temporal de los iones mayoritarios (bicarbonato, magnesio, calcio, sulfato, sodio y cloruro) por medio de diagramas de Schoeller-Berkaloff.

7.1 RESULTADOS FISICOQUÍMICOS

Tener datos de parámetros como la temperatura T °C, potencial de hidrógeno pH, sólidos totales disueltos TDS, conductividad hidráulica, oxígeno disuelto, dureza, alcalinidad, cationes, aniones y elementos traza nos permite entender mejor los procesos que acaecen dentro de un acuífero, disolviendo dudas acerca de su origen y evolución en el tiempo-espacio. Cabe indicar que toda medición se debe realizar in situ para evitarnos alteraciones de las muestras por ende de resultados.

Temperatura

Medida que definitivamente se tiene que tomar en campo ya que el agua subterránea se altera fácilmente con la temperatura ambiente debido al gradiente geotérmico ($\approx 3^\circ/100m$) además de ser indicativo de los diferentes procesos químicos que pudieran ocurrir. Cabe indicar que valores bajos se le adjudica a la zona de recarga y valores altos a la zona de descarga (Dim et al, 2002).

Conductividad eléctrica

Capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica debido a la concentración total de sólidos disueltos inorgánicos en forma de iones, se sabe que en un análisis químico preliminar es de mucha importancia pues ayuda a la elaboración de un mapa de iso-conductividades, el cual nos indicará la iso-salinidad del agua subterránea.

Además, permite realizar un muestreo a priori en zonas donde existen aguas distintas (salinidad), para posteriormente cuando se realice un sondeo constatar el tipo de agua.

Sólidos totales disueltos

Es considerada como la suma de sales, minerales, elementos mayoritarios, elementos traza todos ellos disueltos en el agua considerando que el origen de los sólidos disueltos puede ser orgánico e inorgánico, cabe indicar que este parámetro mide el peso de todas las sustancias incluyendo a las que son volátiles.

- **Cationes mayoritarios**

Calcio (Ca^{2+})	Magnesio (Mg^{2+})	Sodio (Na^+)	Potasio (K^+)
----------------------	------------------------	------------------	-------------------

- **Aniones mayoritarios**

Bicarbonato (HCO_3^-)	Cloruro (Cl^-)	Sulfato (SO_4^{2-})	Nitrato (NO_3^-)	Flúor (F^-)
---------------------------	--------------------	-------------------------	----------------------	-----------------

Potencial de Hidrógeno PH

Parámetro que mide la concentración de iones hidrogeno por ende la acidez del agua, el pH es una variable mucho más allá del cálculo matemático que lo define como $-\log [H^+]$ ya que controla muchos procesos tales como precipitación, disolución, procesos de adsorción, redox y biogeoquímicos.

En el siguiente cuadro se muestra la información del inventario de aguas donde los valores obtenidos con el multiparametro fueron la conductividad hidráulica, total de solidos disueltos, temperatura y PH.

7.2 ESTACIONES DE MUESTREO

Teniendo los resultados de los parámetros fisicoquímicos y sobre todo en base a la variabilidad de estos, se realizó la selección de las zonas de muestreo con la única finalidad de obtener la calidad química de las aguas subterráneas, así como su variabilidad espacial previo análisis de los resultados de laboratorio todo esto debido a las interacciones entre la fase sólida y líquida del medio.

Por ende, el día 15 de Diciembre del 2019 se tomó muestras en cuatro zonas, las cuales son: Una muestra corresponde al pozo, una muestra al sondeo exploratorio, una muestra al río Pitumayo y finalmente una muestra a un manante.

Tabla 7.1 Puntos de agua muestreadas

Código	Coordenadas UTM (WGS 84)			Fecha	Ubicación	Tipo	Clasificación
	Este	Norte	Cota				
A.P.V-PO-01	797305	8508264	3375	15/12//2019	A.P.V. Nuevo Amanecer	Pozo	Agua subterránea
A.P.V-POB-02	797147	8508008	3363	15/12//2019	A.P.V. Nuevo Amanecer	Sondeo	Agua subterránea
A.P.V-RI-03	797328	8507121	3357	15/12//2019	Comunidad Yanama Ayllomayo	Río	Agua superficial
A.P.V-MA-04	797255	8508347	3377	15/12//2019	A.P.V. Nuevo Amanecer	Manante	Agua subterránea

Fuente: Elaboración propia

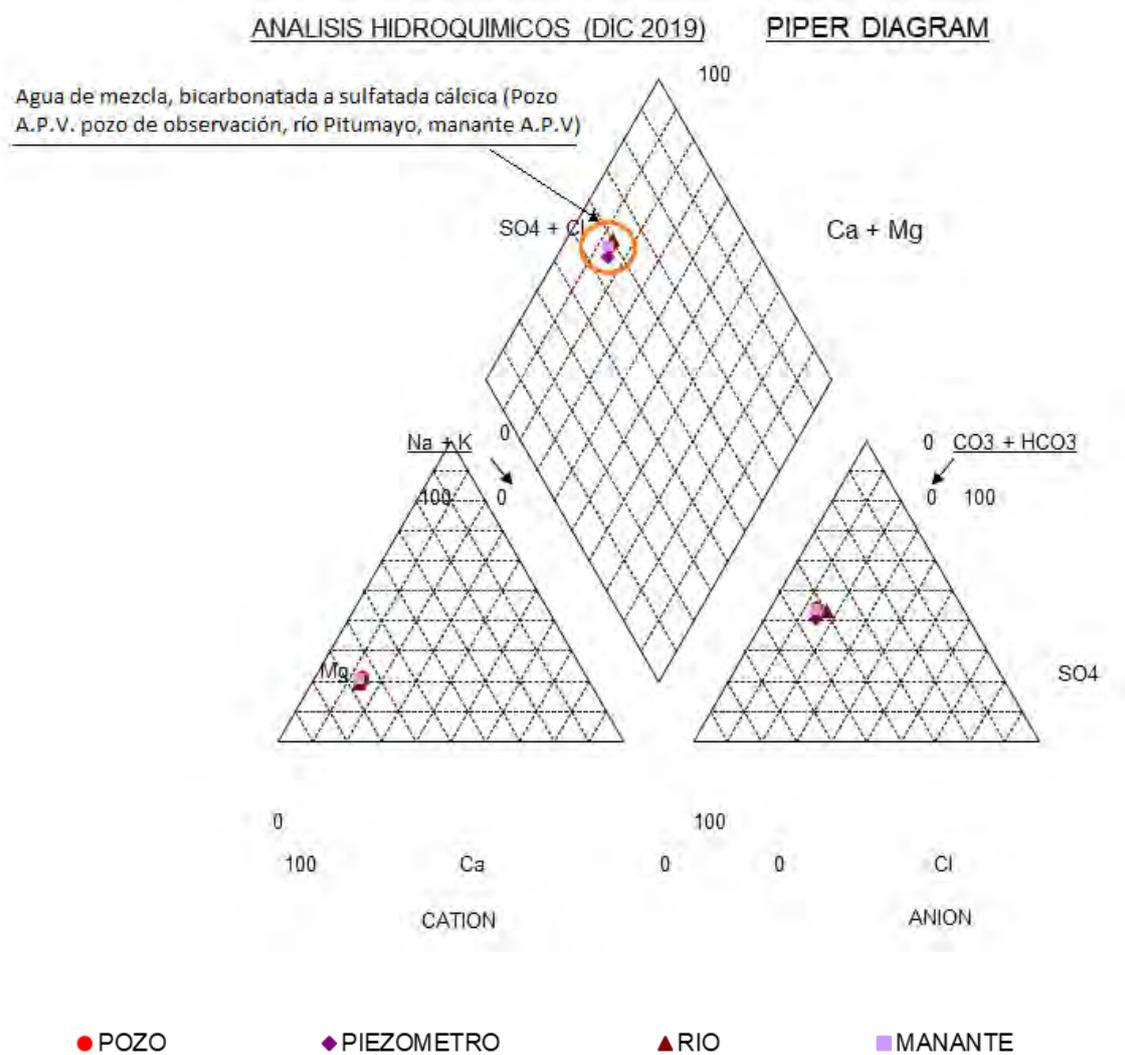
7.3 EVALUACIÓN DE DATOS CON SOFTWARE EASY QUIM 5.0

Los datos de sustancias minerales disueltas en ppm de carbonato de calcio, mg/L o meq/l obtenidos mediante análisis de laboratorio se procesaron en el software Easy Quim con el objetivo de dar una clasificación hidrogeoquímica al agua obtenida mediante el diagrama triangular de Piper, además de mostrar la distribución geográfica de la composición de las aguas a través del diagrama de Stiff para finalmente ver la concentración de una muestra respecto a otras además de ver sus aniones dominantes en cada gráfica el cual se visualiza por sus picos.

7.4 FACIES HIDROQUIMICAS

Se distinguió 1 facie hidroquímica la cual vendría a ser agua de mezcla que según el diagrama de Piper pasaría de bicarbonatada a sulfatada conforme nos alejamos del punto de interés muestreado (pozo); resultado entre aguas subterráneas y superficiales tal como se muestra en el gráfico 7.1.

Gráfico 7.1 Diagrama de Piper para aguas subterráneas.



Fuente: Elaboración propia

7.5 METALES TRAZA

Entre los metales pesados analizados por el INASA ENVIROLAB (laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación Inacal-da con registro n° le-001) de la muestra

tomada del pozo subterráneo explotado; se registraron valores permisibles dentro del límite para el estándar de calidad de agua. (Ver anexo E)

7.6 CALIDAD DE AGUA

Según nuestro inventario de fuentes de agua (Pozos, sondeo, manantes, canal y río) se pueda apreciar que los parámetros como PH, CE Y TDS se encuentran dentro del límite máximo permisible para consumo humano según MINSA como se puede apreciar en la tabla 7.2 y en la tabla 7.3 se encuentran dentro de la clasificación de Buena para riego; por ende, no habría ningún problema si se emplea tanto como consumo humano y riego de los pobladores de la A.P.V Yanama Ayllomayo.

Tabla 7.2 Clasificación de aguas para consumo humano según Minsa

PARÁMETROS	Limite maximo permisible (MINSA) Para Consumo Humano	RESULTADOS	POZO	POZO OBSERVACIÓN	RÍO	MANANTE 01
Conductividad Eléctrica	< 1000 (uS/cm)		590.0	560.0	350.0	730.0
PH	6.5 - 8.5 (Valor en Ph)		7.7	7.5	8.2	7.2
DUREZA (mg/L CaCO3)	500 (mg/L CaCO3)		406.8	237.3	335.9	390.0
TSD (mg/L)	< 510 (mg/L)		300.0	280.0	170.0	370.0

Fuente: Minsa

Tabla 7.3 Clasificación de aguas para riego según Wilcox

Clasificación	CE (μ S/cm)	TDS(mg/l)
Excelente	< 250	175
Buena	25-750	175-525
Permisible	750-2000	525-1400
Uso dudoso	2000-3000	1400-2100
Inapropiada	3000	2100

Fuente: Wilcox

Según el informe de análisis de laboratorio hecha a la muestra de agua del pozo se obtuvo un total de 664.50 ppm de sales solubles el cual vendría a ser 664.50 mg/l, donde de acuerdo a la clasificación de aguas según el contenido de sales nos encontraríamos dentro del rango de agua salobre ya que el contenido de sales es superior a los 500 mg/l.

Tabla 7.4 Clasificación de aguas según su contenido de sales.

Agua Dulce	Agua Salobre	Agua de Mar	Salmuera
< 0.5 g/l	0.5 – 30 g/l	30-50 g/l	> 50g/l

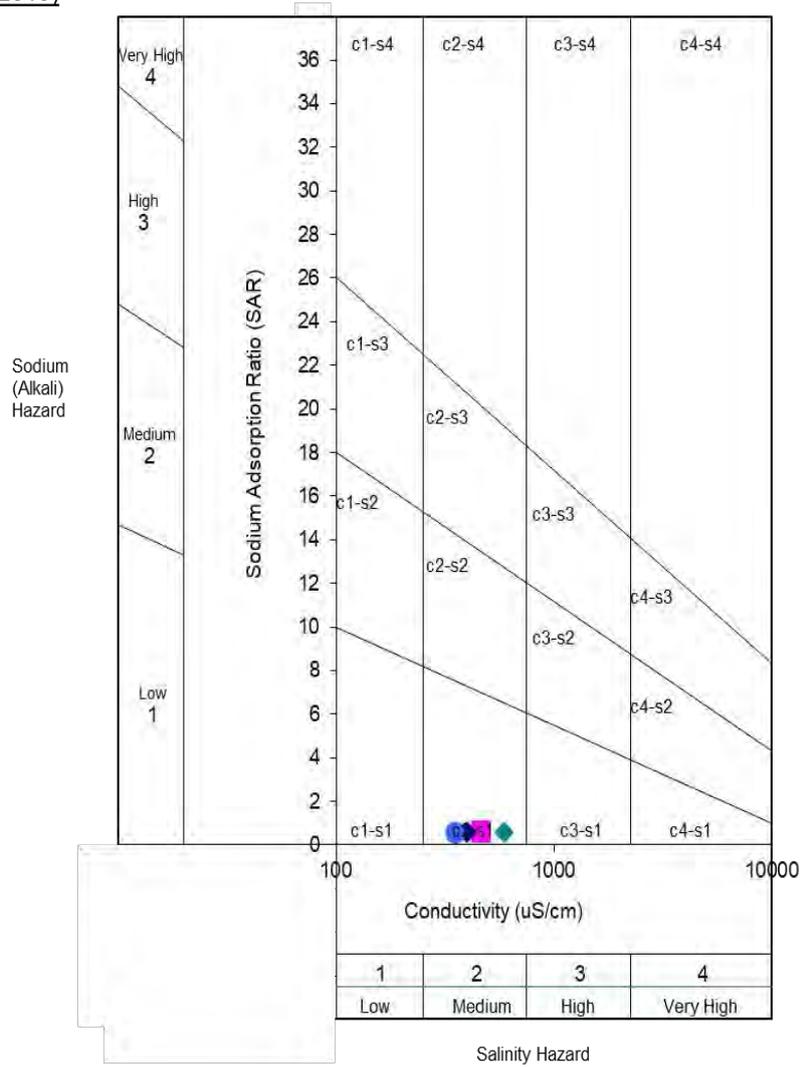
“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Se obtuvo que las aguas provenientes de las diferentes fuentes tomadas en nuestra zona de estudio, sobre todo del pozo perforado el cual viene alimentado por un acuífero en la zona; corresponde a una clase C2-S1 indicado una baja alcalinización y una salinización media de las formaciones por donde fluye el agua subterránea.

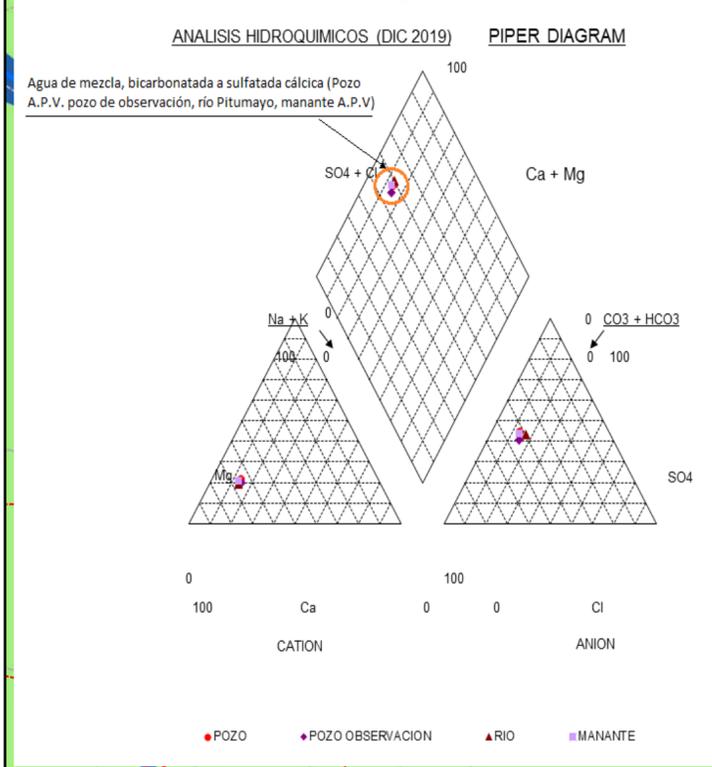
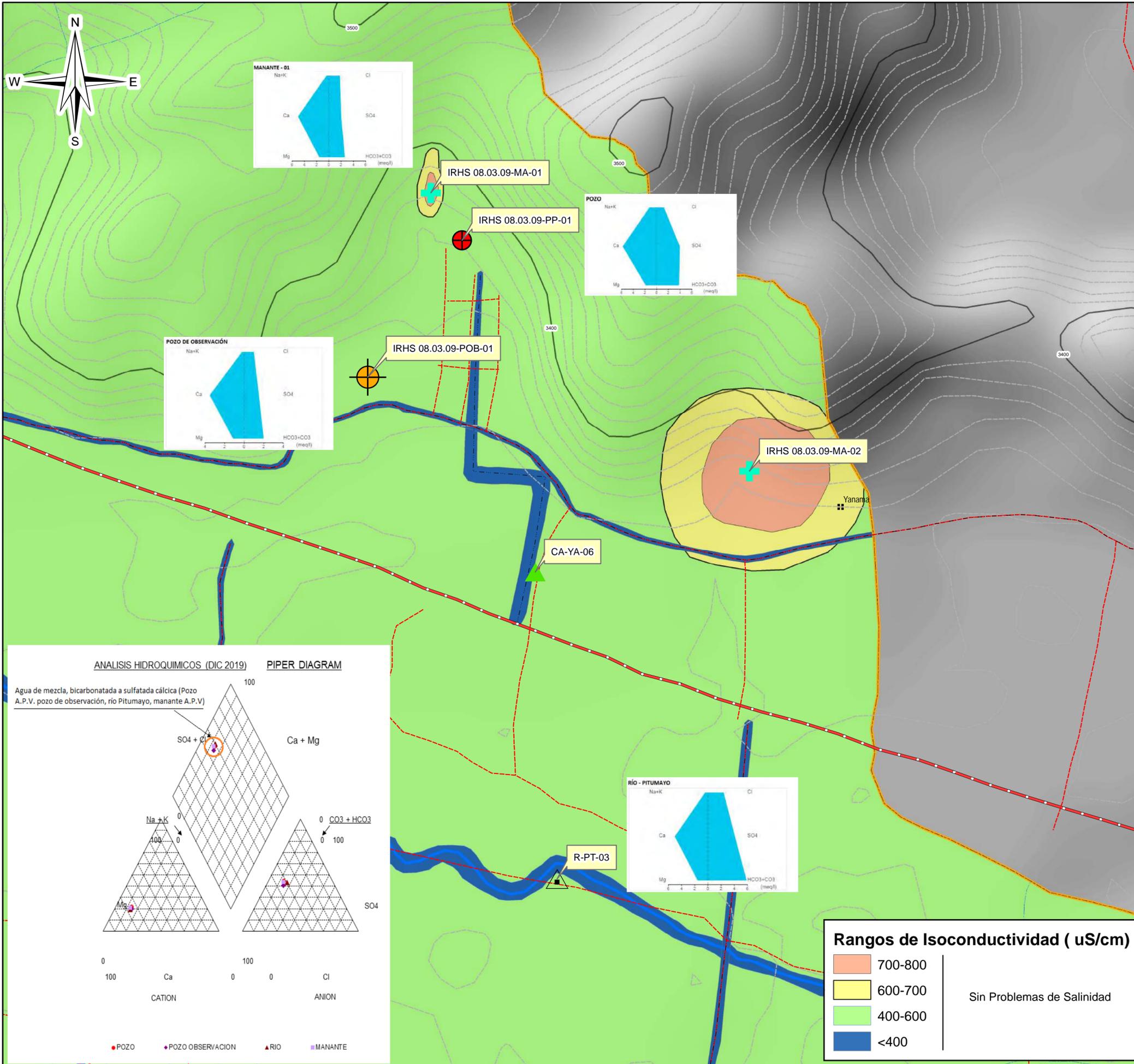
Gráfico 7.2 Diagrama SAR de salinidad para clasificación de aguas de irrigación.

ANÁLISIS DE SALINIDAD
(DIC 2019)

Salinity Diagram for Classification of Irrigation Waters



Fuente: Elaboración propia



Simbología

- Curvas Principales
- curvas secundarias
- Microcuenca
- Capital de distrito
- Comunidades
- Río principal
- Quebrada
- Quebrada seca una parte del año
- Red vial Nacional
- Carretera afirmada, transitable
- Camino
- Ferrocarril
- Canal de Tierra
- Pozo 01
- Pozo de observación
- Río
- Canal
- Manante 01
- Pozo de observación



Nota: Base Topográfica obtenida del IGN

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	
<p>TESIS: "EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO ZURITE - PROVINCIA ANTA - REGIÓN CUSCO"</p>	
<p>PLANO: HIDROQUIMICA</p>	<p>Fecha: 20/02/2021 Escala: 1:5,000</p>
<p>Br. Ronald Fernando Ortega Sánchez Br. Jose Santiago Delgado Zúñiga</p>	<p>Datum: WGS 84 Zona: 18 L</p>
<p>ASESOR: Mgt. Ing. Carlos W. Barrientos Guzmán</p>	<p>Nº PLANO: 7.0</p>

8. CAPITULO VIII: DEMANDA DE USO DE AGUA

8.1 DEMANDA DE AGUA

Como antecedente actual la demanda hídrica en la A.P.V YANAMA Nuevo Amanecer - Sector Callespampa, está determinada por un manantial que presenta un caudal de 0.15 l/s el cual es captado en el mismo lugar de afloramiento y conducido mediante tubería hacia los reservorios (Dos Tanques Rotoplas de 1100 Litros cúbicos cada uno), a partir de los cuales se alimenta la red entubada en la A.P.V,

Realizando las investigaciones y consultas a los pobladores, este caudal de 0.15 l/s no abastece en lo mínimo a toda la A.P.V que cuenta con un total de 120 familias según padrón en fecha 10/11/2019, las cuales determinaron un total de 4 miembros por familia que hacen un total de 480 habitantes, que representan el 100% del total de la población de la A.P.V YANAMA.

Para conocer las cantidades de agua empleadas en cada familia, se preguntó a las amas de casa de la A.P.V cuánta agua potable utilizaban en cada uno de los usos habituales. Luego se buscó conocer de modo más objetivo posible la prioridad de esos usos. Para lograrlo se planteó una hipotética situación de extrema escases:

“Si únicamente puede disponer de 10 litros de agua potable por día, ¿en qué los emplearía?”. Luego se va incrementando poco a poco la disponibilidad diaria y se anotan las elecciones de gasto. Al procesar la información, se pudo construir el siguiente cuadro:

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla 8.1 Gastos por Persona y Familia en (lts/día), A.P.V YANAMA Nuevo Amanecer.

Concepto de Gasto	Gastos por Persona		Gastos por Familia*	
	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado
	(lts/día)	(lts/día)	(lts/día)	(lts/día)
Bedida	2	2	8	8
Preparación de Alimentos	4	6	16	24
Limpieza de Alimentos	3	10	12	40
Limpieza de vajilla	3	11	12	44
Aseo personal primario	12	24	48	96
Aseo de manos	4	12	16	48
Baño corporal	20	40	80	160
Lavado de ropa	25	70	100	280
Evacuación de excrementos	5	15	20	60
Evacuación de orina	5	10	20	40
Aseo de vivienda	6	30	24	120
Riego de jardines	15	45	60	180
Otros usos	25	50	100	200
Gastos Totales	129	325	516	1300

Fuente: Elaboración propia

* Calculado en base a 4 personas por familia. Los datos se han obtenido en base a una serie de entrevistas con las amas de casa de las diferentes viviendas de la A.P.V Yanama Ayllomayo Nuevo Amanecer, Sector Callespampa, los cuales determinaron una necesidad de agua de 1300 litros por día.

8.1.1 RÉGIMEN DE APROVECHAMIENTO

El caudal constante de bombeo es 3.5 litros/segundo, la necesidad de la A.P.V Yanama Ayllomayo, Nuevo Amanecer, Sector Callespampa asciende a 1300 litros por día, lo que conlleva a hacer el bombeo 6.5 minutos por día, los 7 días de la semana; estimando en volumen 1365 litros/día, 9555 litros/semana, 40950 litros/mes, 498225 litros/año

Tabla 8.2 Régimen de Bombeo por día

POZO	RÉGIMEN DE BOMBEO	UN DIA	DÍAS A LA SEMANA	SEMANAS AL MES	MESES AL AÑO
		1	7	4	12
	VOLUMEN	1.37 m3	9.56 m3	40.95 m3	428.23 m3

Tabla 8.3 Volumen de Explotación Mensual

POZO	VOLUMEN DE EXPLOTACIÓN MENSUAL (m3)												VOL. TOTAL ANUAL (m3)
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
CTA	42.5	38	42.5	41	42.5	41	42.5	42.5	41	42.5	41	42.5	500.05

Fuente: Elaboración propia

9. CAPITULO IX: MODELO HIDROGEOLÓGICO

Consiste en una representación gráfica del sistema de flujo del agua subterránea en un esquema, incorporando toda la información: hidrogeológica, geológica, litológica, espesores, continuidades y estructuras de las unidades confinantes; de manera que se pueda identificar los límites, las características y el comportamiento del acuífero estudiado. Con esta visualización se logra identificar el sistema de flujo característico; el cual es esencial para entender el movimiento del agua a través del sistema hidrogeológico y sus posibles impactos.

