

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



TESIS

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO DEL CHANNEL
BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS
SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA,
QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN
SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023**

PRESENTADO POR:

Br. ISMAEL ORCCON YAPO

Br. AMIR CARDENAS HUAMANÑAHUI

**PARA OPTAR TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEOLOGO**

ASESOR:

Mgt. IVAN CACERES ANGULO

CUSCO – PERU

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "Evaluación del Potencial Hidrogeológico Del channel Belt Del Río Vilcanota Para La Explotación De Aguas Subterráneas En Los Sectores De Chuecamayo, Pillahuza, Aoggo Ayllu, HuanCapampa y Chillinkay, Distrito De San Salvador - Calca - Cusco - 2023"

presentado por: Amir Cardenas Huamantla con DNI Nro.: 73108969 presentado por: Ismael Orcon Yapo con DNI Nro.: 71536789 para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO GEOLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 22 de Noviembre de 2024

[Firma]

Firma

Post firma Ivan Carreras Angulo

Nro. de DNI 23948756

ORCID del Asesor 0000-0003-1959-3275

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:408329532

Ismael Orcon y Amir Cárdenas

Evaluación del potencial hidrogeológico del chanel belt del río Vilcanota-San Salvador

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:408329532

Fecha de entrega

22 nov 2024, 10:17 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

22 nov 2024, 10:29 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

Evaluación del potencial hidrogeológico San Salvador Orcon y Cardenas.pdf

Tamaño de archivo

27.2 MB

319 Páginas

76,907 Palabras

414,545 Caracteres

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 30 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
136 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

ÍNDICE

I.	DISEÑO DE TESIS	1
1.1.	UBICACIÓN	1
1.1.1.	UBICACIÓN POLÍTICA	1
1.1.2.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	1
1.2.	ACCESIBILIDAD.....	2
1.3.	PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	3
1.3.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3.2.1.	PROBLEMA GENERAL	4
1.3.2.2.	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	4
1.4.	OBJETIVOS	5
1.4.1.	OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.5.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	6
1.6.	MARCO TEÓRICO.....	6
1.6.1.	MARCO REFERENCIAL	6
1.6.1.1.	MARCO REFERENCIAL INTERNACIONAL.....	7
1.6.1.2.	MARCO REFERENCIAL NACIONAL	10
1.6.1.3.	MARCO REFERENCIAL LOCAL	13
1.6.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	14
1.6.2.1.	EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO	14
1.6.2.2.	CHANNEL BELT	14
1.6.2.3.	MARCO GEOLÓGICO.....	15
A.	MARCO ESTRATIGRÁFICO	15
B.	MARCO GEOMORFOLÓGICO	20
C.	MARCO ESTRUCTURAL	21
1.6.2.4.	HIDROGEOLOGÍA	21
A.	AGUA SUBTERRÁNEA	21
B.	FORMACIONES GEOLÓGICAS Y SU COMPORTAMIENTO FRENTE AL AGUA DESDE EL PUNTO DE VISTA HIDROGEOLÓGICO	24
C.	DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU TEXTURA	25
D.	SEGÚN SUS CIRCUNSTANCIAS HIDRÁULICAS Y ESTRUCTURALES	26
E.	PRUEBAS DE BOMBEO EN POZOS	28
F.	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS FUNDAMENTALES.....	29

G.	TEORÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE BOMBEO	33
1.6.2.5.	GEOMORFOLOGÍA.....	36
1.6.2.6.	HIDROLOGÍA.....	36
A.	CICLO HIDROLÓGICO	36
B.	EFFECTO DE LA SEQUÍA EN LAS FUENTES DE AGUA.....	37
C.	ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO	37
D.	CUENCA HIDROGRÁFICA	38
E.	DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL PERÚ 38	
1.6.2.7.	HIDROGEOQUÍMICA	41
A.	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y SU UTILIDAD.	41
1.6.2.8.	PROSPECCION GEOFISICA APLICADA A LA HIDROGEOLOGIA.....	42
A.	METODO RESISTIVO ELECTRICO	42
B.	MÉTODO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA	44
C.	PROFUNDIDAD DE INVESTIGACIÓN.....	45
D.	SENSIBILIDAD	46
E.	CONFIGURACIÓN DE ARREGLO WENNER-SCHLUMBERGER.....	47
1.7.	HIPÓTESIS.....	50
1.7.1.	HIPÓTESIS GENERAL	50
1.7.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICO	50
1.8.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	51
1.8.1.	VARIABLES.....	51
1.8.2.	DIMENSIONES.....	51
1.9.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	52
1.9.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	52
1.9.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	52
1.9.3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	53
1.9.4.	ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
1.9.4.1.	ETAPA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN (GABINETE I).....	53
1.9.4.2.	ETAPA DE CAMPO	54
1.9.4.3.	ETAPA DE LABORATORIO	55
1.9.4.4.	FASE DE GABINETE II (REDACCIÓN DEL DOCUMENTO INVESTIGATIVO)55	
1.10.	ALCANCES Y LIMITACIONES	56
1.10.1.	ALCANCES	56
1.10.2.	LIMITACIONES.....	56