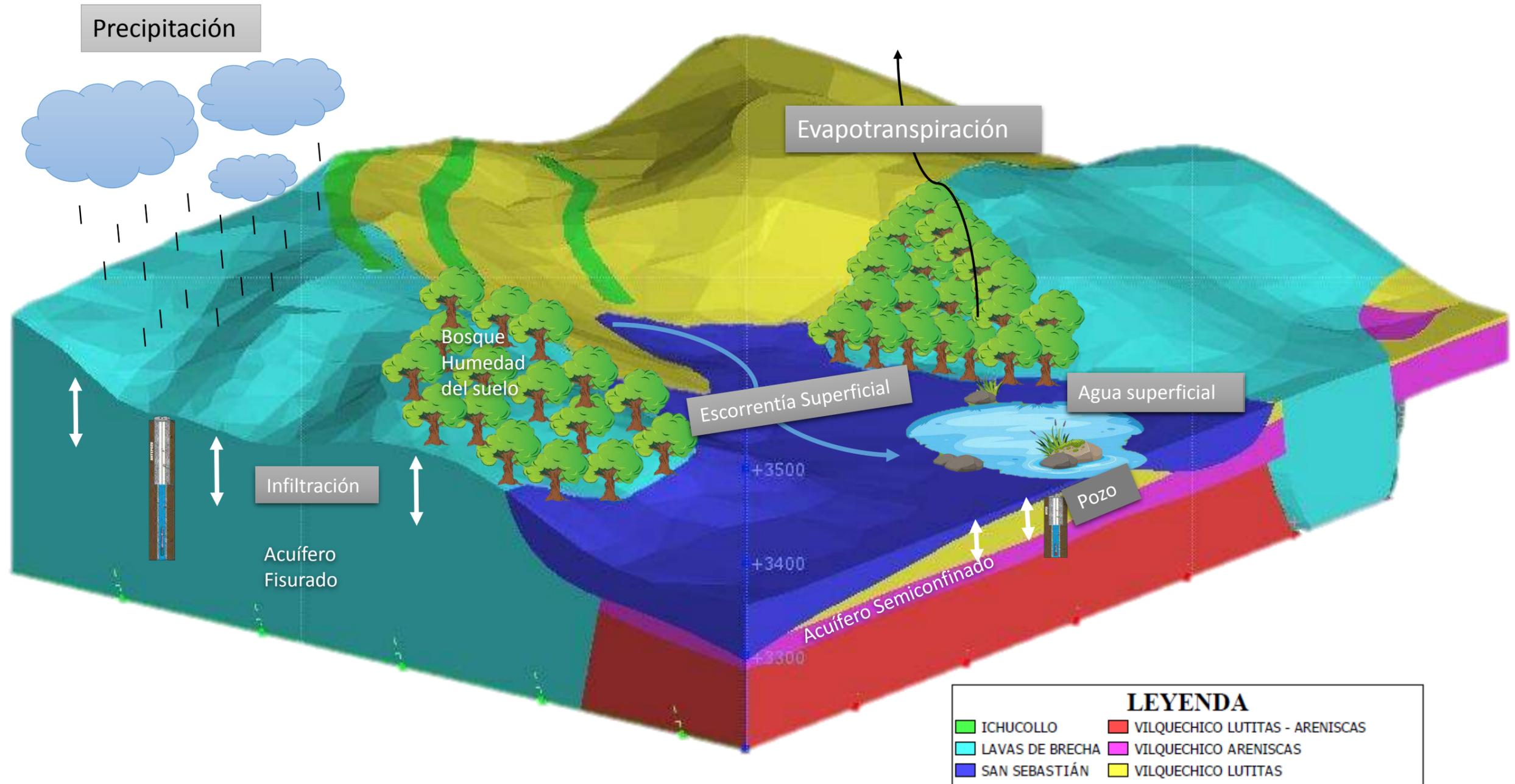
Para la zona de estudio el sistema de flujo subterráneo proviene principalmente de las precipitaciones por encima de los 3300 m.s.n.m de acuerdo a la estación meteorológica Anta Ancachuro con una precipitación anual de 891.3 mm/año.

Así mismo la escorrentía superficial producto de las precipitaciones de la zona de estudio Zurite, produce infiltración en los depósitos permeables detríticos de origen cuaternario compuesto de material de cobertura reciente arenas, limos y arcillas principalmente; subyaciendo a este depósito se encuentra la formación lavas de brecha del grupo Tacaza que conforma una unidad hidrogeológica del tipo fisurado la cual viene a ser alimentada también por las precipitaciones.

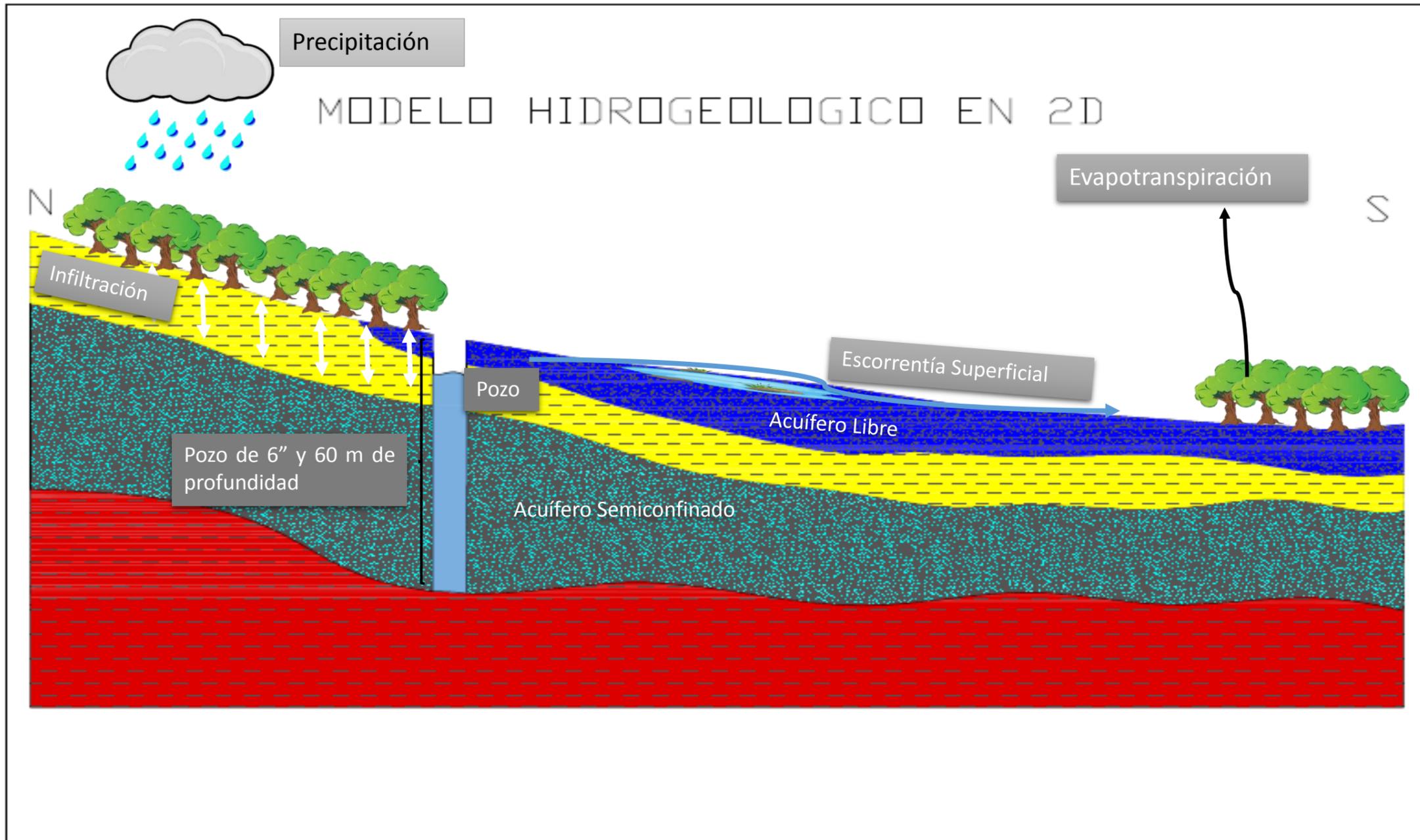
El acuífero ubicado en la depresión de Anta es clasificado como del tipo semiconfinado por su presión piezométrico y como fisurado consolidado de acuerdo a su litología compuesto por areniscas y arenas. Este acuífero infrayace a un material semipermeable clasificado como Acuitardo compuesto por lutitas y limos. Así mismo esta unidad infrayace a un acuífero del tipo libre detrítico conformado por depósitos permeables de origen cuaternario saturado.

El flujo subterráneo que se evidencia en el punto de perforación en la coordenada UTM WGS-84 797273 Este y 8508295 Norte, proviene de la altiplanicie de la Microcuenca del río Pitumayo, principalmente ubicado en la quebrada de la A.P.V Yanama Ayllomayo. El pozo de perforación pretende captar una pequeña parte del flujo subterráneo en un sector que de acuerdo a los estudios geológicos y geofísicos son favorables y sin afectar a las aguas superficiales que existen a su alrededor.

MODELO HIDROGEOLÓGICO EN 3D



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

10. CAPITULO X: INGENIERÍA DE POZOS

10.1 GENERALIDADES

El punto de perforación de la zona de estudio tuvo como premisas las interpretaciones geofísicas de las diferentes secciones, además se tomó en cuenta los espacios disponibles en la APV sin afectar los terrenos de los propietarios, por último, se tomó en consideración la ubicación apropiada del reservorio el cual iba a realizarse en la parte alta de la APV por la Municipalidad de Zurite.

10.2 UBICACIÓN DE ZONA FAVORABLE

El punto de perforación más apropiado tuvo lugar en el punto del SEV 1, debido a los datos arrojados por el programa IPI2WIN el cual dio como resultado condiciones favorables.

Cabe recalcar que uno de los problemas más grandes en este tipo de estudios es la ubicación del punto de perforación debido a que está relacionado a una serie de estudios las cuales deben ser de sumo cuidado para nuestro caso se tomó en consideración la elaboración conceptual de un modelo 3D para visualizar mejor las formaciones hidrogeológicas, el cual fue posible generar gracias las interpretaciones de las secciones geológicas, así como también de la prospección geofísica. A continuación, se muestra las coordenadas del punto de perforación.

Tabla 10.1 Ubicación del pozo

COORDENADA UTM 18L	ESTE	NORTE	ELEVACION
	797273.168	8508295.24	3395

Fuente: Elaboración propia

10.3 MÉTODO DE PERFORACIÓN

La perforación del pozo tubular la realizo una máquina perforadora CC-4000 sobre orugas, propiedad de PERFOCON INTERNATIONAL GROUP S.A.C.

El pozo perforado por la maquina tiene una profundidad de 60 metros lineales, 8 pulgadas de diámetro y vertical para abajo.

La perforación se basó en la rotación siendo a su vez un método continuo ya que se utiliza lodo de perforación (poliplus R60, agua y bentonita), siendo realizado por un personal técnico calificado el cual estuvo supervisado por un ingeniero con experiencia en perforación. El inicio de la perforación vino dado por la empresa contratista, la cual estuvo respaldada por la APV ya que se requiere un permiso según el contrato estipulado entre ambos.

Los criterios de selección del método de perforación dependen básicamente de la litología (dureza, en función de la resistencia a compresión), profundidad y diámetro de perforación.



Foto N° 10.1 Equipo de Perforación CC-4000

10.4 DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN

La empresa perforista PERFOCON INTERNATIONAL GROUP S.A.C. situará la máquina perforadora en el punto designado por el ingeniero encargado, el cual no podrá empezar la perforación hasta la entrega de la orden escrita, en donde se describen las instrucciones de trabajo las cuales están sujetas a modificaciones durante la etapa de la perforación por si algún inconveniente se presente. El ingeniero supervisor designará cual será el diámetro, así como la profundidad alcanzada de acuerdo a las características litológicas la cual estará bajo supervisión durante esta etapa.

Se tuvo como inconveniente la falta de agua en toda la perforación ya que la zona de estudio no cuenta con agua por ende se requirió contratar una cisterna el cual abastezca 3 veces durante el día.

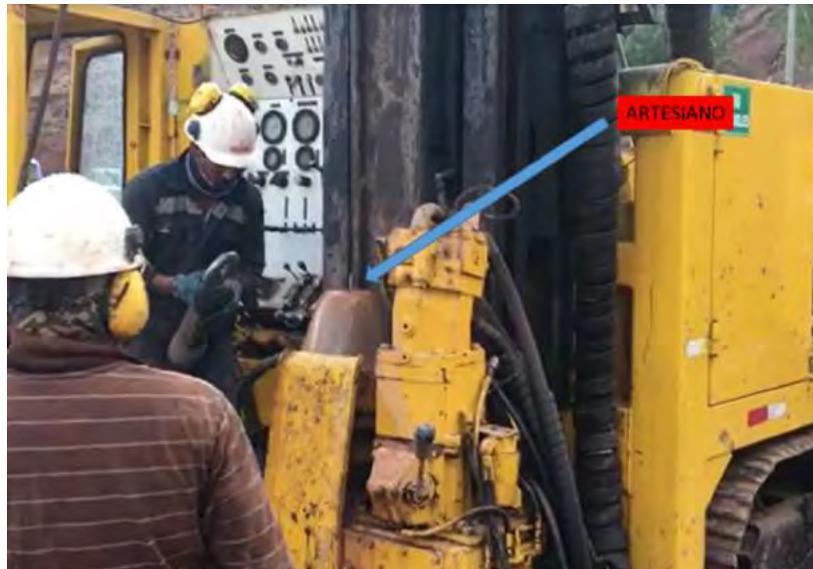


Foto N° 10.2 Profundidad final del pozo- Presenta Artesianismo.

10.4.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL POZO

Se utilizó un tricono de 8 pulgadas el cual tenía como objetivo perforar 60 metros lineales verticales para abajo. Conforme se fue desarrollando la perforación se obtuvo el metraje con el tipo de material, primeramente, atravesó 13.5 metros de material cuaternario, pasado esta profundidad se encontró arcillas arenosas con un espesor de 4.5 metros; subyaciendo una profundidad de 18 m se encontró areniscas y en menor cantidad lutitas con un espesor de 42 metros, obteniendo finalmente los 60 metros.

Para comenzar con la perforación fue necesario construir dos pozas de tres por tres metros; dentro de las cuales una fue de sedimentación y la otra fue de recuperación del fluido para ser reutilizado nuevamente en el pozo mediante un motor conocido como CHAMBER.

Debido a que estamos utilizando un método continuo en la perforación el cual se basa en utilizar el lodo de perforación como mecanismo de extracción se requiere obtener viscoso y denso el fluido empleado con el fin de extraer los detritus.



Foto N° 10.3 Preparación Del Lodo De Perforación

10.4.2 ENTUBACIÓN

Como nuestro proyecto es para la captación de agua subterránea se instalará una electrobomba sumergible y otros elementos electromecánicos para la extracción de agua del pozo hacia la superficie. Si los pozos de agua no se entubaran, al menos en la zona comprendida desde la superficie hasta donde se instale el grupo de bombeo, la circulación de agua podría producir desprendimientos y derrumbes que afectarían al equipamiento electromecánico.

El entubado para protección del pozo y electrobomba se realizó con tubería pesada para agua PVC con alma de acero clase 10 de 4 pulgadas, de los cuales 3 tuberías de 5 metros son ciegas y 9 tuberías de 5 metros son ranuradas con espaciamientos entre las ranuras de un 2.5 cm cada una.

Concluida la perforación se procedió a realizar el entubado del pozo ya que es frecuente el derrumbe en estos tipos de proyectos, por lo cual no debe pasar mucho tiempo después de haber perforado; para esto se utilizó la ayuda del castillo de la máquina perforadora debido a que aumenta el

peso de las tuberías, primero se ingresó la tubería ranurada con un tapón en la base posteriormente se ingresaron las otras tuberías ciegas, para el empalme entre tuberías se utilizó una remachadora además de pegamento; dichas actividades se realizaron con un numero de 8 trabajadores.

Finalmente se procedió a ingresar una tubería de impulsión de 2 pulgadas para la extracción del agua del acuífero el cual va dentro de la tubería de 4 pulgadas, para comenzar este entubado se realizó el acople de la electrobomba con una tubería de 2 pulgadas para luego enroscar las siguientes tuberías con empaquetador y cinta teflón, para esto también se utilizó como ayuda el castillo de la perforadora debido a que la electrobomba tiene un peso de 8 kg además de las tuberías.



Foto N° 10.4 Proceso constructor del pozo.

10.4.3 ENGRAVILLADO

Una vez concluida la fase de entubado se procedió al engravillado, el cual viene a estar determinado por la dimensión de la ranura así como del espacio anular externo ya que según a esto se utilizará una dimensión adecuada de grava. Después de haber definido la dimensión de la grava a utilizar

el cual fue de ½ pulgada se procede a rellenar el espacio anular entre las paredes del pozo y la tubería de revestimiento de 4 pulgadas.

Este paso no se obvia en la fabricación de pozos de agua debido a que la grava cumple funciones muy importantes las cuales son:

- Ayuda a estabilizar el terreno
- Optimiza la permeabilidad de las ranuras
- Evita el ingreso de finos a la tubería de revestimiento

Finalmente, el sellado del pozo fue de 1 metro el cual está conformado por Grouting, que es una mezcla de cemento más bentonita y tiene como función evitar el ingreso de sustancias que no correspondan al pozo.

10.4.4 DESARROLLO

Una vez concluida la fase de engravillado y sellado del pozo, se procedió a la limpieza del pozo mediante el bombeo con la finalidad de obtener el mayor rendimiento posible.

Nuestro mecanismo de limpieza consistió en el bombeo de los restos de perforación sobre todo la del lodo utilizado hasta su limpieza total, la cual se corrobora mediante la clarificación del agua en la superficie.

La fase de desarrollo tiene como objetivo la mejora de la permeabilidad, sobre todo la eliminación de finos ya que nuestro pozo está constituido por formaciones detríticas de porosidad primaria. Además, dentro de los métodos de desarrollo que utilizamos fue el mecánico subtipo subbombeo.

10.5 EQUIPAMIENTO

Con el diseño del pozo y con la información recaudada durante la perforación se procedió a designar el equipamiento hidráulico. Se tomó en consideración el diámetro de la tubería de revestimiento el cual fue de 4 pulgadas ya que de acuerdo a ello se compró una bomba de 3.5 pulgadas

de diámetro, también se tomó en consideración la profundidad del pozo ya que en función a esto se requerirá una potencia para lograr transportar un caudal de 3.5 litros por segundo hacia la superficie donde se encuentra su reservorio.

10.6 ELECTROBOMBA

Se utilizó una bomba sumergible monofásica Pedrollo de 3.5 pulgadas y 7.5 HP de rendimiento, su altura de un 1 metro, instalada a los 57 metros de profundidad, sostenida por tubería PVC pesada para agua de 2 pulgadas y cable de acero galvanizado con aislante transparente de 200 KP. A continuación, se muestra las características de la bomba:



Foto N° 10.5 Especificaciones técnicas de la bomba instalada

10.7 TUBERÍA DE IMPULSIÓN

El diámetro de la tubería de succión y/o descarga es de 2 pulgadas el cual debe estar diseñada para soportar una presión nominal al inicio del bombeo al igual que las uniones entre tuberías todos estos detalles técnicos deben tomarse en consideración al momento de la instalación de la electrobomba.

La tubería de impulsión debe poseer un diámetro menor al de la tubería de revestimiento, a su vez debe tener la misma dimensión que el acople de la bomba ya que facilitara su instalación.

Se utilizó 9 tuberías de 6 metros cada una, una tubería de dos metros los cuales sumados con la longitud de la bomba que es un metro quedan a 3 metros de la base del pozo según el diseño del pozo.

10.8 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Los equipos de instalación eléctricas utilizados fueron

- **TRANSFORMADOR DE POTENCIA**

Compuesto por llaves termo magnéticas y capacitores las cuales tiene como función disminuir el voltaje, en nuestro caso se requirió un voltaje de 220 voltios a partir de una fuente de 360 voltios.

Todo ello en base a las características de la electrobomba ya que existen electrobombas monofásicas y trifásicas según su rendimiento.

- **CABLES DE ALIMENTACIÓN**

Cables de cobre cubiertos por una capa aislante con un diámetro de 3/8 de característica vulcanizada, se utilizó 80 metros de cable el cual fue instalada en el pozo pegada a la tubería de impulsión mediante una cinta metálica sostenida en cada metro.

- **TABLERO AUTOMÁTICO**

Es un sistema eléctrico conformado por llaves termo magnéticas, el cual trabaja conjuntamente con una boya ubicada en el reservorio, pues el tablero tiene la función de encenderse cada vez que el nivel del agua este por debajo del límite inferior indicado y apagarse cuando el nivel del agua este justo en el límite superior. El tablero se colocó en una caseta con su propio medidor de energía.

11. CONCLUSIONES

1. EL acuífero está constituido por un material de areniscas fracturadas pertenecientes a la formación Vilquechico, la cual tiene un comportamiento homogéneo además de facilitar un flujo uniforme en todo el espesor del acuífero. Este acuífero se encuentra delimitado por dos capas semipermeables, la capa techo compuesta por lutitas-arenas y la capa piso compuesta por lutitas y areniscas en menor cantidad.
2. Se realizó el inventario de fuentes a un 1km a la redonda del punto potencial de perforación identificando manantes de aguas neutras con promedios de Ph de 7.3, conductividades de 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, total de solidos disueltos de 370 ppm. Así mismo identificando el canal y el rio Pitumayo con Ph de 8.1 más básicos, conductividades de 370 $\mu\text{S}/\text{cm}$, total de solidos disueltos 180 ppm en promedio. Finalmente se identificó dos pozos ejecutados por el ANA obteniéndose datos Físicoquímicos similares con Ph de 7.6, conductividad de 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$, total de solidos disueltos 290 ppm. Las aguas analizadas en la zona de estudio no presentan problemas de salinidad además de ser de neutras a básicas.
3. Se realizaron 11 Sev's de los cuales 7 fueron de configuración Schlumberger y 4 de configuración Wenner, identificándose en todos ellos el nivel freático. Donde en el SEV 01 más cercano al punto de interés la napa freática se encuentra a 8.5 metros de profundidad. Así mismo, debido a la topografía del terreno se realizó las dos configuraciones, la Schlumberger ya que necesitamos enfocar el análisis en la parte central y la Wenner en la parte lateral de ambos extremos de la línea geofísica. Resultando similares las profundidades de la napa freática y mismo rango de resistividades en ambas configuraciones.
4. Mediante el método de ensayo de bombeo ejecutado en el acuífero se determinaron valores de Transmisividad de 21.29 $\text{m}^2/\text{día}$ y capacidad de almacenamiento del orden de 10^{-5} así mismo mediante el ensayo de nivel de carga constante (Ensayo Lefranc) se obtuvo el valor de permeabilidad de $1.28 * 10^{-4} \text{ cm}/\text{seg}$. Así mismo el nivel productivo está a una profundidad de 11.6 metros.

5. Se identificó un acuífero semiconfinado con una permeabilidad de $1.28 * 10^{-4}$ cm/seg, este acuífero se encuentra limitado en la parte superior por un Acuícludo con una permeabilidad de $2.6 * 10^{-7}$ cm/seg, al cual se encuentra suprayaciendo el acuífero libre, los cuales llevan a conformar nuestro modelo de unidades hidrogeológicas.
6. El Logueo de detritus permitió elaborar una columna litológica de 60 metros de profundidad la cual sirvió de guía para la construcción del pozo, donde se identificó 42 metros de areniscas y en menor cantidad lutitas, la cual fue construida con tubería ranurada, seguidamente se identificó 4.5 metros de arcillas - arenosas con diatomitas. Finalmente se identificó 13.5 metros de material cuaternario reciente la cual fue sellada con Grouting (cemento con Bentonita) con la finalidad de evitar la contaminación del acuífero. Dicha longitud de 18 metros restantes se construyó con tubería ciega.
7. Se desarrolló un modelo hidrogeológico tanto en 3D como en 2D en donde se representa el sistema de flujo de las aguas superficiales y subterráneas; con esta visualización se logra identificar el sistema de flujo característico. Para la zona de estudio el sistema de flujo subterráneo proviene principalmente de las precipitaciones; Así mismo la escorrentía superficial, produce infiltración en los depósitos permeables detríticos de origen cuaternario.
8. De acuerdo a los análisis físico químicos y de metales para el agua del pozo “Yanama Ayllomayo” se encuentra en los rangos de categoría 1-A siendo apto para el consumo humano y riego previa potabilización de acuerdo a los Estándares Nacionales de Calidad de Agua (ECA) y al diagrama de Schoeller correspondiente. Así mismo el análisis físico químico de las aguas superficiales y subterráneas resultan bicarbonatadas a sulfatadas cálcicas.

RECOMENDACIONES

- Realizar un pozo de observación o piezómetro cercano al pozo en explotación con la finalidad de obtener un mejor análisis de los abatimientos con sus respectivos tiempos.
- Ejecutar el ensayo de Airlift durante el desarrollo del pozo con la finalidad de realizar la limpieza y hacer un control del caudal del pozo periódicamente.
- Para la construcción de futuros pozos se recomienda el uso de gravilla especial filtro de piscina donde el diámetro de la gravilla dependerá del ancho de la ranura de la tubería externa.
- Llevar a cabo la reforestación la parte alta de la quebrada de Yanama al norte de la zona estudio con pinos en vez de eucaliptos con finalidad de que la recarga de este acuífero local sea más óptima.
- Realizar la determinación isotópica de los flujos de agua subterránea con la finalidad de conocer el origen de la recarga de este acuífero.
- Ejecutar una tomografía eléctrica con la finalidad de obtener una mayor profundidad de análisis debido a que la zona de estudio presenta una topografía que no ayudo a profundizar un mayor análisis con los sondeos eléctricos verticales.
- No realizar otro proyecto de igual o mayor envergadura en un radio de un kilómetro de distancia para evitar la depresurización de este acuífero.
- Ejecutar un proyecto de servicios básicos de desagüe y alcantarillado, en el A.P.V Yanama Ayllomayo Nuevo Amanecer para evitar la infiltración de aguas servidas y/o aguas residuales domésticas en el acuífero.