1.11.	MATERIALES Y EQUIPOS	57
1.11.1.	MATERIALES.....	57
1.11.2.	INSTRUMENTOS.....	57
1.12.	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	58
1.13.	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	59
1.14.	PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA.....	60
II.	MÉTODO DE TRABAJO	61
2.1.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	61
2.1.1.	DEMOGRAFÍA	61
2.1.2.	ACTIVIDADES ECONÓMICAS	62
2.1.2.1.	ACTIVIDAD AGRÍCOLA	62
2.1.2.2.	ÁREAS DE CULTIVO	63
2.1.2.3.	ACTIVIDADES PECUARIAS.....	64
2.1.2.4.	ACTIVIDADES TURÍSTICAS.....	66
2.1.2.5.	COMERCIO.....	68
2.1.3.	CLIMA.....	69
2.1.4.	VEGETACIÓN	70
2.1.4.1.	AGRICULTURA ANDINA:	70
2.1.4.2.	BOFEDALES:	70
2.1.4.3.	PAJONAL ANDINO:.....	70
2.1.4.4.	LAGUNAS:	70
2.1.4.5.	OTRAS VEGETACIONES:	71
2.1.5.	PENDIENTES	72
2.2.	GEOLOGÍA.....	74
2.2.1.	GEOLOGÍA REGIONAL	74
2.2.1.	LITOLOGÍA LOCAL	76
2.2.2.	GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	80
2.2.3.	ASPECTOS MORFOLÓGICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	83
2.2.4.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	89
2.2.4.1.	ANTICLINAL DEL VILCANOTA	89
2.2.4.2.	FALLAS GEOLÓGICAS.	90
2.3.	HIDROLOGÍA	92
2.3.1.	DELIMITACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA	92
2.3.2.	PARÁMETROS HIDRO MORFOMÉTRICOS	93
2.3.2.1.	ELEMENTOS DE SUPERFICIE	93

2.3.2.2.	ELEMENTOS DE DISTANCIA	94
2.3.2.3.	ELEMENTOS DE FORMA	94
2.3.2.4.	ELEMENTO DE RELIEVE	96
2.3.2.5.	DECLIVIDAD DE LOS TERRENOS.....	97
2.3.2.6.	CURVA HIPSOMÉTRICA	97
2.3.2.7.	HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMÉTRICAS	99
2.3.2.8.	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	100
2.3.3.	INFORMACIÓN HIDROMETEREOLÓGICA	101
2.3.4.	ANÁLISIS DE DATOS	102
2.3.4.1.	COMPLETACIÓN DE DATOS.....	102
A.	COMPLETADO DE DATOS POR EL MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL	102
2.3.4.2.	ANÁLISIS DE CONSISTENCIA	110
A.	ANÁLISIS VISUAL GRAFICO	110
B.	ANÁLISIS DE DOBLE MASA	111
C.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	113
2.3.5.	REGIONALIZACIÓN Y EXTRAPOLACIÓN.....	118
2.3.5.1.	PRECIPITACIÓN DE LA INTERCUENCA	118
2.3.5.2.	MÉTODO REGRESIÓN LINEAL.....	121
2.3.5.3.	REGIONALIZACIÓN TEMPERATURA.....	123
2.3.6.	EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	126
2.3.6.1.	EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL.....	126
2.3.6.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL.....	128
2.3.1.	ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	132
2.3.2.	INFILTRACIÓN.....	134
2.3.3.	BALANCE HÍDRICO	135
2.3.4.	BALANCE HIDRICO EN UNA CUENCA -CORRELACION DE LOS DATOS DEL BALANCE HIDRICO EN LA RECARGA DE ACUIFEROS.....	137
2.3.5.	VARIACION EN EL AMACENAMIENTO	137
2.4.	HIDROGEOLOGÍA	140
2.4.1.	INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA.....	140
2.4.1.1.	FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	141
2.4.1.2.	FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL	142
2.4.2.	ENSAYO DE INFILTRACIÓN	144
2.4.3.	CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS EXISTENTES	147
2.4.4.	PRUEBAS DE BOMBEO	147