BIBLIOGRAFÍA

- ANA, (1988) *Estudio hidrogeológico para captación de aguas subterráneas en la pampa de Anta – Cusco. Programa Nacional de Aguas Subterráneas y Tecnificación de Riego (Pronaster)*. Recuperado de: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/1459?show=full>.
- Bances, H. (2014). *Análisis de la perforación de pozo tubulares en el Distrito de Mórrope*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Recuperado de: http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/5439_informe-tecnico-n0-a6830-estudio-hidrogeologico-del-distrito-de-morrope-provincia-y-departamento-de-lambayeque.pdf
- Collazo, M., Montaña, J. (2012). *Manual de Agua Subterránea*. Montevideo, Uruguay: Ministerio de ganadería y agricultura y pesca. Dirección general de desarrollo rural. Recuperado de: http://aquabook.agua.gob.ar/files/upload/contenidos/10_2/Manual-de-agua-subterranea-Uruguay.pdf.
- Morales, J., Nuñez, H. (2018), *Estudio Hidrogeológico para la elección de los métodos constructivos en pozos de agua sector Manzuzeto – Paramonga – Lima., Universidad San Martín de Porres*. Recuperado de: <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4330>.
- Moreno, Jose. (2014)” *Evaluación Hidrogeológica para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la Microcuenca Lauricocha – Huánuco*” Universidad san Antonio Abad del Cusco.
- Iglesias, J. (2015-2016). *Captaciones subterráneas/ Perforación y equipamiento de sondeos para captación de aguas subterráneas (Master en Ingeniería y Gestión del Agua)*. Escuela de organización industrial. Recuperado de: [file:///Downloads/captacionessubterraneas_0%20\(1\).pdf](file:///Downloads/captacionessubterraneas_0%20(1).pdf).
- López, J., Fornés, J., Ramos, G., Villarroya, F. (2009). *Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. Recuperado de: http://observatoriaigua.uib.es/repositori/asoc_aguas_botin.pdf.
- Ruelas, R. (2005). *Teoría y diseño de sistemas de tierras según las normas oficiales mexicanas (NOM) E IEEE*. México. Ruel SA (Ingeniería) León, Gto. Recuperado de:

<https://es.scribd.com/document/91770937/TEORIA-Y-DISENO-DE-SISTEMAS-DE-TIERRAS-SEGUN-LAS-NORMAS-OFICIALES-MEXICANAS>.

- Portugal, R., Tarifa, K. (2019), “Evaluación Hidrogeológica Preliminar Del Acuífero Aluvial, Para Explotación De Aguas Subterráneas Con Fines De Riego Del Valle Virú – La Libertad”, Universidad san Antonio Abad del Cusco.

ANEXO A:
DATOS Y CÁLCULOS HIDROLÓGICOS
Tablas

Tablas A-1; Datos de Precipitación

Tablas A-2; Calculo de la Evapotranspiración Método Thornthwaite

Tablas A-3; Parámetros geomorfológicos y Fisiográficos de la Microcuenca

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla A-1-1

SENAMHI													
OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA													
ESTACION	ANTA ANCACHURO						LATITUD		13°28'6" S		DPTO:	CUSCO	
PARAMETRO	PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)						LONGITUD		72° 12' 57" W		PROV:	ANTA	
TIPO:	Convencional Metereologica			CODIGO:		113035	ALTITUD		3,340	msnm	DIST:	ZURITE	
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1976	162	108	136	51	11	10	27	0	29	9	48	86	677.0
1977	107	133	110	49	3	0	0	5	20	83	171	123	804.0
1990	115	53	22	3	0	33	0	15	14	110	75	31	471.0
1991	46	154	115	24	0	20	0	0	3	32	91.6	59	544.6
1992	112	120	35	18	0	17	0	0	0	0	0	0	302.0
1993	127	410	84	28	4	0	0	18	57	171	203	532	1634.0
1994	573	367	401	40	29	0	0	0	35	80	172	241	1938.0
1995	178	36	206	18	1	3	0	0	19	14	87	298	860.0
1996	357	376	122	17	10	0	0	9	15	40	77	223	1246.0
1997	184.1	115	151	24	8	0	0	12	6	47	174	347	1068.1
1998	140	132	123	37.6	0	3	0	0	9	48	46	58	596.6
1999	272	296	202	60	6	0	0	5	51	87	97	207	1283.0
2000	167	197	134	38	1	15	0	4	12	139	40	177	924.0
2001	480	173	386	31	9	0	38	34	11	132	90	123	1507.0
2002	174	274	201	71	24	10	75	8	52	98	104	158	1249.0
2003	156	165	187	31	6	6	0	29	10	57	37	156	840.0
2004	237	168	47	41	2	25	24	9	31	40	85	102	811.0
2005	110	87	77	33	1	0	3	10	8	27	59	118	533.0
2006	201	136	136	64	0	13	0	1	5	61	90	107	814.0
2007	106	107	81	85	30	0	0	0	2	67	82	164	724.0
2008	134	106	84	16	7	1	0	7	13	112	128	126	734.0
2009	149	154	89	8	14	0	16	0	14	33	273	116	866.0
2010	279	169	141	21	1	5	3	2	10	85	48	167	931.0
2011	126	241	203	75	12	6.9	7.6	8.5	17.7	69.1	91.6	146.9	1005.3
2013	161.6	163.3	80.5	7	1.9	6.1	0.1	18.3	3.2	103.6	111.2	160.2	817.0
2014	160	123.3	71.1	46.3	13.9	0	0	1.3	11.5	62.9	37.6	159.9	687.8
2015	189.3	103.5	92.3	75.6	2.9	2.3	6.2	7.2	31.5	50.9	75.9	117.5	755.1
2016	140.7	245.7	69.3	24.3	7.3	0.3	3	17.7	18.2	72.6	25.6	101.7	726.4
2017	107.8	110	166.4	69.1	7.5	0	1.8	17.4	11	71.9	85.9	92	740.8
2018	145	189.4	139.5	37.6	3.1	24.2	19.7	27.5	8.5	73.6	62.7	71.5	802.3
2019	109.9	110.3	112.8	7.1	2.6	5.1	2.5	0	8.7	43.3	149.9	186.3	738.5
SUMA	5706.4	5322.5	4204.9	1150.6	218.2	205.9	226.9	265.9	536.3	2119.9	2918.0	4755.0	27630.5
DES	110.3	91.6	84.7	22.7	8.1	9.0	15.8	9.5	14.8	38.9	57.7	100.8	563.9
VARA	12832.3	9038.1	7523.2	540.3	65.2	79.2	243.3	89.0	221.7	1611.6	3502.1	10566.5	46312.4
PROM.	184.08	171.69	135.64	37.12	7.04	6.64	7.32	8.58	17.30	68.38	94.13	153.39	891.31

Fuente: SENAMHI

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla A-1-2

SENAMHI														
OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA														
ESTACION		URUBAMBA					LATITUD		13°18'18.6" S		DPTO:	CUSCO		
PARAMETRO		PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)					LONGITUD		72° 7' 28.4" W		PROV:	URUBAMBA		
TIPO:	Convencional Metereologica			CODIGO:		113034	ALTITUD		2,850	msnm	DIST:	URUBAMBA		
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1990	138.5	95.8	34.0	33.0	5.0	41.0	0.0	9.5	6.0	39.6	55.0	68.3	525.70	
1991	55.0	112.5	96.0	39.5	2.0	10.0	0.0	4.7	11.5	32.0	60.0	79.0	502.20	
1992	95.5	77.3	23.5	26.5	0.0	15.0	25.5	32.0	1.5	22.5	60.0	27.0	406.30	
1993	120.0	90.0	57.5	36.5	4.5	0.0	2.5	28.0	4.0	30.0	79.0	120.0	572.00	
1994	116.5	97.1	109.5	34.5	2.5	0.0	1.3	4.7	23.5	51.5	29.5	149.0	619.60	
1995	74.7	41.9	81.5	10.9	2.2	1.0	0.3	0.0	14.5	35.1	55.0	95.5	412.60	
1996	87.9	77.6	51.0	48.6	18.2	0.4	0.1	11.6	5.0	26.2	55.8	73.8	456.20	
1997	88.6	117.9	105.3	8.5	2.3	0.0	0.0	8.3	6.2	10.1	73.0	84.9	505.10	
1998	54.7	72.2	27.7	10.4	4.0	0.7	0.0	0.4	1.7	19.3	44.1	55.5	290.70	
1999	124.2	106.0	82.4	29.6	17.5	0.8	0.1	0.0	23.7	20.3	51.9	125.8	582.30	
2000	168.2	96.7	87.3	6.5	6.4	8.8	0.8	0.1	15.6	63.9	18.7	77.0	550.00	
2001	159.4	94.7	102.2	7.2	8.4	0.0	16.9	11.6	8.6	73.3	61.8	65.5	609.60	
2002	126.0	118.1	78.3	50.1	5.8	4.9	62.8	1.8	2.5	63.6	53.0	135.5	702.40	
2003	96.9	73.4	109.5	28.6	4.3	8.4	1.2	18.0	1.0	16.8	47.2	94.6	499.90	
2004	123.5	87.6	75.3	15.2	1.5	30.6	21.5	10.3	5.9	35.8	38.9	77.9	524.00	
2005	48.4	97.0	62.2	21.3	5.0	0.0	1.6	1.9	11.7	10.9	50.5	82.6	393.11	
2006	111.8	92.8	68.9	33.5	0.0	1.9	0.0	4.0	9.6	50.1	58.3	88.2	519.10	
2007	51.4	84.5	78.2	46.8	4.6	0.0	1.9	0.1	0.0	54.0	63.7	74.8	460.00	
2008	93.3	79.3	79.2	6.7	7.1	2.8	0.6	3.1	3.9	35.5	92.2	118.4	522.10	
2009	167.0	110.7	67.1	10.9	6.3	0.1	2.7	1.6	8.9	4.6	128.4	70.6	578.90	
2010	194.0	127.4	104.1	12.7	2.7	0.0	2.5	7.7	5.5	42.0	28.5	110.7	637.80	
2011	103.9	141.1	88.5	46.8	12.6	4.0	29.6	4.8	28.1	31.6	39.3	112.5	642.80	
2012	69.0	124.4	57.4	18.0	0.3	0.6	1.8	0.3	17.2	8.1	61.3	134.8	493.24	
2013	126.4	131.1	90.5	3.5	1.4	0.4	0.0	13.4	2.2	72.8	113.4	136.0	691.10	
2014	122.3	71.6	50.6	34.3	10.1	0.0	0.1	0.5	6.4	57.2	30.6	99.7	483.40	
2015	129.9	87.5	48.7	28.4	4.6	0.0	7.8	5.5	3.4	15.2	28.9	117.5	477.40	
2016	62.3	125.9	57.3	22.9	1.8	0.3	5.2	0.0	1.2	54.9	39.7	132.7	504.20	
2017	77.9	76.7	60.3	66.3	1.7	0.5	0.0	10.8	1.1	40.3	69.3	55.1	460.00	
2018	88.2	142.1	85.3	9.1	0.0	26.8	16.7	19.0	3.1	65.7	50.1	64.6	570.70	
2019	88.9	98.4	104.1	16.9	9.3	1.8	3.0	0.0	2.8	54.6	90.0	152.8	622.60	
SUMA	3164.3	2949.3	2223.4	763.7	152.1	160.8	206.5	213.7	236.3	1137.5	1727.1	2880.3	15815.05	
DES	37.2	23.3	24.1	16.1	4.7	10.2	13.4	8.3	7.4	20.2	24.5	31.4	220.72	
VARA	1693.5	836.6	737.4	271.3	22.0	101.1	175.1	68.1	55.1	439.2	689.0	1252.9	6341.14	
PROM.	105.48	98.31	74.11	25.46	5.07	5.36	6.88	7.12	7.88	37.92	57.57	96.01	527.17	

Fuente: SENAMHI

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla A-1-3

SENAMHI														
OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA														
ESTACION		HUAYLLABAMBA					LATITUD		13°15'56.9" S		DPTO:		CUSCO	
PARAMETRO		PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)					LONGITUD		72° 26' 55.7" W		PROV:		URUBAMBA	
TIPO:	Automatica Metereologica		CODIGO:	4727C11E			ALTITUD		3,020	msnm	DIST:		MACHUPICCHU	
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1971	180.3	129.6	28.3	63.4	2.2	7.2	16.0	70.0	24.3	17.1	55.2	73.7	667.30	
1972	185.9	112.0	55.6	76.4	62.8	2.2	21.8	19.1	18.5	24.0	26.9	62.1	667.30	
1973	103.0	149.5	38.0	11.3	9.7	3.8	4.3	21.0	19.2	47.8	75.1	41.6	524.30	
1974	159.5	142.8	31.1	27.7	19.5	2.6	33.0	16.3	15.0	81.1	79.2	122.3	730.10	
1975	161.9	145.6	32.6	53.3	4.4	6.2	22.2	42.4	9.4	59.7	21.9	97.4	657.00	
1976	175.4	166.2	99.3	35.4	30.9	6.6	26.8	29.6	27.2	33.6	40.1	74.4	745.50	
1977	156.2	129.2	123.3	35.4	34.3	7.0	7.3	19.3	44.6	26.9	48.8	77.8	710.10	
1998	157.3	129.1	122.5	35.4	35.6	6.9	28.2	29.6	32.7	66.8	52.5	112.4	809.00	
1999	151.9	171.3	281.0	48.4	28.8	5.5	36.5	16.1	17.0	29.6	48.3	85.2	919.60	
2000	194.1	134.8	70.0	28.1	7.3	1.3	38.1	15.2	42.3	83.7	58.4	90.0	763.30	
2001	194.4	101.4	93.2	96.8	25.7	7.8	62.5	50.6	55.0	64.2	22.1	108.0	881.70	
2002	116.9	155.8	62.3	21.2	14.9	5.2	14.9	12.9	13.2	26.9	71.2	51.4	566.80	
2003	128.6	131.4	56.7	11.3	13.6	4.5	34.7	24.5	91.0	23.2	14.4	116.7	650.55	
2004	175.8	114.4	219.0	39.3	49.1	9.3	17.3	92.1	7.8	30.8	52.7	25.3	832.90	
2005	185.3	114.9	96.4	48.1	25.9	1.3	11.2	14.0	26.4	28.0	41.4	31.5	624.40	
2006	138.6	113.6	82.6	24.1	39.6	7.9	34.2	50.4	44.7	57.2	24.3	60.3	677.50	
2007	164.2	174.0	63.6	25.8	36.0	12.1	62.5	28.5	36.8	44.3	50.5	50.5	748.80	
2008	193.7	124.1	136.0	17.9	65.3	3.3	15.2	17.6	20.3	91.5	43.6	108.7	837.20	
2009	127.8	102.4	104.7	21.8	15.4	14.1	4.3	27.8	14.7	83.3	53.0	67.3	636.60	
2010	123.2	121.6	188.0	31.9	62.3	8.7	19.1	46.5	42.8	27.5	28.1	121.2	820.90	
2011	159.3	155.8	138.2	45.2	30.5	6.7	27.8	31.9	35.0	47.2	43.2	80.1	800.90	
2015	121.4	82.2	100.4	57.0	18.0	0.6	18.4	29.6	29.0	33.2	67.8	131.0	688.60	
2016	78.6	153.2	45.4	54.0	6.2	10.0	16.4	20.2	18.2	80.6	22.2	90.2	595.20	
2017	116.4	97.8	82.2	31.2	9.6	2.3	5.9	14.6	16.1	24.7	33.5	105.8	540.10	
2018	107.4	154.0	127.0	29.8	2.0	2.0	35.0	60.2	18.0	94.8	42.8	61.4	734.40	
2019	72.3	43.8	85.0	16.0	32.2	20.0	24.6	0.0	35.8	76.8	29.7	46.6	482.80	
SUMA	3829.4	3350.5	2562.4	986.2	681.8	165.1	638.2	800.0	755.0	1304.5	1146.9	2092.9	18312.9	
DES	35.2	29.4	59.6	20.3	18.6	4.4	15.1	20.5	17.8	25.1	17.6	29.8	293.5	
VARA	1996.3	1448.9	3775.9	448.2	358.8	20.2	241.9	439.3	334.3	700.2	370.2	1093.8	11227.9	
PROM.	147.28	128.87	98.55	37.93	26.22	6.35	24.55	30.77	29.04	50.17	44.11	80.50	704.34	

Fuente: SENAMHI

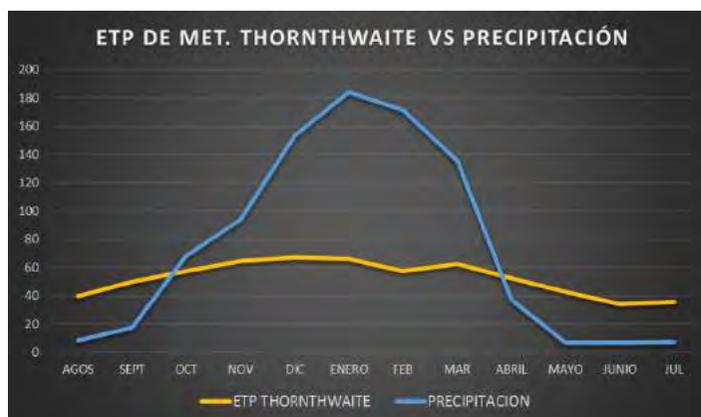
Tablas A-2; Calculo de la Evapotranspiración Método Thornthwaite

METODO THORNTHWAITE													
VARIABLE	ENERO	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUNIO	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	
1 Temperatura media Mensual (t) año 2019	13.2080645	13.0224138	13.1725806	11.9533333	9.98870968	8.66	8.63064516	9.30322581	11.3166667	12.1048387	13.3816667	13.3822581	
2 Indice de Calor Mensual (i)	4.35221092	4.25992871	4.33452093	3.74177618	2.85112745	2.29700268	2.28522471	2.56018074	3.44420711	3.81381261	4.4391096	4.43940663	
3 Indice de Calor Anual (I)	42.8185083	42.8185083	42.8185083	42.8185083	42.8185083	42.8185083	42.8185083	42.8185083	42.8185083	42.8185083	42.8185083	42.8185083	
4 Coefic. Experimental de Ajuste (a)	1.16894117	1.16894117	1.16894117	1.16894117	1.16894117	1.16894117	1.16894117	1.16894117	1.16894117	1.16894117	1.16894117	1.16894117	
5 Evapotranspiracion sin ajuste (Ej)	59.7000843	58.7203527	59.5126449	53.1252721	43.0672911	36.4487922	36.3044101	39.6328706	49.8327488	53.9132172	60.6183401	60.6214717	611.497496
6 N° Max. De horas de sol según Latitud(n)	12.8814938	12.5814938	12.2	11.8	11.5	11.3185062	11.4	11.6185062	12	12.3814938	12.7814938	12.8814938	
7 N° de dias del mes (N)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
8 Coeficiente de Correccion(fc)	1.10923974	0.97856063	1.05055556	0.98333333	0.99027778	0.94320885	0.98166667	1.00048248	1	1.06618419	1.06512448	1.10923974	
9 Evapotranspiracion Potencial (E.T)	66.2217062	57.4614253	62.5213398	52.2398509	42.6485814	34.3788233	35.6388293	39.6519926	49.8327488	57.4814197	64.5660782	67.2437457	629.886541

Interpolación de número de horas de sol máximas diarias, según la latitud, calculadas para el día 15 de cada mes. Dato en h/día (J.Almorox. ETSIA. Madrid)

Tabla 1													
13	12.8	12.5	12.2	11.8	11.5	11.4	11.4	11.7	12	12.3	12.7	12.8	
13.814938	12.8814938	12.5814938	12.2	11.8	11.5	11.3185062	11.4	11.6185062	12	12.3814938	12.7814938	12.8814938	
14	12.9	12.6	12.2	11.8	11.5	11.3	11.4	11.6	12	12.4	12.8	12.9	

Precipitación (P)	Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Estación Anta Ancachuro	184.08	171.69	135.64	37.12	7.04	6.64	7.32	8.58	17.30	68.38	94.13	153.39	891.3



“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla A-3-1: PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS Y FISIOGRAFICOS DE LA MICROCUENCA

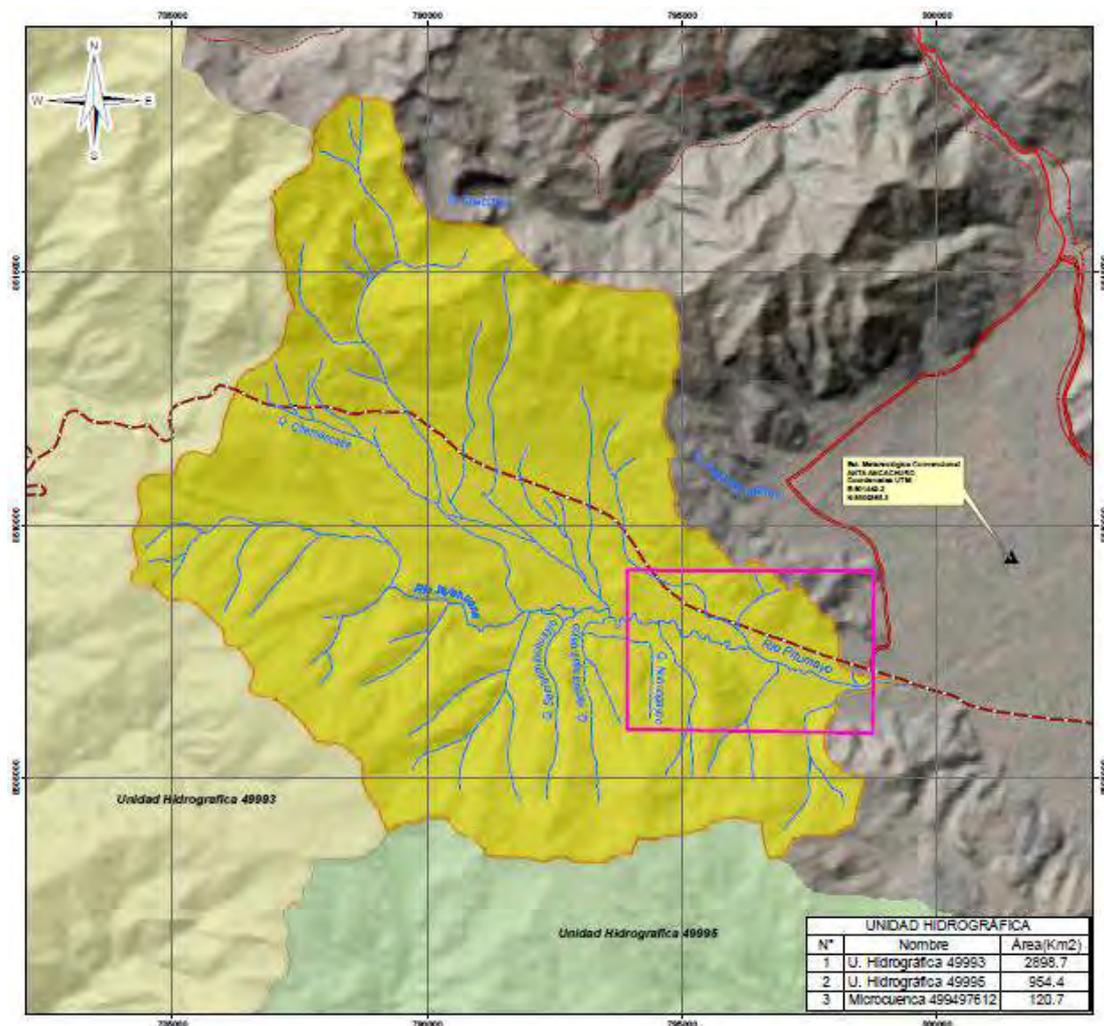
1. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA MICROCUENCA

PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE MICROCUENCA DEL RÍO PITUMAYO			
PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	CANTIDAD
Área de la microcuenca	A	Km ²	120.770
Perímetro de la microcuenca	P	Km	55.891
Longitud de la microcuenca	L	Km	22.159
Ancho promedio	Ap	Km	6.042
Coefficiente de compacidad	Kc	--	1.43
Factor de forma	Ff	--	0.30
Rectángulo equivalente	RE	Km	22.75

2. PARÁMETROS FISIOGRAFICOS DE LA MICROCUENCA

PARAMETROS FISIOGRAFICOS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PITUMAYO			
PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	CANTIDAD
Longitud del cauce principal	L	Km	19.989
Altitud máxima	Cmax	msnm	4808
Altitud mínima	Cmin	Msnm	3330
Altitud media	Cme	msnm	3798

3. DELIMITACION DE LA MICROCUENCA 499497612, UNIDAD HIDROGRÁFICA 49993 Y UNIDAD HIDROGRÁFICA 49995

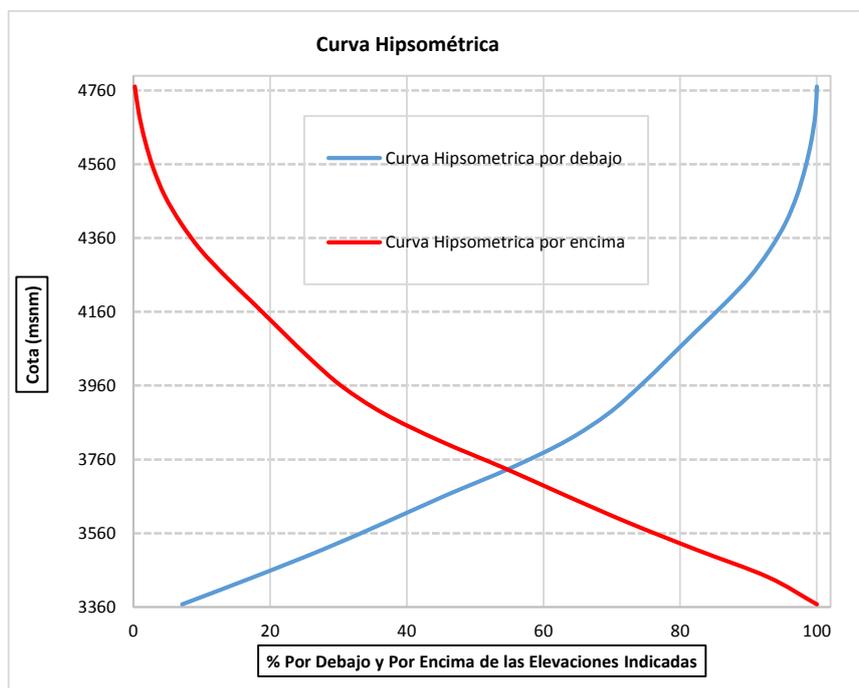


“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

4. CURVA HIPSONÉTICA Y POLÍGONO DE FRECUENCIAS

Cm (msnm)	CM (msnm)	Cmd (hi) (msnm)	Áreas Parciales (si)		Cmd*Area (hi*Si) (mnsn*km2)
			(Km2)	(%)	
3330	3404	3367	8.62	7.13	29,012.4
3404	3478	3441	12.62	10.45	43,436.0
3478	3552	3515	12.11	10.02	42,553.1
3552	3626	3589	11.11	9.20	39,871.6
3626	3700	3663	10.78	8.93	39,478.6
3700	3773	3736	11.41	9.44	42,619.6
3773	3847	3810	9.88	8.18	37,627.4
3847	3921	3884	7.41	6.14	28,782.7
3921	3995	3958	5.54	4.59	21,922.0
3995	4069	4032	4.98	4.12	20,064.0
4069	4143	4106	4.89	4.05	20,090.2
4143	4217	4180	4.98	4.13	20,828.2
4217	4291	4254	4.56	3.77	19,379.9
4291	4365	4328	3.55	2.94	15,374.0
4365	4439	4402	2.83	2.34	12,447.3
4439	4512	4475	2.00	1.66	8,952.7
4512	4586	4549	1.45	1.20	6,592.8
4586	4660	4623	1.09	0.90	5,017.4
4660	4734	4697	0.72	0.60	3,401.6
4734	4808	4771	0.26	0.21	1,232.8
Área Total (Km2)			120.77	100.00	458,684.3
Elevación Media (msnm)			3,798.00		

Dónde: Cm: Cota menor, CM: Cota mayor, Cmd: Cota media.



ANEXO B:
INVENTARIO DE FUENTES

Tabla

Tabla B-1; Inventario de fuentes
Análisis de pruebas de bombeo

Ficha

Fichas B-1; Ficha de diagnóstico del estado del Pozo

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Tabla B-1

INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA

EVALUACION HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS MEDIANTE PERFORACION DE UN POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO DE ZURITE -PROVINCIA DE ANTA-REGIÓN CUSCO														
Código	Coordenadas UTM (WGS)			Fecha	Hora	T(°C)	pH	CE (μS/cm)	TDS (ppm)	Caudal (l/s)	Ubicación	Tipo	Clasificación	Observaciones
	Este	Norte	Cota											
IRHS 08.03.09-POB-01	797147	8508008	3363	28/08/2019	8:40 a.m	11.3	7.7	560	280	--	A.P.V Yanama	pozo	Subterránea	Pozo de observación con un diametro de 6"
IRHS 08.03.09-PPA-02	799175	8506950	3358	28/08/2019	9:24 a.m	11.8	7.8	640	320	0.7	Zurite	pozo	Subterránea	Pozo abandonado
IRHS 08.03.09-PZ-02	799171	8506950	3358	28/08/2019	9:29 a.m	11.8	7.8	620	300	--	Zurite	pozo	Subterránea	Piezometro del pozo abandonado de 2"
R-PT-03	797328	8507121	3357	28/08/2019	9:52 a.m	12.1	8.2	350	170	125,000	Zurite	Rio Pitumayo	superficial	Rio Pitumayo en épocas de lluvia
IRHS 08.03.09-MA-01	797255	8508347	3377	28/08/2019	10:30 a.m	11.9	7.2	730	370	0.15	A.P.V Yanama	manantial	superficial	Manantial de agua cristalina
IRHS 08.03.09-MA-02	797856	8507784	3360	28/08/2019	10:46 a.m	11.2	7.3	790	390	1.5	A.P.V Yanama	manantial	superficial	Manantial de agua cristalina
CA-YA-06	797327	8507915	3359	28/08/2019	10:58 a.m	12.2	8.0	390	200	5.2	A.P.V Yanama	canal	superficial	Canal activo en épocas de lluvia

TABLA B-1-1

INVENTARIO DE LAS FUENTES DE AGUAS						
POZO ABANDONADO	PARAMETROS FISICOS				COORDENADAS WGS 84 (18L)	
IRHS 08.03.09-PPA-01	Ph	CE (µs/cm)	TDS (ppm)	T (°C)	NORTE	ESTE
MEDICION	7.8	640	320	11.8	8506950	799175
Ph GRADO DE ACIDEZ O ALCALINIDAD DEL AGUA						
CE (µs/cm) CONDUCTIVIDAD ELECTRICA MILI OHMIOS						
TDS (ppm) SOLIDOS PARTES POR MILLON						
T(°C) TEMPERATURA EN C°						
				<p>OBSERVACIONES: posee un 1/4" de espesor y un diametro de 15" este lugar se encuentra ubicado en el distrito de Zurite, provincia de Anta, Region del Cusco. Cabe mencionar que dicho pozo presenta el fenomeno de surgencia ademas de encontrarse en estado de abandono. Este pozo fue realizado por el programa nacional de aguas subterranas y tecnificacion de riego (PRONASTER) a traves del Ministerio de Agricultura.</p>		

TABLA B-1-2

INVENTARIO DE LAS FUENTES DE AGUAS						
PIEZÓMETRO	PARAMETROS FISICOS				COORDENADAS WGS 84 (18L)	
IRHS 08.03.09-PZ-02	Ph	CE (µs/cm)	TDS (ppm)	T (°C)	NORTE	ESTE
MEDICION	7.8	620	300	11.8	8506950	799171
Ph GRADO DE ACIDEZ O ALCALINIDAD DEL AGUA						
CE (µs/cm) CONDUCTIVIDAD ELECTRICA MILI OHMIOS						
TDS (ppm) SOLIDOS PARTES POR MILLON						
T(°C) TEMPERATURA EN C°						
				<p>OBSERVACIONES: Ubicado a 2 metros del Pozo abandonadado este piezometro fue ejecutado para analizar las caracteristicas del acuifero. Este piezometro fue realizado por el programa nacional de aguas subterranas y tecnificacion de riego (PRONASTER) a traves del Ministerio de Agricultura.</p>		

TABLA B-1-3

INVENTARIO DE LAS FUENTES DE AGUAS						
Pozo de Observación	PARAMETROS FISICOS				COORDENADAS WGS 84 (18L)	
IRHS 08.03.09-PZ-01	Ph	CE (µs/cm)	TDS (ppm)	T (°C)	NORTE	ESTE
MEDICION	7.7	560	280	11.3	8508008	797147
Ph GRADO DE ACIDEZ O ALCALINIDAD DEL AGUA						
CE (µs/cm) CONDUCTIVIDAD ELECTRICA MILI OHMIOS						
TDS (ppm) SOLIDOS PARTES POR MILLON						
T(°C) TEMPERATURA EN C°						
				<p>OBSERVACIONES: Ubicado a 310 metros del punto de perforación al suroeste de la zona de estudio con un diametro de 6" y una profundidad de 65 metros con un nivel estatico de 6.70 de agua.</p>		

TABLA B-1-4

INVENTARIO DE LAS FUENTES DE AGUAS						
POZO DE EXPLOTACION	PARAMETROS FISICOS				COORDENADAS WGS 84 18L	
IRHS 08.03.09-PP-02	Ph	CE (µs/cm)	TDS (ppm)	T (°C)	NORTE	ESTE
MEDICION	7.5	590	300	11	8508264	797305
Ph GRADO DE ACIDEZ O ALCALINIDAD DEL AGUA						
CE (µs/cm) CONDUCTIVIDAD ELECTRICA MILI OHMIOS						
TDS (ppm) SOLIDOS PARTES POR MILLON						
T(°C) TEMPERATURA EN C°						
				<p>OBSERVACIONES: Pozo perforado en la zona de estudio con un diámetro de 6", tubería exterior de un diámetro 4" y una tubería interior de producción de 2" en donde se obtuvo un caudal de 3.5 litros/segundo alcanzando una profundidad de 60 metros.</p>		

TABLA B-1-5

INVENTARIO DE LAS FUENTES DE AGUAS						
MANANTIAL	PARAMETROS FISICOS				COORDENADAS WGS 84 (18L)	
IRHS 08.03.09-MA-01	Ph	CE (µs/cm)	TDS (ppm)	T (°C)	NORTE	ESTE
MEDICION	7.2	730	370	11.9	8508347	797255
Ph GRADO DE ACIDEZ O ALCALINIDAD DEL AGUA						
CE (µs/cm) CONDUCTIVIDAD ELECTRICA MILI OHMIOS						
TDS (ppm) SOLIDOS PARTES POR MILLON						
T(°C) TEMPERATURA EN C°						
				<p>OBSERVACIONES: Manantial ubicado a 20 metros de la zona de perforación (pozo) de donde los pobladores de la A.P.V captaban 0.15 litros por segundo a través de una tubería para el llenado de un rotoplas de un metro cubico el cual abastecía a una parte de la población.</p>		

TABLA B-1-6

INVENTARIO DE LAS FUENTES DE AGUAS						
MANANTIAL	PARAMETROS FISICOS				COORDENADAS WGS 84 (18L)	
IRHS 08.03.09-MA-02	Ph	CE (µs/cm)	TDS (ppm)	T (°C)	NORTE	ESTE
MEDICION	7.3	790	390	11.2	8507784	797856
Ph GRADO DE ACIDEZ O ALCALINIDAD DEL AGUA						
CE (µs/cm) CONDUCTIVIDAD ELECTRICA MILI OHMIOS						
TDS (ppm) SOLIDOS PARTES POR MILLON						
T(°C) TEMPERATURA EN C°						
				<p>OBSERVACIONES: Manantial ubicado a 520 metros aproximadamente de la zona de perforación (pozo) ubicado en lado este de la zona de estudio, anteriormente utilizado para bebedero de sus animales así como para el riego de sus cultivos de los pobladores .</p>		

TABLA B-1-7

INVENTARIO DE LAS FUENTES DE AGUAS						
CANAL	PARAMETROS FISICOS				COORDENADAS WGS 84 (18L)	
CA-YA-06	Ph	CE (µs/cm)	TDS (ppm)	T (°C)	NORTE	ESTE
MEDICION	8.0	390	200	12.2	8507915	797327
Ph GRADO DE ACIDEZ O ALCALINIDAD DEL AGUA						
CE (µs/cm) CONDUCTIVIDAD ELECTRICA MILI OHMIOS						
TDS (ppm) SOLIDOS PARTES POR MILLON						
T(°C) TEMPERATURA EN C°						
				<p>OBSERVACIONES: Canal ubicado a 400 metros de la zona de perforación (pozo) ubicado en el lado Sur, en la parte baja de la A.P.V, el cual atraviesa la A.P.V con dirección NW-SE y es utilizado para irrigaciones de sus cultivos.</p>		

TABLA B-1-8

INVENTARIO DE LAS FUENTES DE AGUAS						
Río Pitumayo	PARAMETROS FISICOS				COORDENADAS WGS 84 (18L)	
R-PT-03	Ph	CE (µs/cm)	TDS (ppm)	T (°C)	NORTE	ESTE
MEDICION	8.2	350	170	12.1	8507121	797328
Ph GRADO DE ACIDEZ O ALCALINIDAD DEL AGUA						
CE (µs/cm) CONDUCTIVIDAD ELECTRICA MILI OHMIOS						
TDS (ppm) SOLIDOS PARTES POR MILLON						
T(°C) TEMPERATURA EN C°						
				<p>OBSERVACIONES: Rio pitumayo ubicado en el lado sur y a un 1 km de la zona de perforación con dirección NW-SE el cual atraviesa la pampa de Anta, el cual tiene un ancho de 5m aproximadamente y confluye sus aguas con el rio Izcuchaca</p>		

ANEXO C

PRUEBAS Y PARAMETROS HIDRAULICOS

Tabla C-1; Pruebas de bombeo fase descenso escalón 1

Tabla C-2; Pruebas de bombeo fase descenso escalón 2

Tabla C-3; Pruebas de bombeo fase descenso escalón 3

Gráficos C-4; Ensayo escalonado y rendimiento específico

Tabla C-5; Resultados pruebas de bombeo de pozo de observación analizados mediante el software AQTESOLV y mediante diagramas logarítmicos

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

PRUEBA DE BOMBEO FASE DESCENSO						
POZO ARTESIANO- APV YANAMA AYLLOMAYO						
Departamento: Cusco		Provincia: Anta		Distrito: Zurite		
Propietario del pozo: APV- Yanama Ayllomayo						
Ejecutores: G&S ALLPA CONSULTORES				ESCALON 1		
Supervisada: JSDZ & RFOS				NE (Nivel Estático)= 7.18 m		
Caudal de bombeo ponderado(Q): 1.5 L/s				Tiempo de Bombeo= 60 min		
Fecha y hora de iniciación de bombeo: 06/09/2019 11.00.00 am						
TIEMPO				CAUDAL (lts/seg)	NIVEL DINAMICO	
Fecha	Hora	Min	Seg		DESDE LA BOCA DE POZO (m)	ABATIMIENTO (m)
05/07/2019	11:00:00 a.m.	0	0	1.5	7.18	0
		1	60	1.5	7.39	0.21
		2	120	1.5	7.51	0.33
		3	180	1.5	7.64	0.46
		4	240	1.5	7.73	0.55
		5	300	1.5	7.80	0.62
		6	360	1.5	7.86	0.68
		7	420	1.5	7.90	0.72
		8	480	1.5	7.93	0.75
		9	540	1.5	7.95	0.77
	11:10:00 a.m.	10	600	1.5	7.96	0.78
		12	720	1.5	7.97	0.79
		14	840	1.5	7.97	0.79
		16	960	1.5	7.98	0.80
		18	1080	1.5	7.98	0.80
	11:20:00 a.m.	20	1200	1.5	7.98	0.80
		22	1320	1.5	7.98	0.80
		24	1440	1.5	7.98	0.80
		26	1560	1.5	7.98	0.80
		28	1680	1.5	7.98	0.80
	11:30:00 a.m.	30	1800	1.5	7.98	0.80
		35	2100	1.5	7.98	0.80
		40	2400	1.5	7.98	0.80
		45	2700	1.5	7.98	0.80
		50	3000	1.5	7.98	0.80
		55	3300	1.5	7.98	0.80
	12:00:00 p.m.	60	3600	1.5	7.98	0.80

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

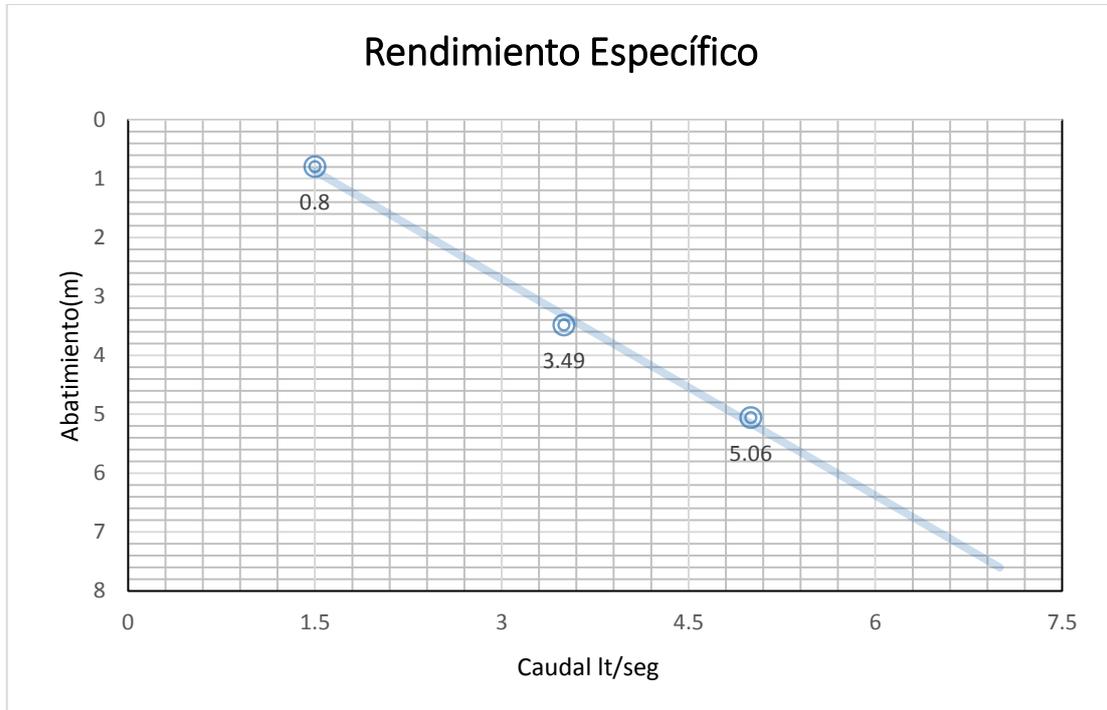
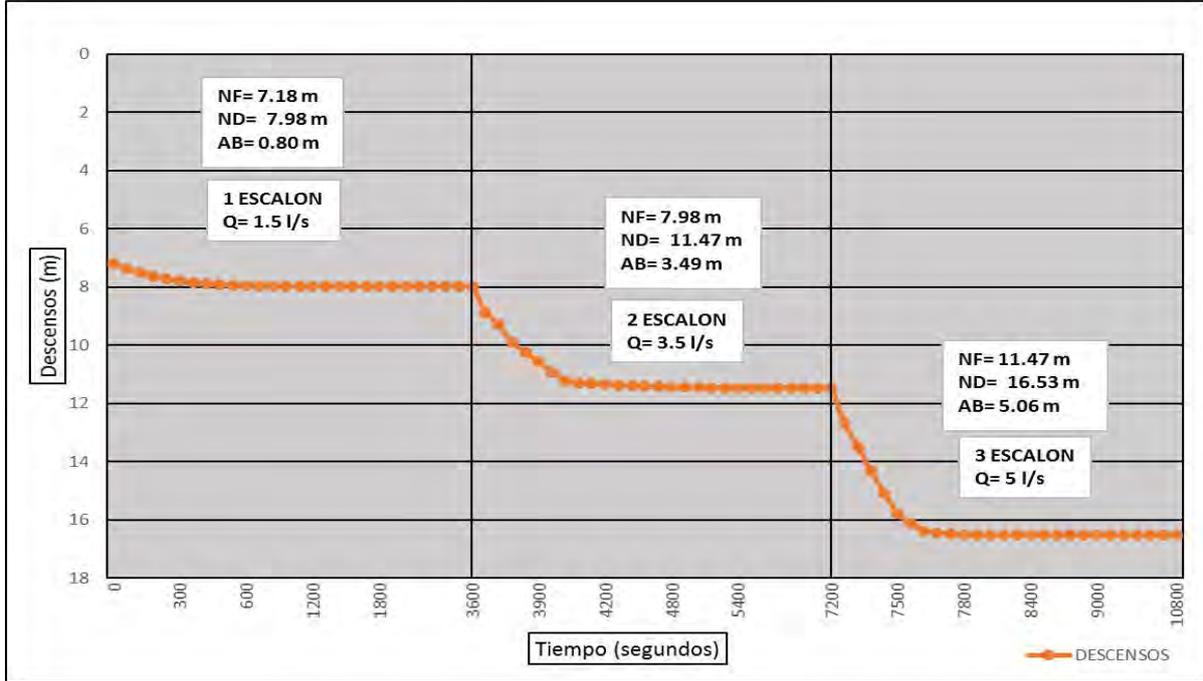
PRUEBA DE BOMBEO FASE DESCENSO						
POZO ARTESIANO- APV YANAMA AYLLOMAYO						
Departamento: Cusco		Provincia: Anta		Distrito: Zurite		
Propietario del pozo: APV- Yanama Ayllomayo						
Ejecutores: G&S ALLPA CONSULTORES				ESCALON 2		
Supervisada: JSDZ & RFOS				NE (Nivel Estático)= 7.18 m		
Caudal de bombeo ponderado(Q): 3.5 L/s				Tiempo de Bombeo= 60 min		
Fecha y hora de iniciación de bombeo: 06/09/2019 12.00.00 am						
TIEMPO				CAUDAL (lts/seg)	NIVEL DINAMICO	
Fecha	Hora	Min	Seg		DESDE LA BOCA DE POZO (m)	ABATIMIENTO (m)
05/07/2019	12:00:00 p.m	0	0	3.5	7.98	0
		1	60	3.5	8.45	0.47
		2	120	3.5	8.89	0.91
		3	180	3.5	9.32	1.34
		4	240	3.5	9.67	1.69
		5	300	3.5	9.91	1.93
		6	360	3.5	10.24	2.26
		7	420	3.5	10.45	2.47
		8	480	3.5	10.63	2.65
		9	540	3.5	10.80	2.82
	12:10:00 p.m.	10	600	3.5	11.06	3.08
		12	720	3.5	11.24	3.26
		14	840	3.5	11.31	3.33
		16	960	3.5	11.35	3.37
		18	1080	3.5	11.38	3.4
	12:20:00 p.m.	20	1200	3.5	11.40	3.42
		22	1320	3.5	11.41	3.43
		24	1440	3.5	11.42	3.44
		26	1560	3.5	11.43	3.45
		28	1680	3.5	11.43	3.45
	12:30:00 p.m.	30	1800	3.5	11.44	3.46
		35	2100	3.5	11.45	3.47
		40	2400	3.5	11.46	3.48
		45	2700	3.5	11.46	3.48
		50	3000	3.5	11.47	3.49
		55	3300	3.5	11.47	3.49
	01:00:00 p.m.	60	3600	3.5	11.47	3.49

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

PRUEBA DE BOMBEO FASE DESCENSO						
POZO ARTESIANO- APV YANAMA AYLLOMAYO						
Departamento: Cusco		Provincia: Anta		Distrito: Zurite		
Propietario del pozo: APV- Yanama Ayllomayo						
Ejecutores: G&S ALLPA CONSULTORES				ESCALON 3		
Supervisada: JSDZ & RFOS				NE (Nivel Estático)= 7.18 m		
Caudal de bombeo ponderado(Q): 5 L/s				Tiempo de Bombeo= 60 min		
Fecha y hora de iniciación de bombeo: 06/09/2019 12.00.00 am						
TIEMPO				CAUDAL (lts/seg)	NIVEL DINAMICO	
Fecha	Hora	Min	Seg		DESDE LA BOCA DE POZO (m)	ABATIMIENTO (m)
05/07/2019	01:00:00 p.m.	0	0	5	11.47	0
		1	60	5	12.15	0.68
		2	120	5	12.68	1.21
		3	180	5	13.03	1.56
		4	240	5	13.49	2.02
		5	300	5	13.95	2.48
		6	360	5	14.32	2.85
		7	420	5	14.80	3.33
		8	480	5	15.11	3.64
		9	540	5	15.42	3.95
	01:10:00 p.m.	10	600	5	15.78	4.31
		12	720	5	16.15	4.68
		14	840	5	16.26	4.79
		16	960	5	16.34	4.87
		18	1080	5	16.40	4.93
	01:20:00 p.m.	20	1200	5	16.43	4.96
		22	1320	5	16.47	5.00
		24	1440	5	16.49	5.02
		26	1560	5	16.50	5.03
		28	1680	5	16.51	5.04
	01:30:00 p.m.	30	1800	5	16.52	5.05
		35	2100	5	16.52	5.05
		40	2400	5	16.53	5.06
		45	2700	5	16.53	5.06
		50	3000	5	16.53	5.06
		55	3300	5	16.53	5.06
	02:00:00 p.m.	60	3600	5	16.53	5.06

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

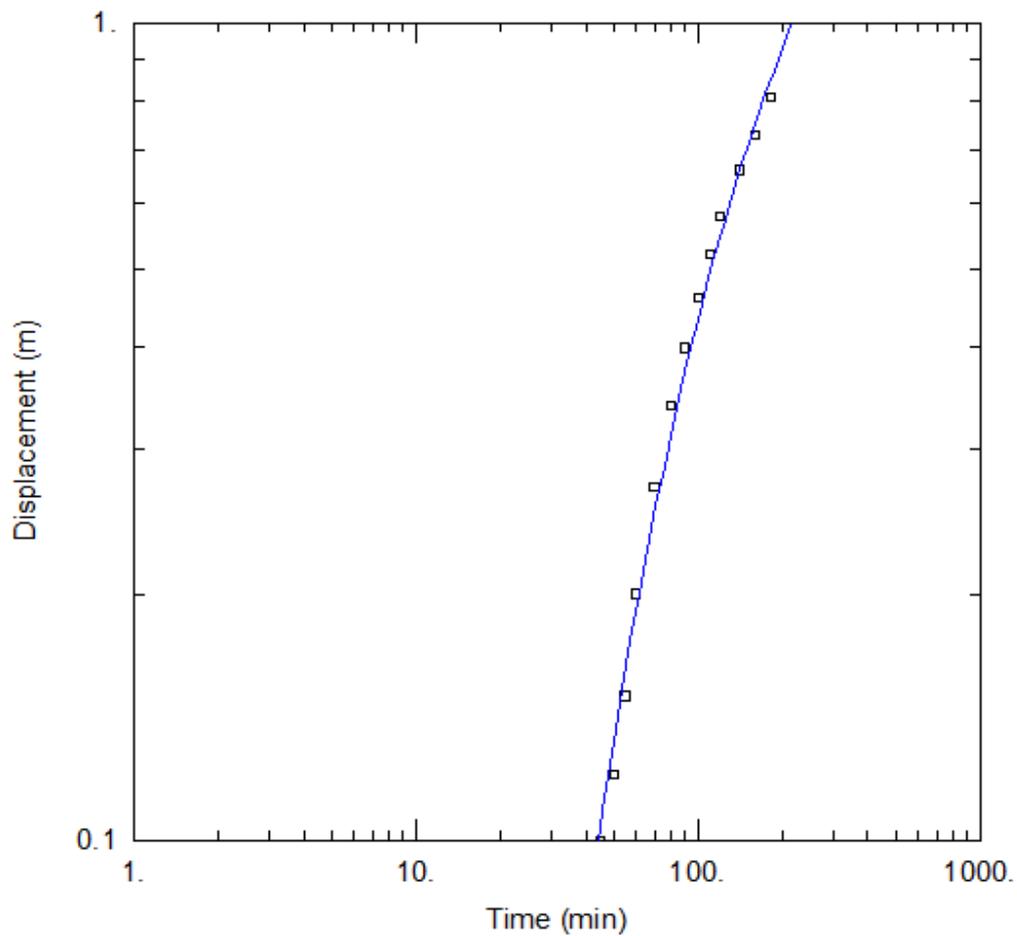
Gráficos C-4 Ensayo escalonado para la determinación del rendimiento específico del pozo



“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE						
POZO DE OBSERVACIÓN - APV YANAMA AYLLOMAYO						
Departamento: Cusco		Provincia: Anta		Distrito: Zurite		
Propietario del pozo: Comunidad - Yanama Ayllomayo						
Ejecutores: G&S ALLPA CONSULTORES			NE (Nivel Estático)= 6.70 m			
Supervisada: JSDZ				POZO DE OBSERVACION		
Caudal de bombeo ponderado(Q):		3.5 l/s		Tiempo de Bombeo= 180 min		
Fecha: 05/07/19						
TIEMPO				CAUDAL	DESCENSO DEL NIVEL DEL AGUA	
Días	Hora	Min	Seg	mm3/seg	Profundidad ND (m)	ABATIMIENTO (m)
1		0	0	3.5	6.70	0
			30	3.5	6.70	0
		1	60	3.5	6.70	0
			90	3.5	6.70	0
		2	120	3.5	6.70	0
			150	3.5	6.70	0
		3	180	3.5	6.70	0
		4	240	3.5	6.70	0
		5	300	3.5	6.70	0
		6	360	3.5	6.70	0
		7	420	3.5	6.70	0
		8	480	3.5	6.70	0
		9	540	3.5	6.70	0
		10	600	3.5	6.70	0
		12	720	3.5	6.70	0
		14	840	3.5	6.70	0
		16	960	3.5	6.70	0
		18	1080	3.5	6.70	0
		20	1200	3.5	6.70	0
		22	1320	3.5	6.70	0
		24	1440	3.5	6.70	0
		26	1560	3.5	6.70	0
		28	1680	3.5	6.70	0
		30	1800	3.5	6.70	0
		35	2100	3.5	6.70	0
		40	2400	3.5	6.75	0.05
		45	2700	3.5	6.81	0.11
		50	3000	3.5	6.85	0.15
		55	3300	3.5	6.89	0.19
	1	60	3600	3.5	6.93	0.23
		70	4200	3.5	6.97	0.27
		80	4800	3.5	7.04	0.34
		90	5400	3.5	7.10	0.40
		100	6000	3.5	7.16	0.46
		110	6600	3.5	7.22	0.52
	2	120	7200	3.5	7.28	0.58
		140	8400	3.5	7.36	0.66
		160	9600	3.5	7.43	0.73
	3	180	10800	3.5	7.51	0.81

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”



PRUEBA DE BOMBEO

Data Set:
Date: 02/09/21

Time: 19:24:32

PROJECT INFORMATION

Company: G&S ALLPA CONSULTORES
 Client: APV YANAMA AYLLOMAYO
 Project: A-01
 Location: ANTA-ZURITE
 Test Well: YANAMA AYLLOMAYO
 Test Date: 05/07/2019

WELL DATA

Pumping Wells			Observation Wells		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
P-YANAMA	797305	8508264	n OW	797147	8508008

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Theis

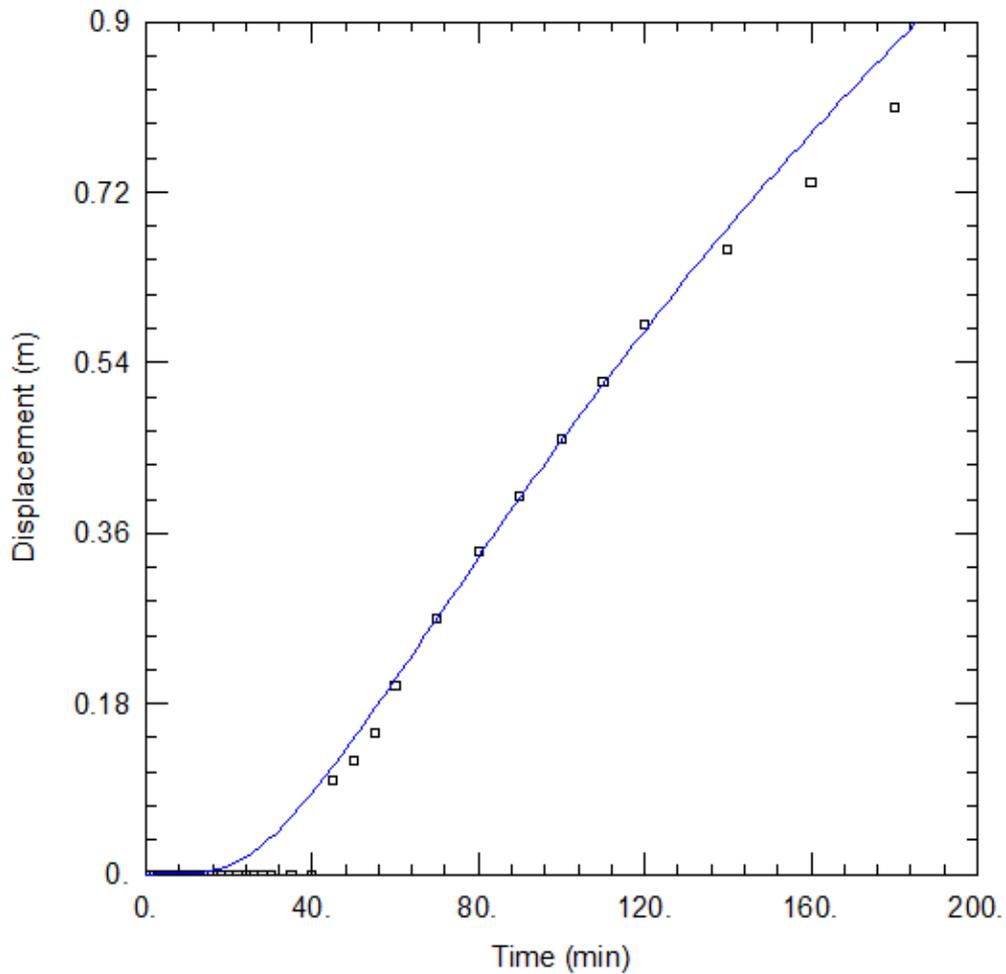
T = 19.86 m²/day

S = 4.4E-5

Kz/Kr = 0.5

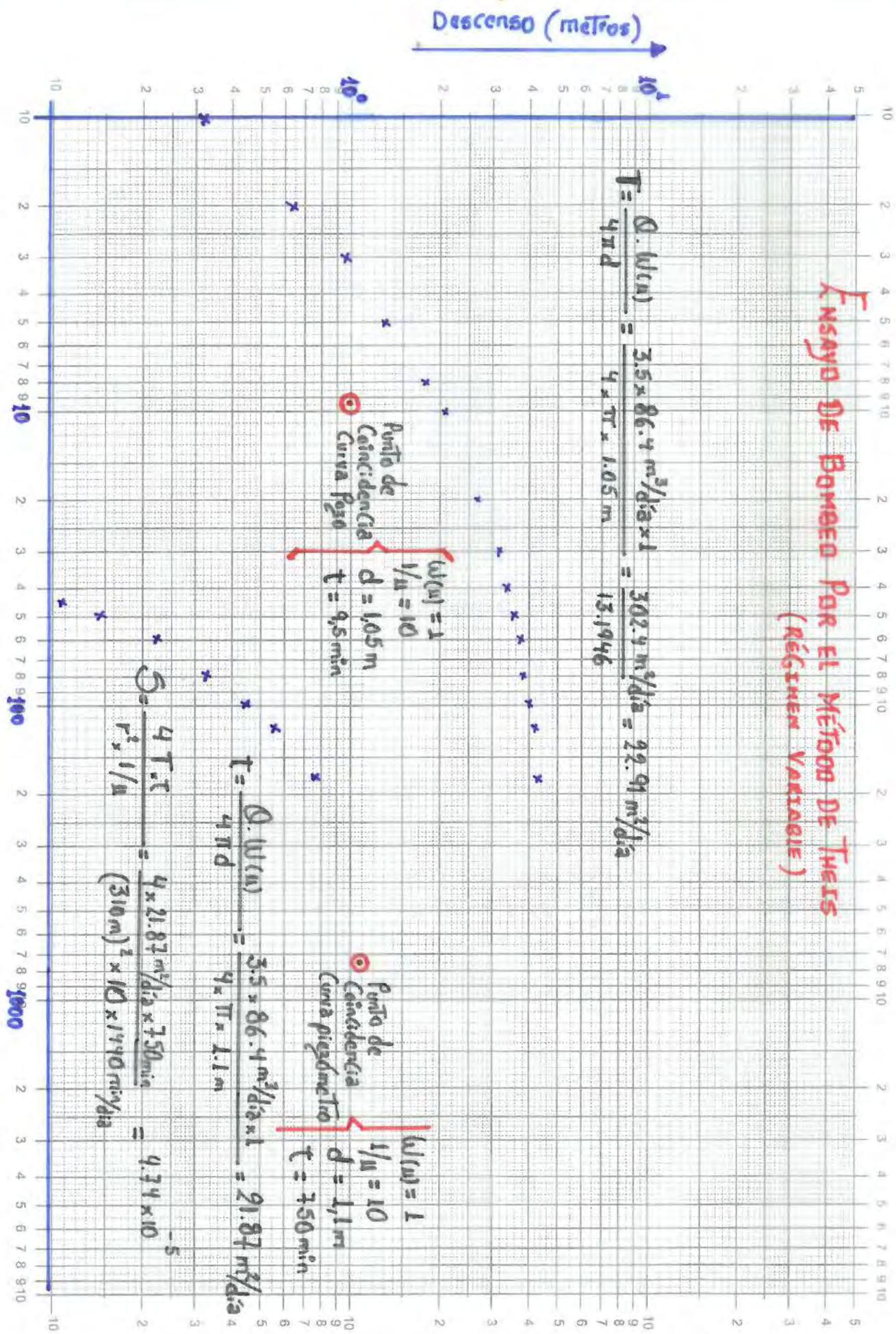
b = 30 m

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”



<u>PRUEBA DE BOMBEO</u>					
Data Set:					
Date: <u>02/09/21</u>		Time: <u>19:19:15</u>			
<u>PROJECT INFORMATION</u>					
Company: <u>G&S ALLPA CONSULTORES</u>					
Client: <u>APV YANAMA AYLLOMAYO</u>					
Project: <u>A-01</u>					
Location: <u>ANTA-ZURITE</u>					
Test Well: <u>YANAMA AYLLOMAYO</u>					
Test Date: <u>05/07/2019</u>					
<u>WELL DATA</u>					
<u>Pumping Wells</u>			<u>Observation Wells</u>		
<u>Well Name</u>	<u>X (m)</u>	<u>Y (m)</u>	<u>Well Name</u>	<u>X (m)</u>	<u>Y (m)</u>
P-YANAMA	797305	8508264	□ OW	797147	8508008
<u>SOLUTION</u>					
Aquifer Model: <u>Leaky</u>			Solution Method: <u>Hantush</u>		
T	= <u>12.05 m²/day</u>		S	= <u>2.606E-5</u>	
B	= <u>0.2214</u>		Kz/Kr	= <u>0.5</u>	
b	= <u>30. m</u>				

ENSAJO DE BOMBEO POR EL MÉTODO DE THEIS (RÉGIMEN VARIABLE)



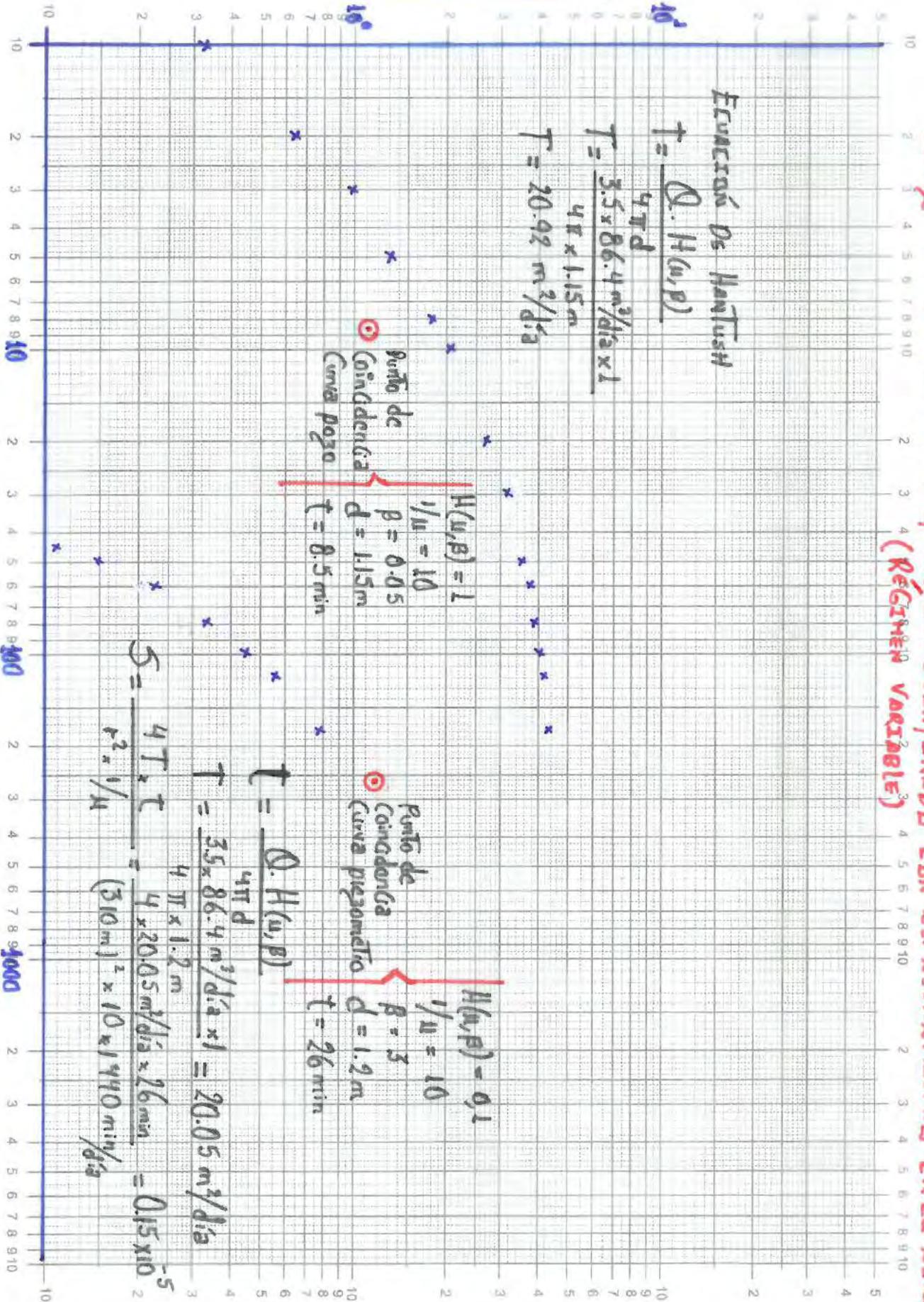
ENSAYO DE BOMBEO EN ACUÍFERO SEMIINFINIDO CON ALMACENAMIENTO EN EL ACUÍFERO (Régimen variable)

Ecuación de Hantush

$$r = \frac{Q \cdot H(u, \beta)}{4\pi d}$$

$$T = \frac{3.5 \times 86.4 \text{ m}^3/\text{día} \times 1}{4\pi \times 1.15 \text{ m}}$$

$$T = 20.92 \text{ m}^2/\text{día}$$



Punto de Coincidencia Curva pozo
 $H(u, \beta) = 1$
 $1/u = 10$
 $\beta = 0.05$
 $d = 1.15 \text{ m}$
 $t = 8.5 \text{ min}$

Punto de Coincidencia Curva piezometro
 $H(u, \beta) = 0.1$
 $1/u = 10$
 $\beta = 5$
 $d = 1.2 \text{ m}$
 $t = 26 \text{ min}$

$$T = \frac{Q \cdot H(u, \beta)}{4\pi d}$$

$$T = \frac{3.5 \times 86.4 \text{ m}^3/\text{día} \times 1}{4\pi \times 1.2 \text{ m}} = 20.05 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = \frac{4T \cdot t}{r^2 \cdot 1/u} = \frac{4 \times 20.05 \text{ m}^2/\text{día} \times 26 \text{ min}}{(310 \text{ m})^2 \times 10 \times 1940 \text{ min}^2/\text{día}} = 0.15 \times 10^{-5}$$

ANEXO D

DATOS GEOFÍSICOS

Gráficos

Gráfico D-1: SEV-01; Curva Geo eléctrica Schlumberger
Gráfico D-2: SEV-02; Curva Geo eléctrica Schlumberger
Gráfico D-3: SEV-03; Curva Geo eléctrica Schlumberger
Gráfico D-4: SEV-04; Curva Geo eléctrica Schlumberger
Gráfico D-5: SEV-05; Curva Geo eléctrica Schlumberger
Gráfico D-6: SEV-06; Curva Geo eléctrica Schlumberger
Gráfico D-7: SEV-07; Curva Geo eléctrica Schlumberger
Gráfico D-8: SEV-01; Curva Geo eléctrica Wenner
Gráfico D-9: SEV-02; Curva Geo eléctrica Wenner
Gráfico D-10: SEV-03; Curva Geo eléctrica Wenner
Gráfico D-11: SEV-04; Curva Geo eléctrica Wenner

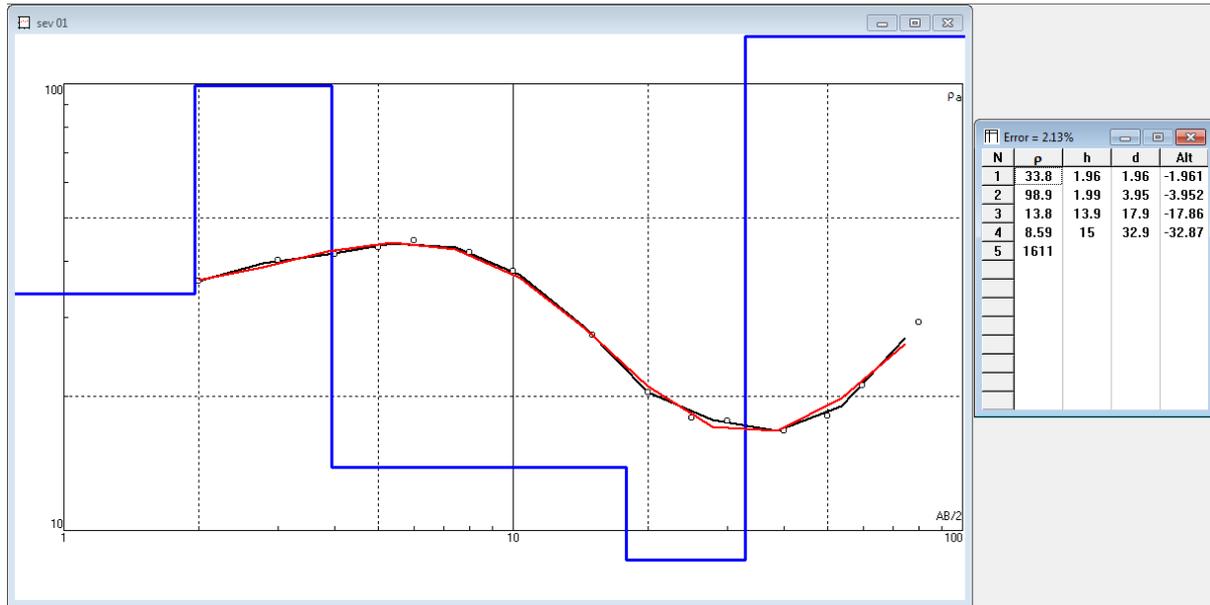
Laminas

Lamina N° 01; Perfil Geo eléctrico A-A' Schlumberger
Lamina N° 02; Perfil Geo eléctrico B-B' Schlumberger
Lamina N° 03; Perfil Geo eléctrico C-C' Schlumberger
Lamina N° 04; Perfil Geo eléctrico D-D' Schlumberger
Lamina N° 05; Perfil Geo eléctrico a-a' Wenner
Lamina N° 06; Perfil Geo eléctrico b-b' Wenner
Lamina N° 07; Perfil Geo eléctrico c-c' Wenner

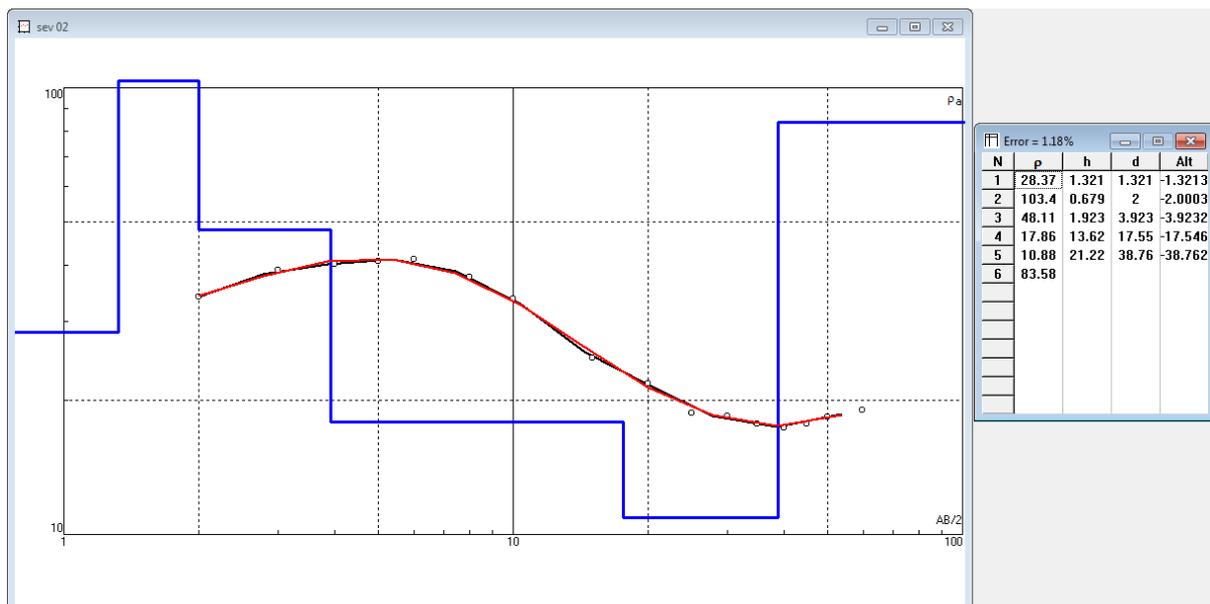
Columnas N° 01 Columna estratigráfica generalizada
N° 02 Columna estratigráfica geológica local

Curva Geo eléctrica – SEV Schlumberger

SEV-01; Curva Geo eléctrica Schlumberger

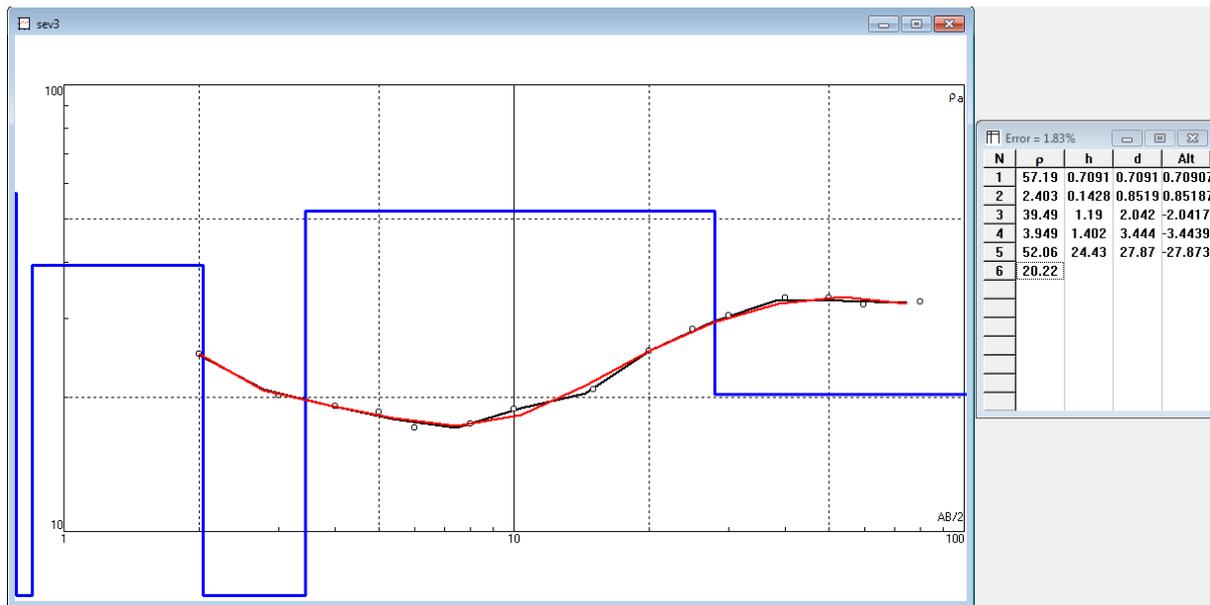


SEV-02; Curva Geo eléctrica Schlumberger

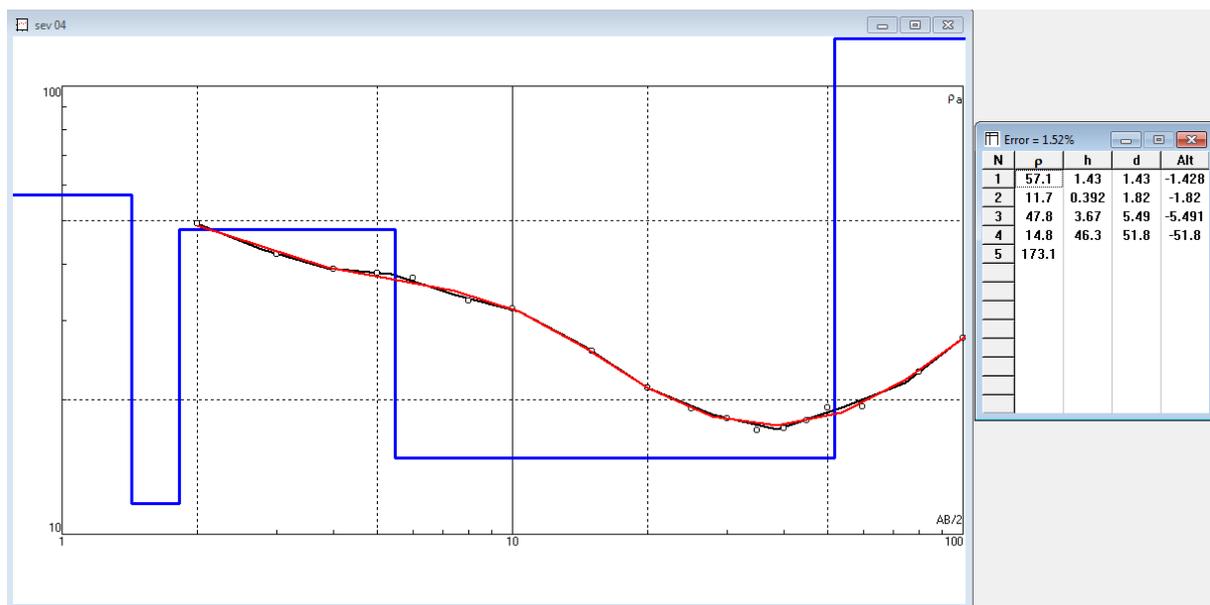


“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

SEV-03; Curva Geo eléctrica Schlumberger

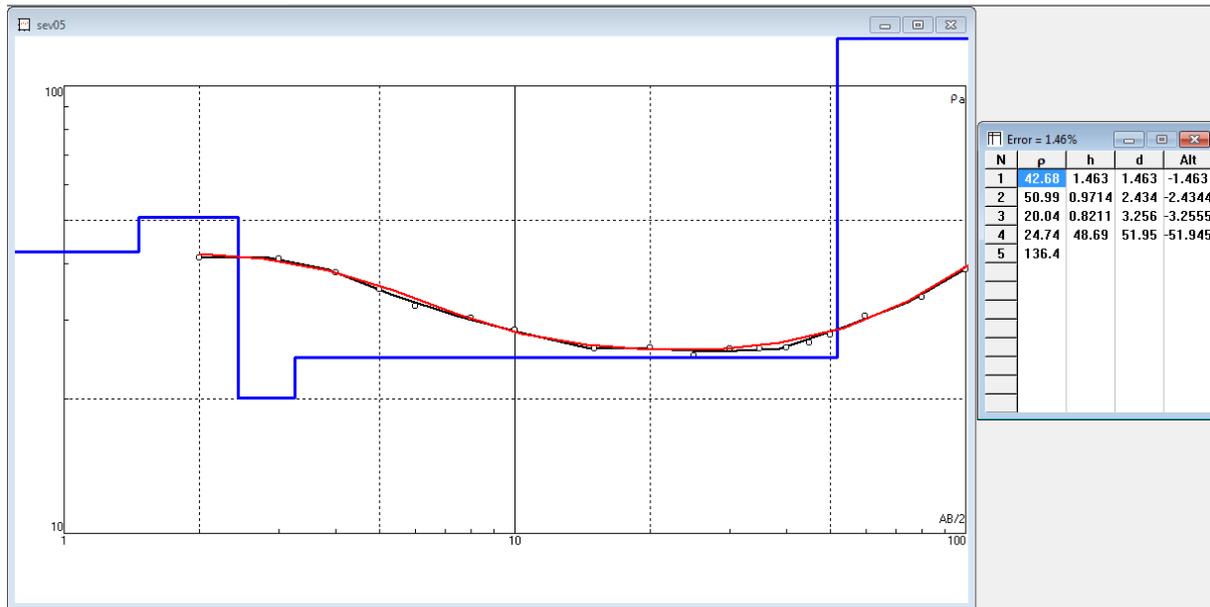


SEV-04; Curva Geo eléctrica Schlumberger

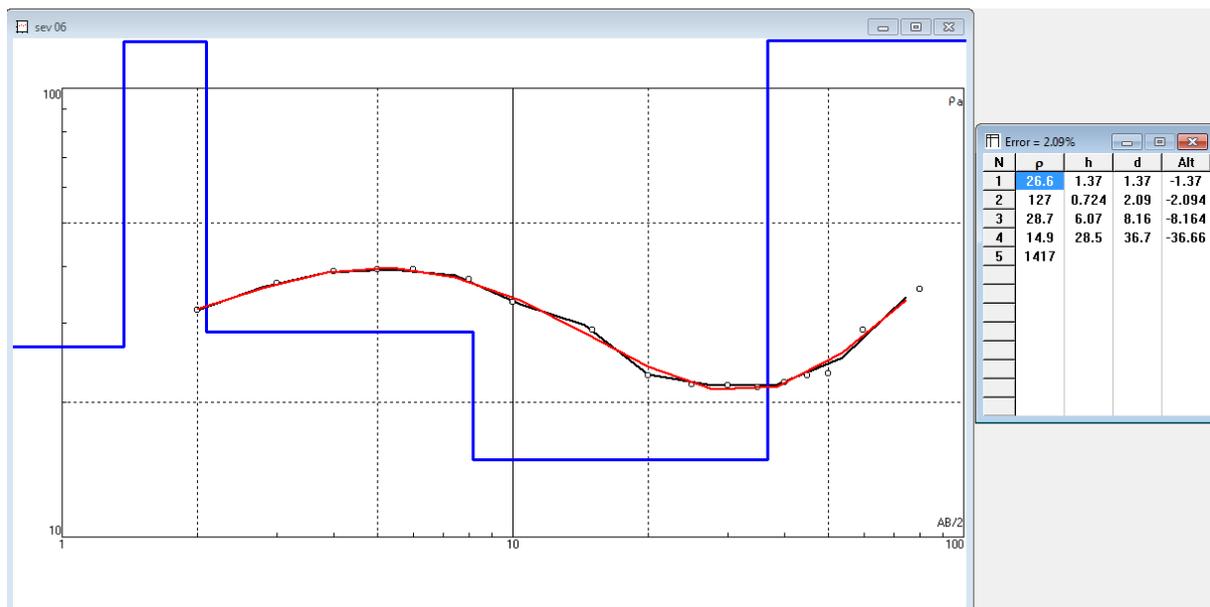


**“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama
Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”**

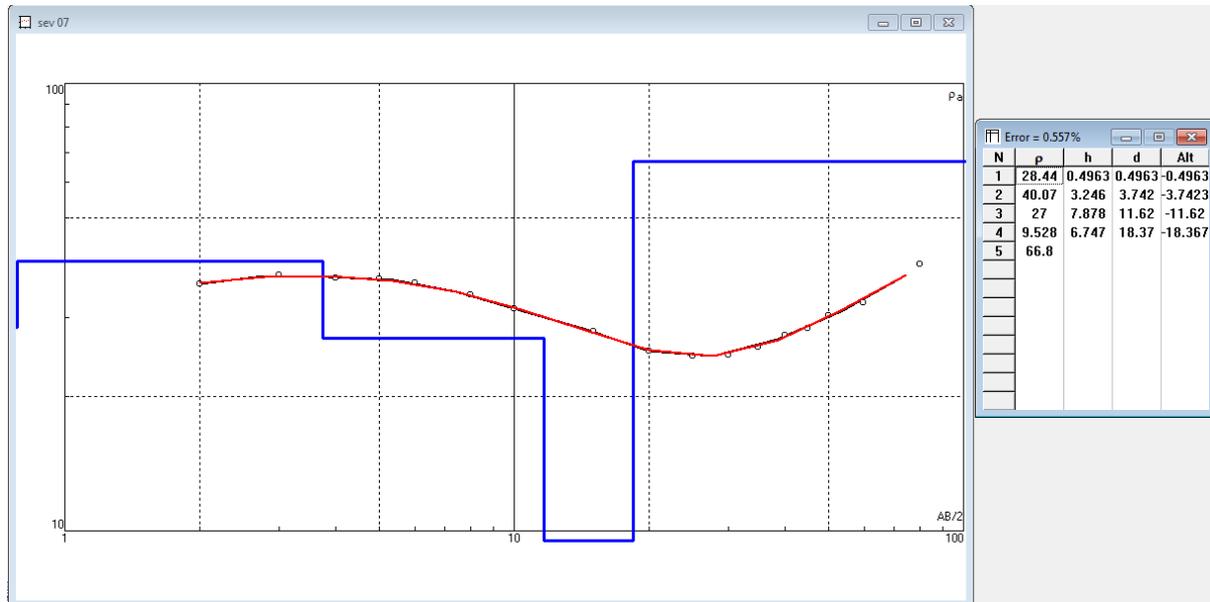
SEV-05; Curva Geo eléctrica Schlumberger



SEV-06; Curva Geo eléctrica Schlumberger

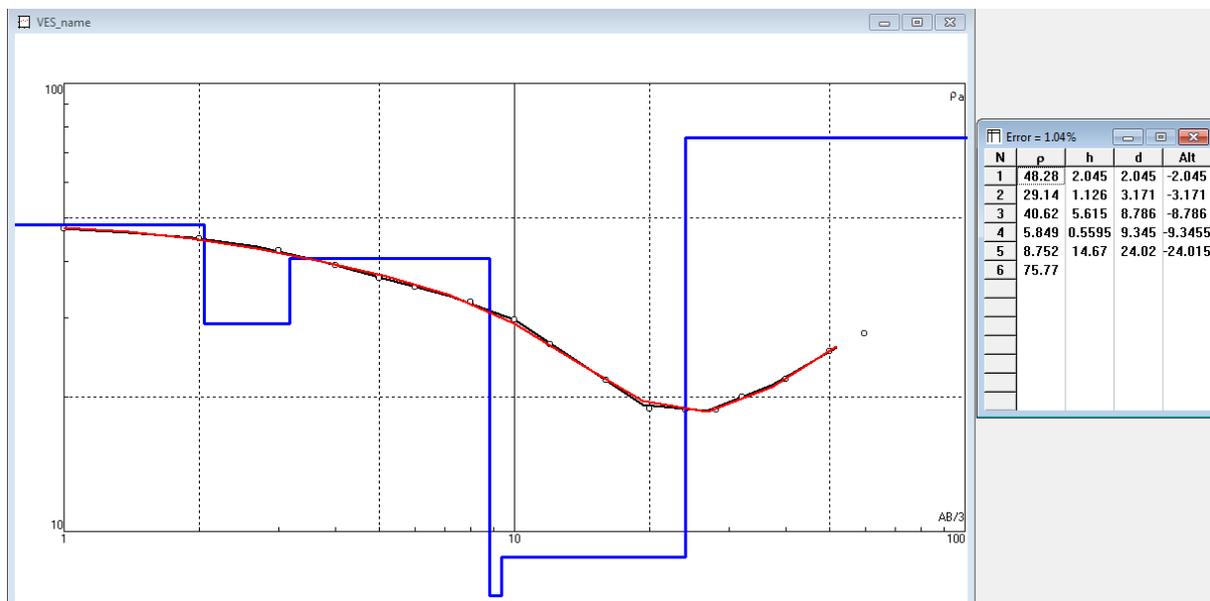


SEV-07; Curva Geo eléctrica Schlumberger



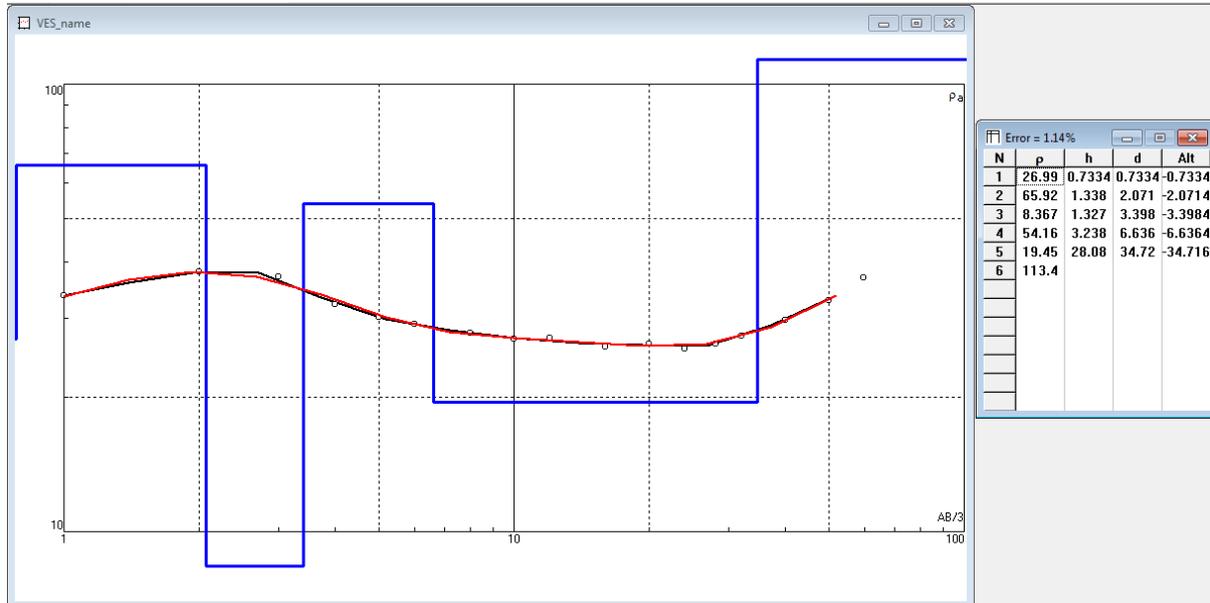
Curva Geo eléctrica – SEV Wenner

SEV-01; Curva Geo eléctrica Wenner

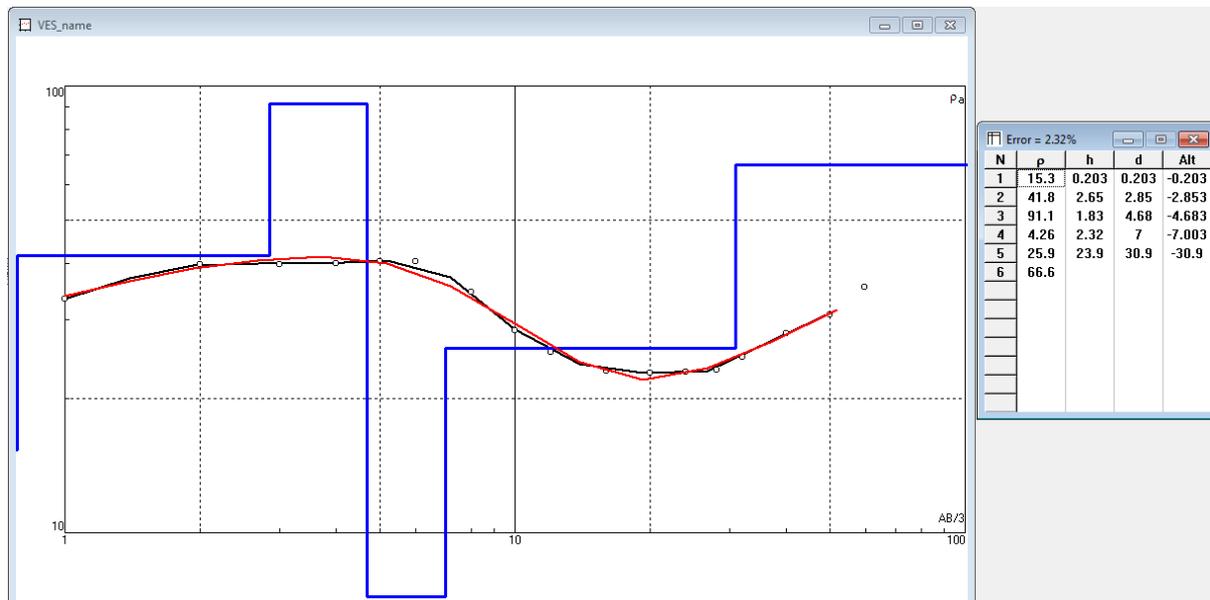


“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

SEV-02; Curva Geo eléctrica Wenner

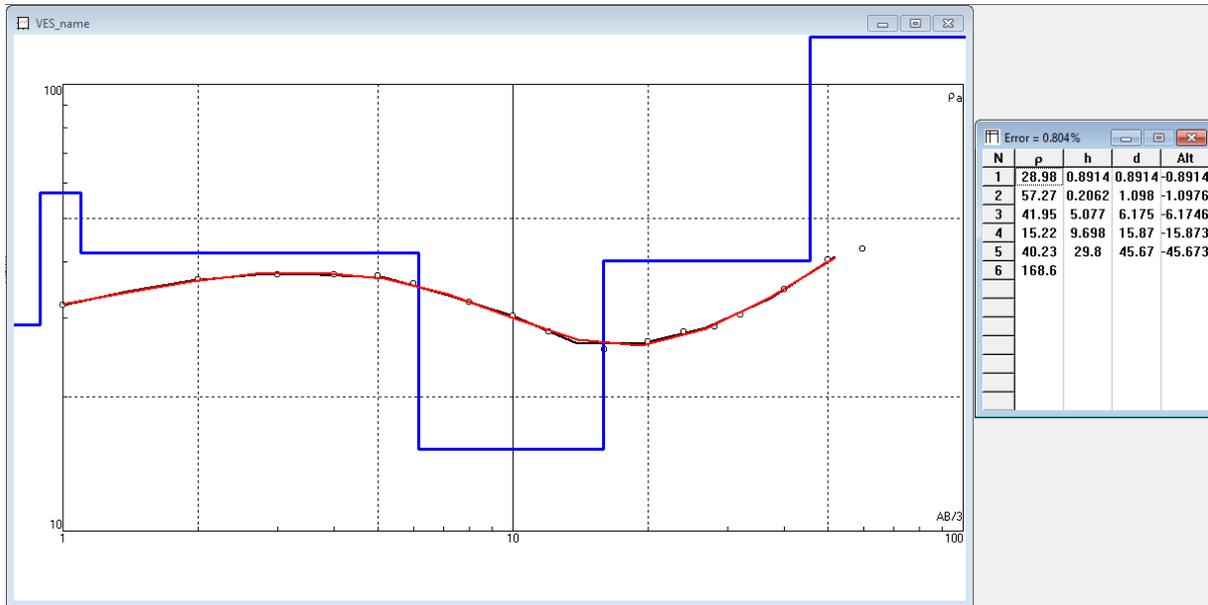


SEV-03; Curva Geo eléctrica Wenner

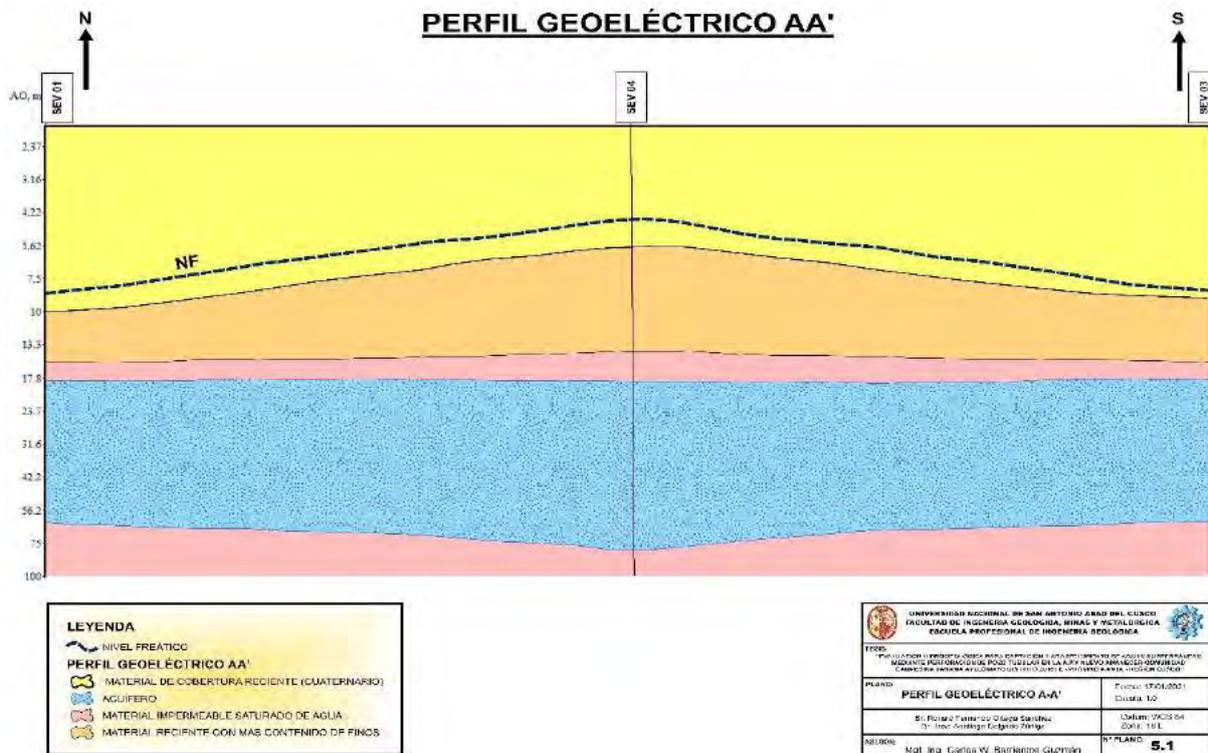


“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

SEV-04; Curva Geo eléctrica Wenner

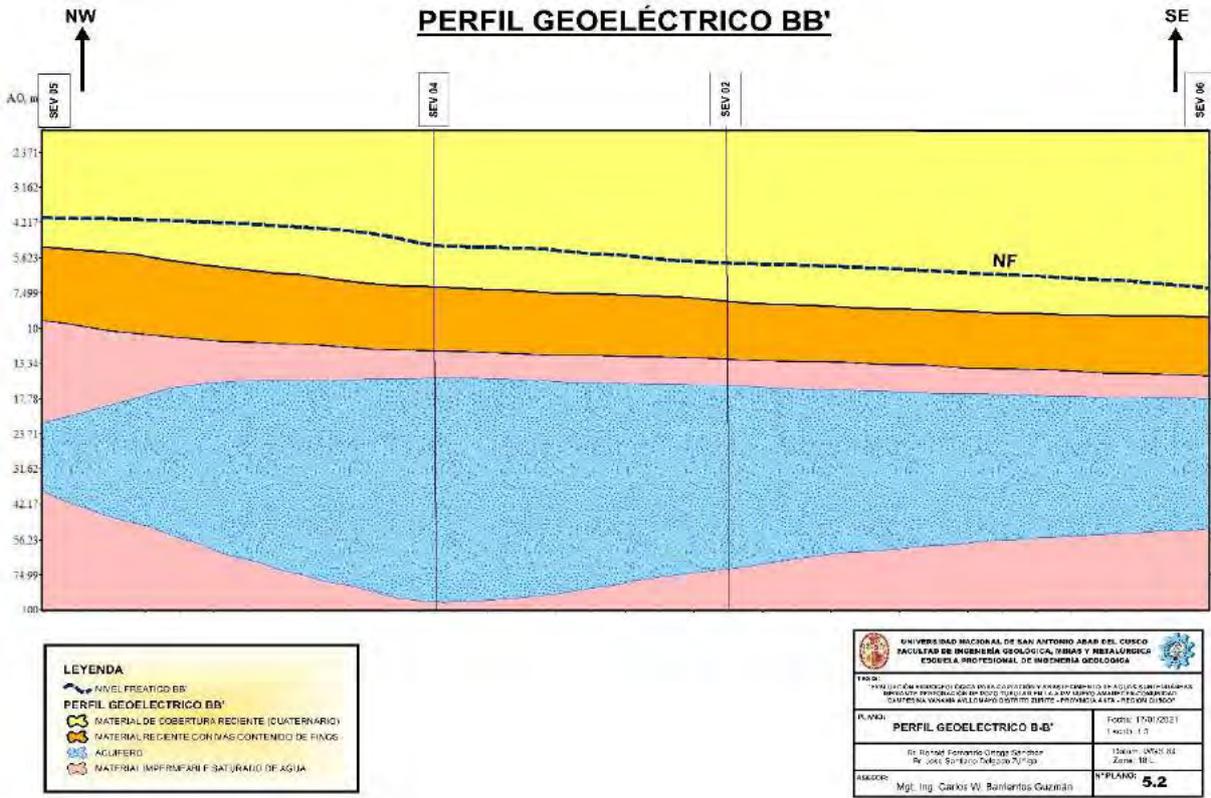


Lamina N° 01; Perfil Geo eléctrico A-A' Schlumberger

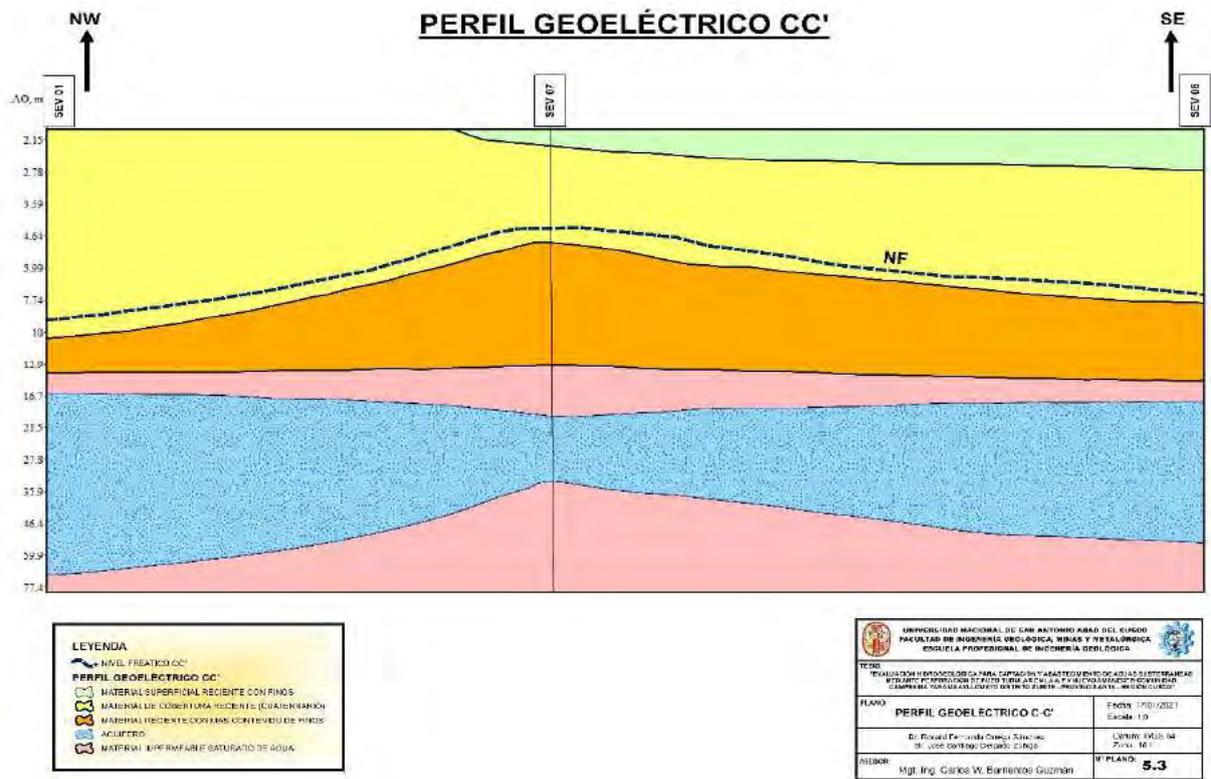


“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

Lamina N° 02; Perfil Geo eléctrico B-B' Schlumberger

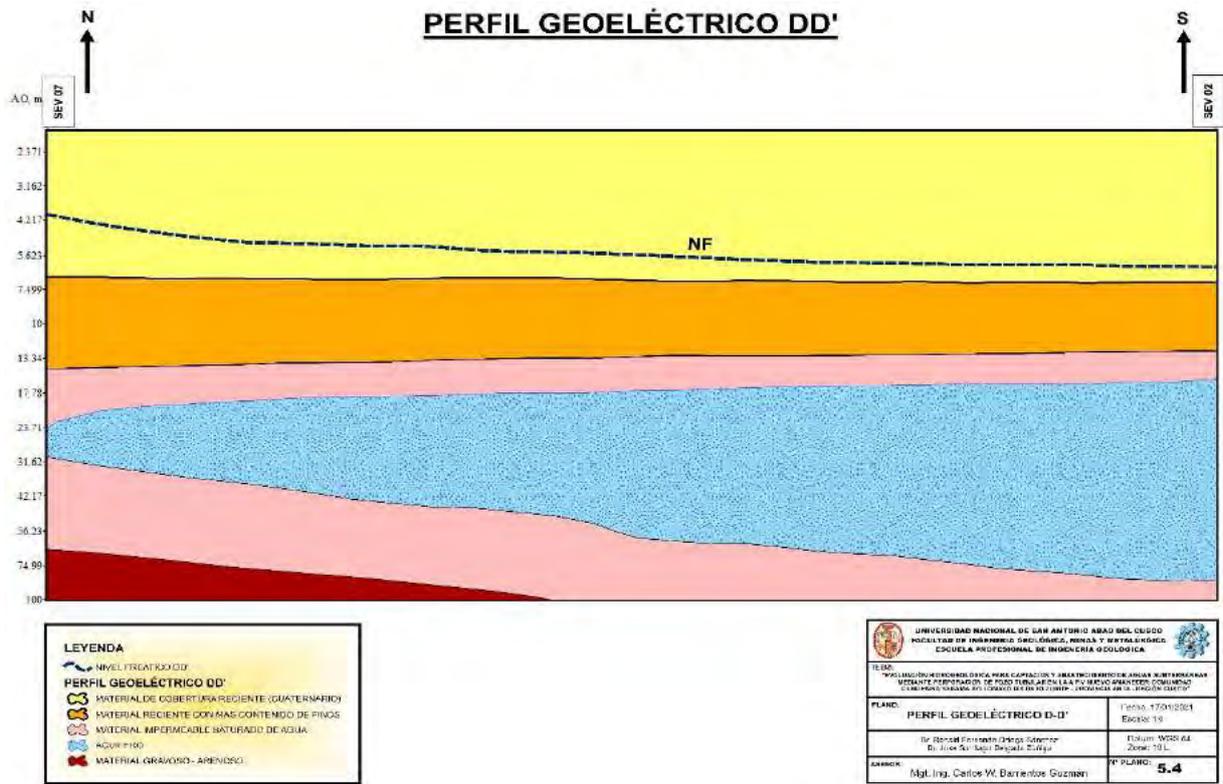


Lamina N° 03; Perfil Geo eléctrico C-C' Schlumberger

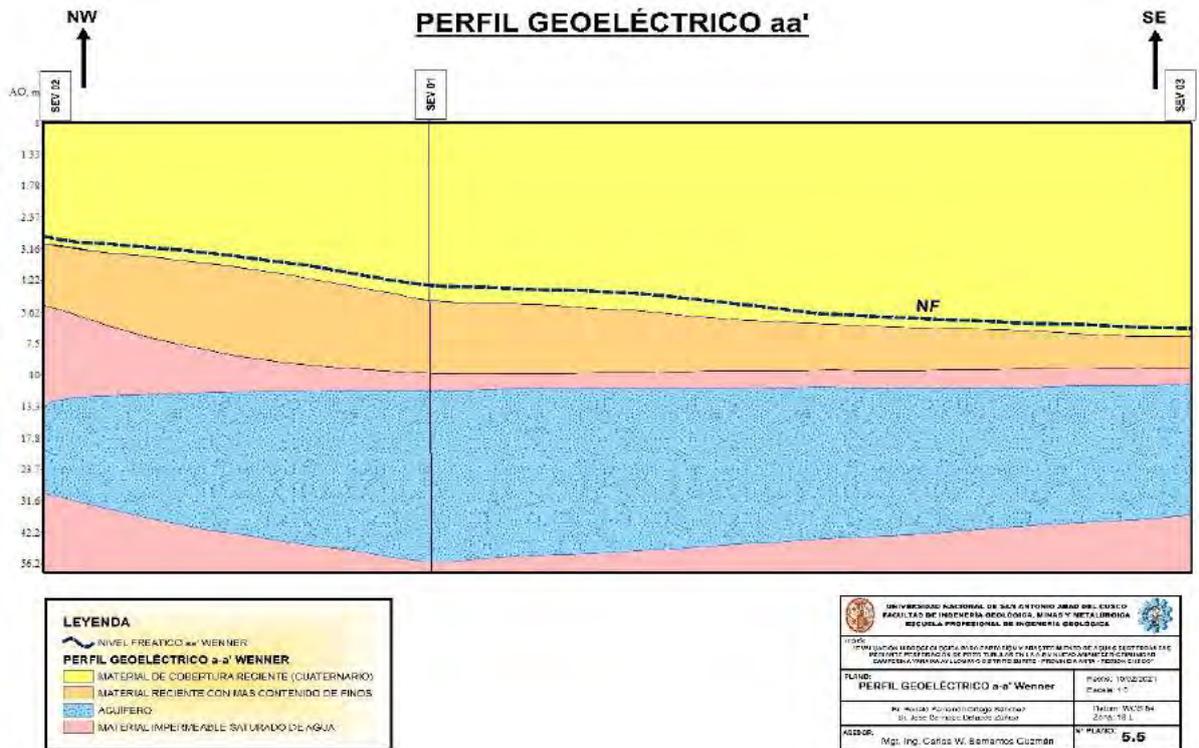


Lamina N° 04; Perfil Geo eléctrico D-D' Schlumberger

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

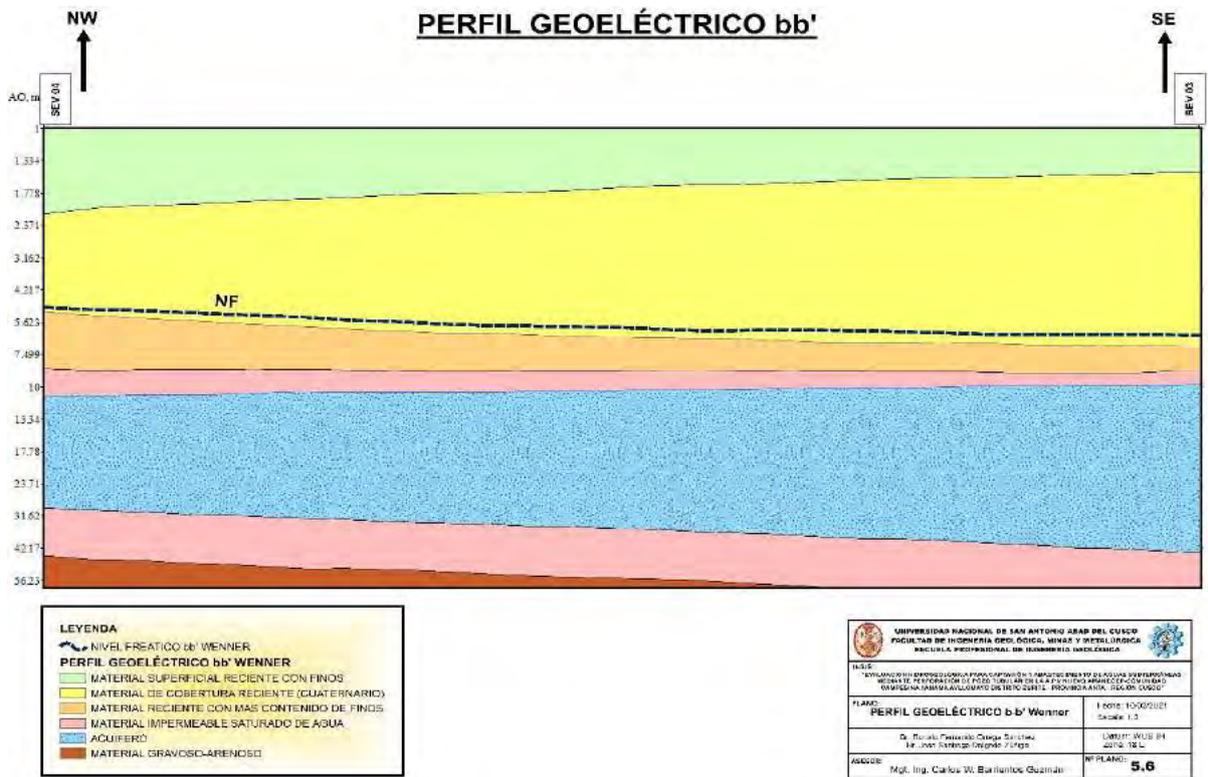


Lamina N° 05; Perfil Geo eléctrico a-a' Wenner

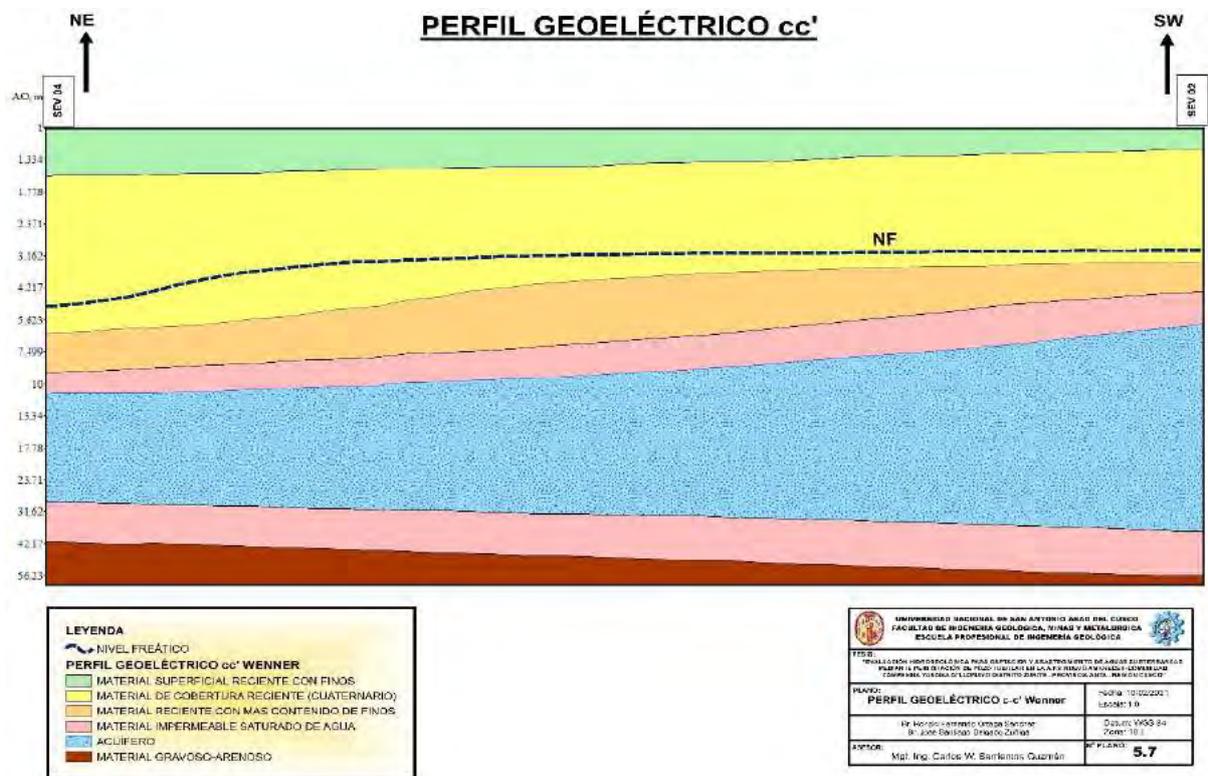


Lamina N° 06; Perfil Geo eléctrico b-b' Wenner

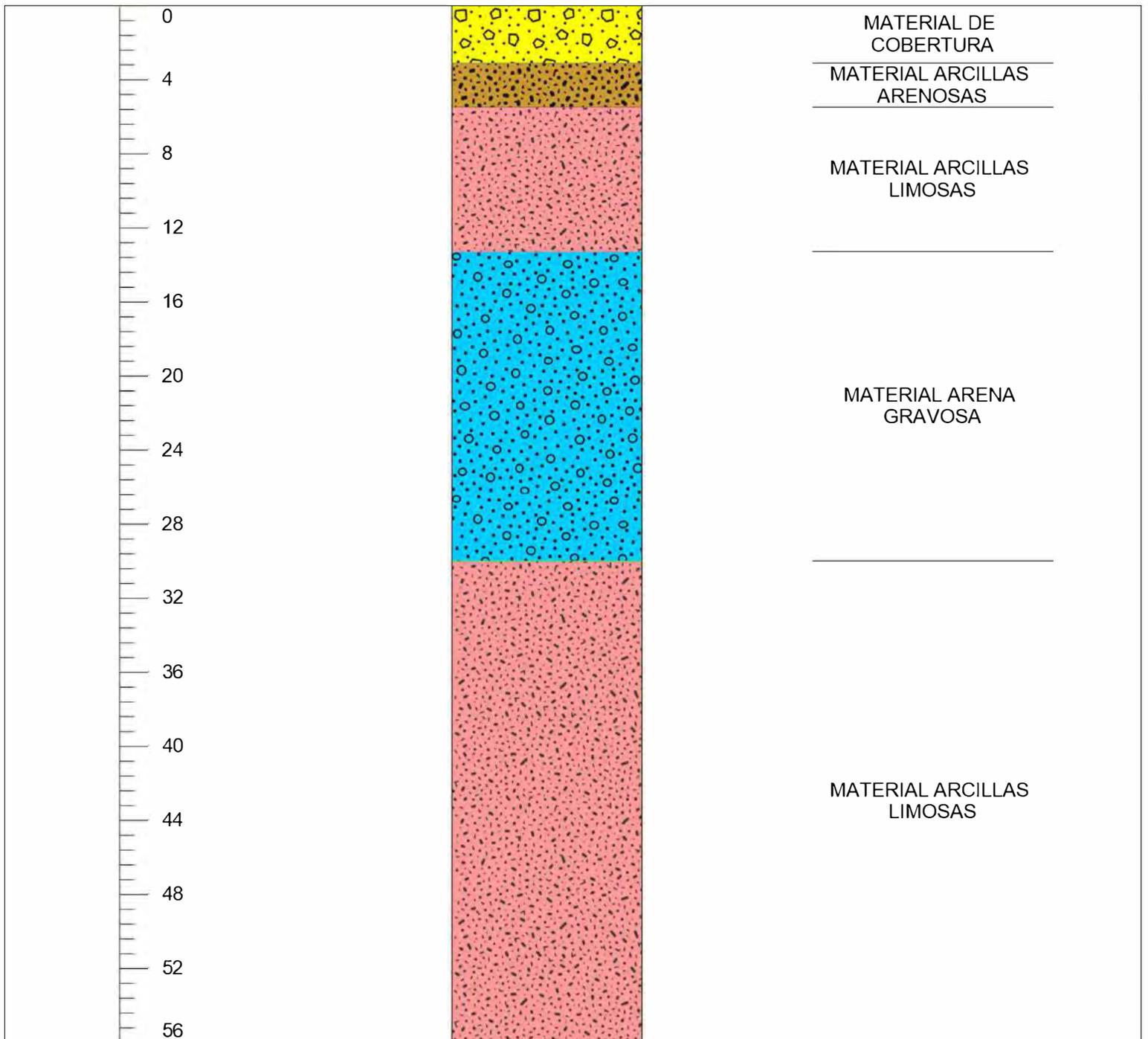
“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”



Lamina N° 06; Perfil Geo eléctrico b-b' Wenner



PERFIL ESTRATIGRÁFICO GENERALIZADO

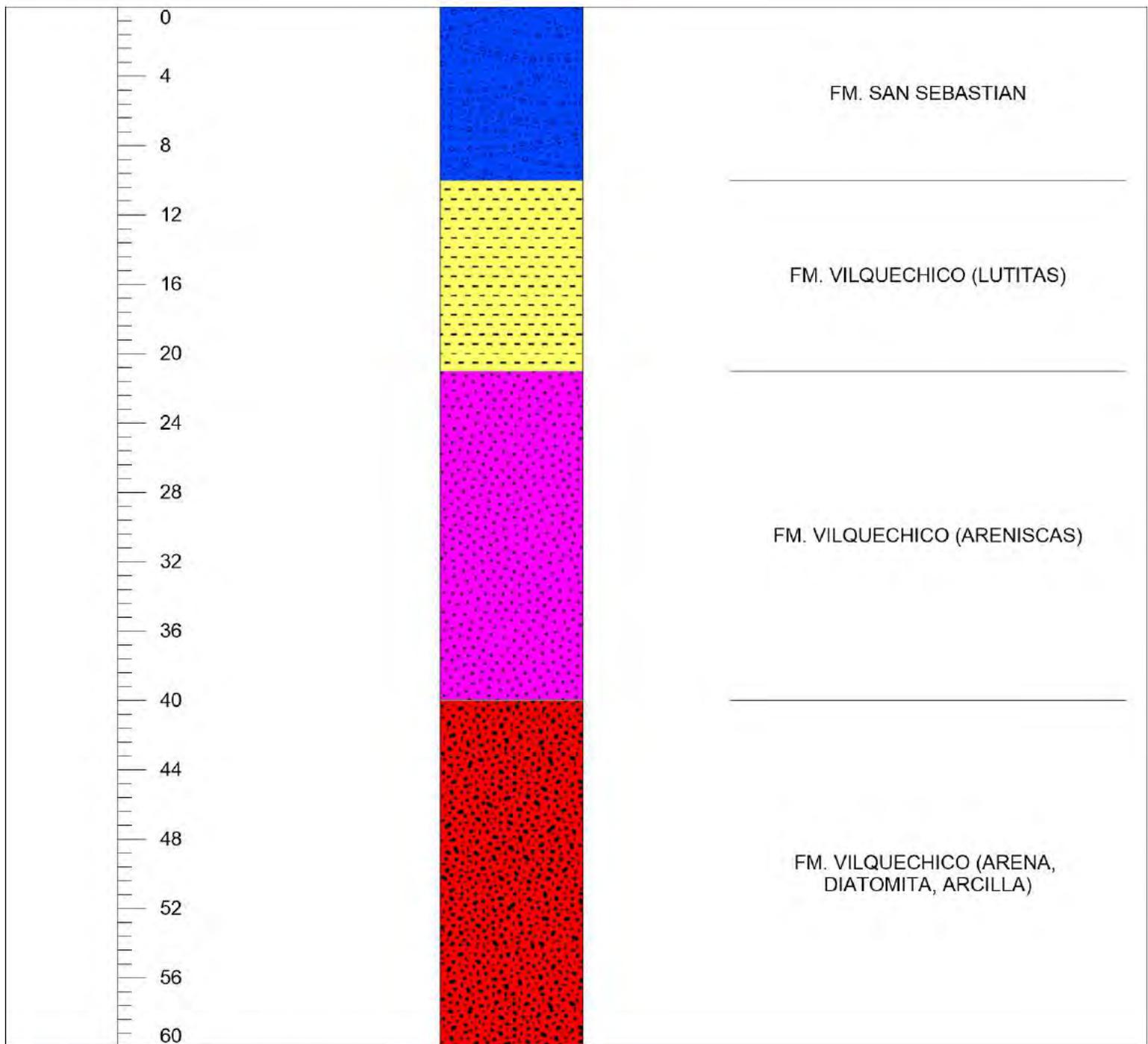


Legend Title

-  MATERIAL ARCILLAS ARENOSAS
-  MATERIAL ARCILLAS LIMOSAS
-  MATERIAL ARENA GRAVOSA
-  MATERIAL DE COBERTURA

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
Tesis: EVALUACIÓN HIDROGEOLOGICA PARA CAPTACIÓN Y ABASTECIMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V. NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO DE ZURITE-PROVINCIA DE ANTÁ- REGION CUSCO.		
REALIZADO POR: Br. JOSE SANTIAGO DELGADO ZUÑIGA Br. RONALD FERNANDO ORTEGA SANCHEZ		
ASESOR: Ing. CARLOS W. BARRIENTOS GUZMÁN	FECHA: 25/01/2020	Columna estratigráfica a partir de la geofísica

PERFIL ESTRATIGRÁFICO GEOLÓGICO LOCAL



Legend Title

-  FM. SAN SEBASTIAN
-  FM. VILQUECHICO (ARENA, DIATOMITA, ARCILLA)
-  FM. VILQUECHICO (ARENISCAS)
-  FM. VILQUECHICO (LUTITAS)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA 		
Tesis: EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA CAPTACIÓN Y ABASTECIMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE PERFORACIÓN DE POZO TUBULAR EN LA A.P.V NUEVO AMANECER-COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO DISTRITO DE ZURITE -PROVINCIA DE ANTA - REGIÓN CUSCO.		
REALIZADO POR: Br. JOSE SANTIAGO DELGADO ZUÑIGA Br. RONALD FERNANDO ORTEGA SANCHEZ		
ASESOR: Ing. CARLOS W. BARRIENTOS GUZMÁN	FECHA: 25/01/2020	Columna Geológica

ANEXO E

Tabla 01. Datos Hidroquímicos

Tabla 02. Análisis Microbiológico

Tabla 03. Análisis de Metales Traza del Pozo

Gráficos; Diagramas de Piper, Schoeller Berkaloff, Stiff y

Análisis de salinidad

“Evaluación hidrogeológica para captación y abastecimiento de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer-comunidad campesina Yanama Ayllomayo distrito Zurite, provincia Anta región Cusco”

	Date	05-dic-19	15-dic-19	21-dic-19	27-dic-19
	SAMPLE	POZO	POZO OBSERVACIÓN	RIO	MANANTE 01
Coord	X	797305	797147	797328	797255
Coord	Y	8508264	8508008	8507121	8508347
	CE (uS/cm)	590.00	560.00	350.00	730.00
	TEMP (°C)	11.0	11.3	12.1	11.9
	pH	7.70	7.50	8.20	7.2
	TAC (mg/L CaCO3)	0.00	0.00	0.00	0.00
	DUR (mg/L CaCO3)	406.80	237.30	335.90	390.00
	TSD (mg/L)	300.00	280.00	170.00	370.00
Anion		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	HCO3-	264.86	160.3	210.12	230.4
	SO4=	222.56	116.28	180.16	188.2
	Cl-	50.26	32	52.45	42.5
	NO3-				
	sum aniones	537.68	308.58	442.73	461.1
Cation		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Na+	30.11	20.05	24.47	26
	K+	4.38	2.86	4.59	3.6
	Ca++	120.64	75.12	105.16	115.52
	Mg++	24.13	13.75	18.56	22.08
	sum cationes	179.26	111.78	152.78	167.2
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	NH4+	0	0	0	0
	Cl+NO3-	50.26	32	52.45	42.5
	Na+ + K+	34.49	22.91	29.06	29.6
MILIEQUIVALENTES POR LITRO					
anions (meq/L)		meq/L	meq/L	meq/L	meq/L
	HCO3-	4.34	2.63	3.44	3.78
	SO4=	4.63	2.42	3.75	3.92
	Cl-	1.42	0.90	1.48	1.20
	NO3-	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cl+NO3-	1.42	0.90	82.45	1.20
	sum aniones	10.39	5.95	8.67	8.89
cations (meq/L)		meq/L	meq/L		
	Na+ + K+	1.42	0.95	1.18	1.22
	Na+	1.31	0.87	1.06	1.13
	K+	0.11	0.07	0.12	0.09
	Ca++	6.02	3.75	5.25	5.76
	Mg++	1.99	1.13	1.53	1.82
	NH4+	0.00	0.00	0.00	0.00
	sum cationes	9.43	5.83	7.96	8.80
anions (%)		%	%	%	%
	HCO3-	41.77	44.15	39.70	42.46
	SO4=	44.59	40.68	43.24	44.06
	Cl-	13.64	15.17	17.06	13.48
	NO3-	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cl+NO3-	13.64	15.17	82.45	13.48
	sum aniones	100.00	100.00	100.00	100.00
cations (%)		%	%	%	%
	Na+ + K+	15.08	16.23	14.85	13.89
	Na+	13.89	14.97	13.38	12.85
	K+	1.19	1.26	1.48	1.05
	Ca++	63.86	64.35	65.95	65.47
	Mg++	21.06	19.42	19.19	20.64
	NH4+	0.00	0.00	0.00	0.00
	sum cationes	100.00	100.00	100.00	100.00
INDEX	SAR	0.7	0.6	0.6	0.6
	Error (%)	4.86	1.06	4.31	0.50
	Laboratory	Ajuntament	Ajuntament	Ajuntament	Ajuntament

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Telefax: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO LOUIS PASTEUR

INFORME DE ENSAYO LLP-1864-2020 SO-0746-2020

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Comunidad Campesina Yanama Ayllomayo
Dirección Legal: Sector Sayhuacucho – Comunidad Yanama – Zurite – Anta - Cusco

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua subterránea
Fecha de Ingreso de Muestra: 2020/10/01
Fecha de Ensayo: 2020/10/01

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Ing. Ronald Ortega Sanchez.
Fecha de Toma de Muestra: 2020/09/30
Procedencia de la Muestra: Pozo subterráneo – Sector Sayhuacucho – C.C. Yanama – Zurite – Anta – Cusco.
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 frasco de polietileno esteril de 250ml, 01 frasco de polietileno de 1000mL, transportado en cadena de frío.
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2020/10/06

Datos declarados por el cliente

Referencia: Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Totales	NMP/100ml	<1,8
Coliformes Féciales	NMP/100ml	<1,8

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	Unidades de pH	7,41
Turbiedad	NTU	3,38
Color	UCV	10
Conductividad	us/cm	927,1
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	263,62
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	152,17
Cloruros Cl ⁻	mgCl/L	109,97

Métodos de Referencias:

Coliformes Focales (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 E-1, 23rd Ed. (2017)
Coliformes Totales (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 B, 23rd Ed. (2017)
pH SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. (2017)
Color 2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. APHA AWWA WEF 23rd Edition, Part. 2120 B Pág. 2-2 Color: Visual Comparison Method
Turbidez 2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION, Part. 2130 Turbidity. B. Nephelometric Method Pág. 2-13 23rd EDITION, Part. 2340 Hardness C. EDTA Titrimetric Method Pág. 2-44
Dureza 2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION, Part. 2340 Hardness C. EDTA Titrimetric Method Pág. 2-44
Conductividad 2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION, Conductivity Part. 2510. B. Laboratory Method Pág. 2-54
Cloruros 2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION, Part. 4500 - Cl- Chloride. B. Argentometric Method, Pág. 4-72.
Sulfatos 2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION, Part. 4500- Sulfate. E. Turbidimetric Method Pág. 4- 190

Blga. Mercedes Maritza Quispe Flores
C. R. 1917



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Telefax: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO LOUIS PASTEUR

OPINIONES E INTERPRETACIONES

INFORME DE ENSAYO LLP-1864-2020

Pág. 1 de 1

DECRETO SUPREMO N°031/2010 MINSA – APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Determinaciones	Unidad de Medida	Límite Máximo permisible	Valores Hallados
Coliformes Totales	NMP / 100ml a 35°C	< 1,8	< 1,8
Coliformes Fecales	NMP / 100ml a 44.5°C	< 1,8	<1,8
pH	Valor de pH	6.5 -8.5	7,41
Turbidez	UNT	5	3,38
Color	UCV escala Pt/Co	15	10
Conductividad	us/cm	1500	927,1
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	500	263,62
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	250	152,17
Cloruros	mgCl/L	250	109,97

Observaciones

De acuerdo a los ensayos realizados la muestra analizada SI se encuentra dentro de los límites establecidos por el D. S. N°031/2010 MINSA – APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

INFORME FINAL

J-00385662

Dirección de Entrega:

SALON COMUNAL
A.P.V NUEVO AMANECER NRO. S/N (.)
YANAMA AYLLOMAYO
Zurite, Anta
Cusco, Cuzco, Perú

Solicitante: C0506191

A.P.V NUEVO AMANECER
COMUNIDAD CAMPESINA YANAMA AYLLOMAYO
NRO. S/N (.) Zurite, Anta
Cusco, Cuzco, Perú

Resultado Complete

Fecha de Informe

2019-12-21

Procedencia Pozo Subterráneo A.P.V Yanama Ayllomayo - Comunidad Campesina Yanama Ayllomayo -
Distrito Zurite - Provincia Anta - Región Cusco, Cuzco, Perú

Producto Agua

Tipo de Servicio Análisis

Informe de Ensayo Nº J-00385662

Coordinador de Proyecto: Ing. Geólogo Wilman Gallegos Berveño

Gracias por utilizar los servicios de NSF Inassa. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de Proyecto, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenecen a este informe.

Informe Autorizado por



Ing. Víctor Suárez Pérez
Evaluador de Informes de Laboratorio
C.I.P Nº 158244

Fecha de Emisión

2019-12-21

Información General

Matriz: Agua

Solicitud de Análisis: Cotización N° 42710 (Dic-032)

Muestreado por: Cliente

Procedencia: Pozo Subterráneo - A.P.V Yanama Ayllomayo - Comunidad Campesina Yanama

Ayllomayo - Distrito Zurite - Provincia Anta - Región Cusco, Cuzco, Perú

Identificación de Laboratorio: S-0001770205
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea
 Identificación de Muestra: AST
 Fecha y Hora de Muestreo: 2019-12-02 13:00
 Fecha de Recepción de la Muestra: 2019-12-08
 Fecha de Inicio de análisis: 2019-12-19

Análisis	Resultado	Unidad
Química		
# Metales Totales. Agua. EPA 200.8, Rev. 5.4: 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.		
Aluminio Total	0,271	mg/L
Antimonio Total	N.C.(<0,000 13)	mg/L
Arsénico Total	0,001 09	mg/L
Bario Total	0,074 5	mg/L
Berilio Total	0,000 17	mg/L
Bismuto Total	N.C.(<0,000 03)	mg/L
Boro Total	N.C.(<0,006)	mg/L
Cadmio Total	N.C.(<0,000 03)	mg/L
Calcio Total	2,630	mg/L
Cerio Total	0,002 84	mg/L
Cobalto Total	N.C.(<0,000 03)	mg/L
Cobre Total	N.C.(<0,000 09)	mg/L
Cromo Total	N.C.(<0,000 3)	mg/L
Estaño Total	N.C.(<0,000 10)	mg/L
Estroncio Total	0,046 8	mg/L
Fósforo Total	N.C.(<0,047)	mg/L
Hierro Total	0,200 9	mg/L
Litio Total	0,001 3	mg/L
Magnesio Total	0,493	mg/L
Manganeso Total	0,027 71	mg/L
Mercurio Total	N.C.(<0,000 09)	mg/L
Molibdeno Total	N.C.(<0,000 06)	mg/L
Níquel Total	N.C.(<0,000 6)	mg/L
Plata Total	N.C.(<0,000 010)	mg/L
Plomo Total	N.C.(<0,000 6)	mg/L
Potasio Total	4,35	mg/L
Selenio Total	N.C.(<0,001 3)	mg/L
Silicio Total	21,09	mg/L

Análisis	Resultado	Unidad
Química (Continúa...)		
Sodio Total	5,191	mg/L
Talio Total	N.C.(<0,000 06)	mg/L
Thorio Total	N.C.(<0,000 19)	mg/L
Titanio Total	0,005 8	mg/L
Uranio Total	0,000 054	mg/L
Vanadio Total	N.C.(<0,000 3)	mg/L
Wolframio Total	N.C.(<0,000 6)	mg/L
Zinc Total	N.C.(<0,002 6)	mg/L

Notas de Ensayo:

N.C.: Significa que el resultado es No Cuantificable y es menor al Límite de Cuantificación indicado en el paréntesis.



Ensayos realizados por:

Ensayos realizados por: _____ **Id** _____ **Dirección** _____
Laboratorio Subcontratado

Referencias a los Procedimientos de Ensayo:

Referencia Técnica

IQ1788 #Metales Totales. Agua. EPA 200.8, Rev. 5.4: 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.

Descripciones de ensayos precedidos por un "*" indican que los métodos no han sido acreditados por el INACAL-DA y la prueba se ha realizado según los requisitos de NSF. De no contar con el "*" indica los parámetros asociados a esta(s) muestra(s) se encuentran dentro del alcance de la acreditación y dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.

Descripciones de ensayos precedidos por un "#" indican que los métodos han sido subcontratados.

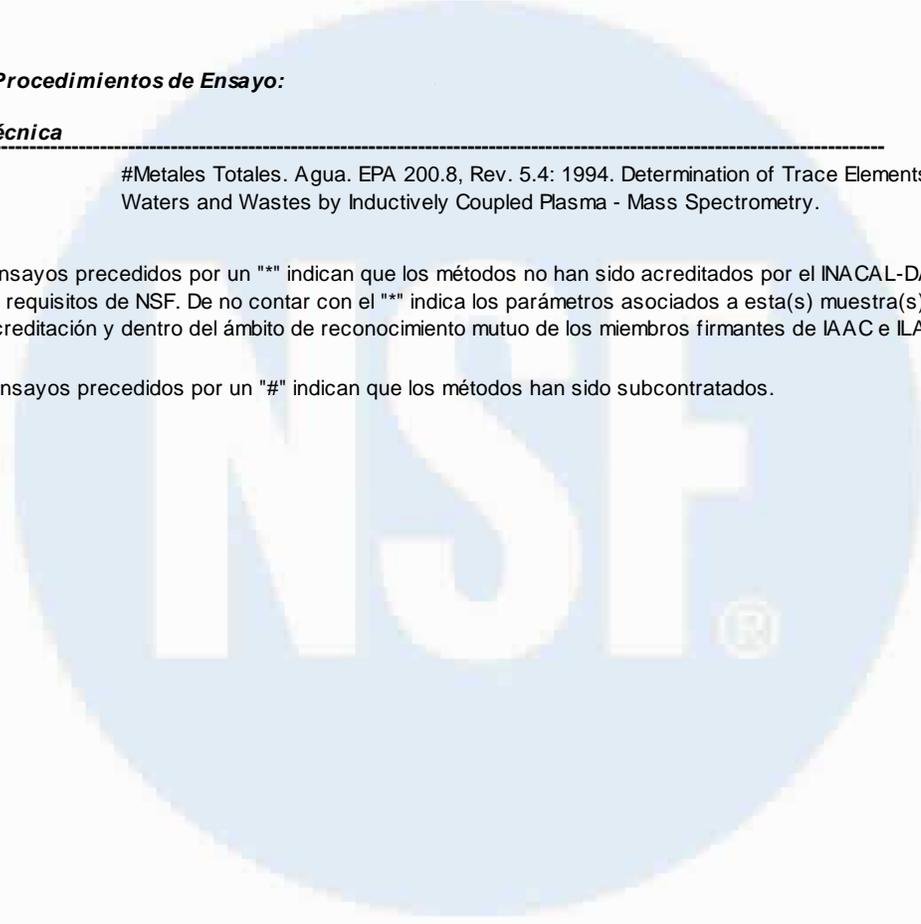
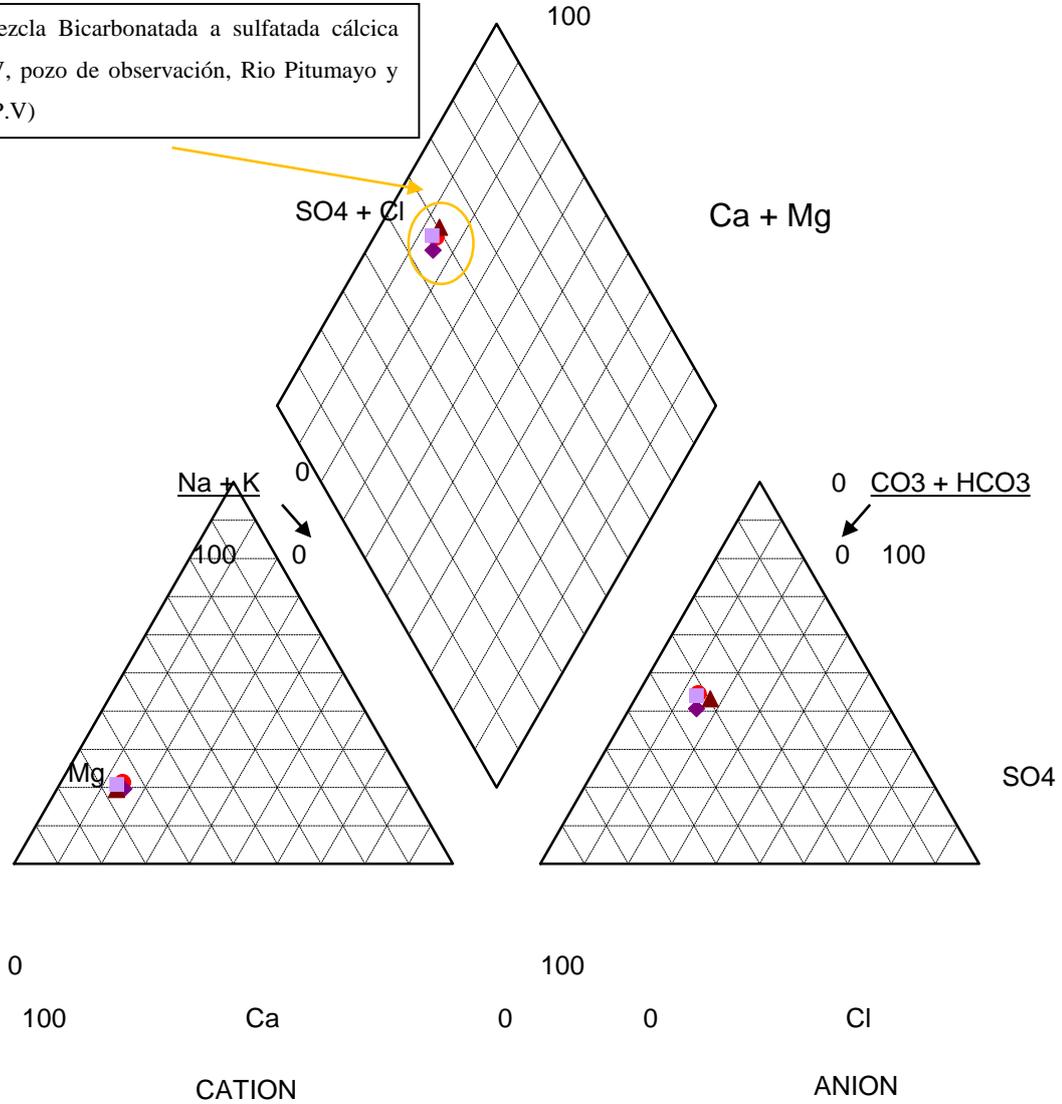


DIAGRAMA DE PIPER

ANÁLISIS HIDROQUÍMICOS (DIC 2019)

PIPER DIAGRAM

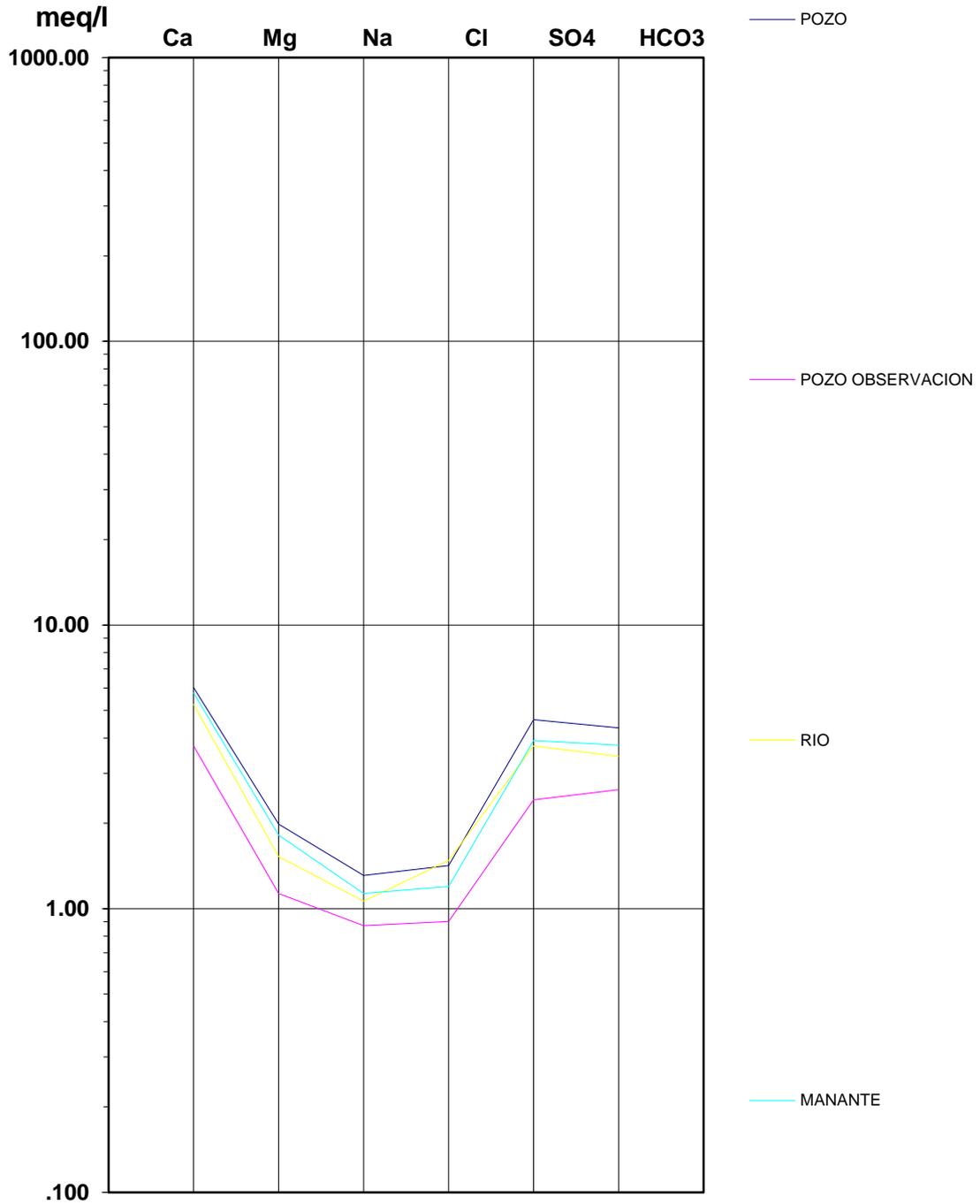
Agua de mezcla Bicarbonatada a sulfatada cálcica
(Pozo A.P.V, pozo de observación, Río Pitumayo y manante A.P.V)



- POZO
- ◆ POZO OBSERVACION
- ▲ RIO
- MANANTE

SCHÖELLER-BERKALOFF DIAGRAM

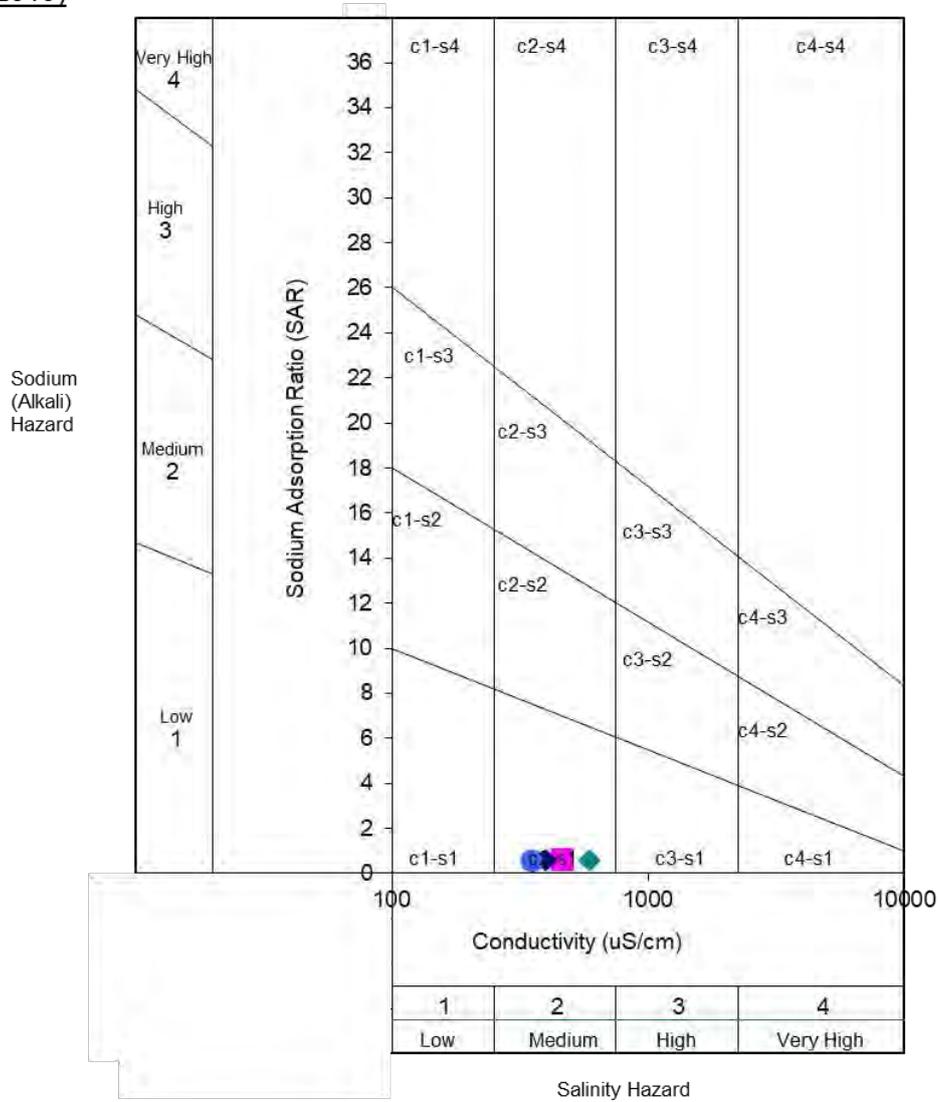
ANALISIS HIDROQUIMICOS (DIC 2019)



ANALISIS DE SALINIDAD

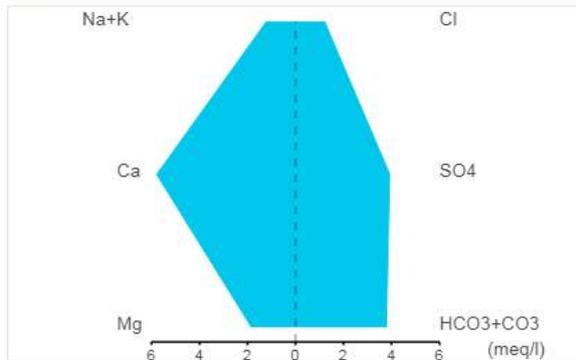
**ANALISIS DE SALINIDAD
(DIC 2019)**

Salinity Diagram for Classification of Irrigation Waters

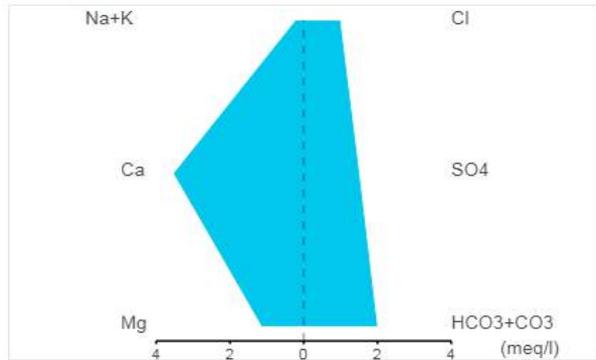


DIAGRAMAS STIFF DE AGUAS SUBTERRÁNEAS – SUPERFICIALES

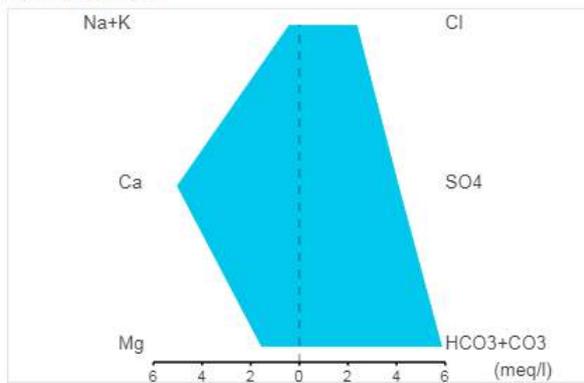
POZO



POZO DE OBSERVACIÓN



RÍO - PITUMAYO



MANANTE - 01