2.4.4.1.	PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE	148
2.4.4.2.	RÉGIMEN VARIABLE.....	148
2.4.5.	PARÁMETROS HIDRÁULICOS SUBTERRÁNEOS.....	153
2.4.5.1.	RADIO DE INFLUENCIA DE LOS POZOS	154
2.4.6.	EFICIENCIA DE LOS POZOS	156
2.4.7.	DIRECCIÓN DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA	158
2.4.8.	RECARGA Y DESCARGA DEL ACUÍFERO.....	158
2.4.9.	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	159
2.4.9.1.	ACUÍFEROS POROSOS NO CONSOLIDADOS.....	159
A.	ACUÍFEROS FLUVIALES.....	159
B.	ACUÍFEROS ALUVIALES	160
2.4.9.2.	ACUITARDO POROSO NO CONSOLIDADO COLUVIAL	160
2.4.9.3.	ACUÍFERO FISURADO KÁRSTICO COPACABANA.....	160
2.4.9.4.	ACUÍFERO FISURADO VOLCÁNICO SEDIMENTARIO MITÚ.....	161
2.5.	HIDROGEOQUÍMICA	162
2.5.1.	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA.....	162
2.5.1.1.	PH	162
2.5.1.2.	CONDUCTIVIDAD	164
2.5.2.	FACIES HIDROQUÍMICAS.....	165
2.5.2.1.	DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO.....	165
2.5.2.2.	DIAGRAMA DE PIPER.....	169
2.5.2.3.	DIAGRAMA DE SCATTER	172
2.5.2.4.	DIAGRAMAS DE SCHOLLER-BERKALOFF	173
2.5.3.	EVOLUCIÓN HIDROQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	177
2.5.4.	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	177
2.5.5.	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA	179
2.6.	PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.....	182
2.6.1.	TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA.....	182
2.6.2.	ADQUISICIÓN DE DATOS EN CAMPO	182
2.6.2.1.	ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO UTILIZADO	183
A.	TRANSMISOR.....	184
B.	RECEPTOR	184
C.	OTROS	185
2.6.2.2.	UBICACIÓN DE LAS LÍNEAS PROPUESTAS DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	185

2.6.2.3.	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE PERFILES	187
A.	LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°1	187
B.	LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°2	189
C.	LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°3	192
D.	LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°4	194
E.	LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°5	197
F.	LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°6	199
G.	LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°07	201
H.	LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°8	204
I.	LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°09	206
J.	LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°10	208
K.	LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°11	211
L.	LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°12	213
2.6.3.	COMPARACIÓN DE PERFILES DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA EN LAS MÁRGENES DERECHA E IZQUIERDA DEL RÍO VILCANOTA.....	215
2.6.3.1.	PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO	215
2.6.3.2.	CALIDAD Y POTENCIAL DE LOS ACUÍFEROS	216
2.6.3.3.	ZONA VADOSA.....	217
2.6.3.4.	PRESENCIA DE ACUITARDOS Y LIMITACIONES.....	217
2.6.3.5.	BASAMENTO ROCOSO.....	218
2.7.	PROPUESTA DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	219
2.7.1.	UBICACIÓN DE LOS POZOS	219
2.7.2.	DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DEL POZO	220
2.7.3.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	221
2.7.4.	PERFORACIÓN DEL POZO EN DIÁMETRO 10”	222
2.7.4.1.	MÉTODO ROTATIVO	222
III.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	224
3.1.	DISCUSIÓN	224
3.2.	CONCLUSIONES	231
3.3.	RECOMENDACIONES.....	233
3.4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	234
IV.	ANEXOS	237

TABLAS

Tabla 1	<i>Ubicación Geográfica del distrito de San Salvador.....</i>	2
Tabla 2	<i>Accesibilidad a la zona de estudio</i>	2
Tabla 3	<i>Componentes del Balance Hidrológico de agua superficial y agua subterránea según.....</i>	38
Tabla 4	<i>Matriz de consistencia.....</i>	58
Tabla 5	<i>Matriz de Operacionalización de variables</i>	59
Tabla 6	<i>Presupuesto y cronograma.....</i>	60
Tabla 7	<i>Integrantes de los regantes de cada sector del área de estudio</i>	61
Tabla 8	<i>Categorías de uso de la tierra en el distrito de San Salvador.....</i>	64
Tabla 9	<i>Cantidad de especies pecuarios en el distrito San Salvador.....</i>	65
Tabla 10	<i>Codificación de la inter cuenca de estudio según Pfafstetter</i>	92
Tabla 11	<i>Área total de la intercuenca en el estudio</i>	93
Tabla 12	<i>Elementos de distancia en la Intercuenca</i>	94
Tabla 13	<i>Elementos de forma en la Intercuenca</i>	95
Tabla 14	<i>Elementos de relieve de la intercuenca de estudio</i>	96
Tabla 15	<i>Declividad de los terrenos.....</i>	97
Tabla 16	<i>Tiempo de concentración en la intercuenca de estudio.....</i>	100
Tabla 17	<i>Estaciones meteorológicas usadas en el área de estudio.....</i>	101
Tabla 18	<i>Completado de datos por método de regresión lineal.....</i>	104
Tabla 19	<i>Datos de coeficiente de correlación y desviación estándar.....</i>	106
Tabla 20	<i>Precipitación media anual con datos completos de la estación Caicay, Kayra y Pisac.....</i>	107
Tabla 21	<i>Análisis de doble masa de las precipitaciones anuales (mm).....</i>	112
Tabla 22	<i>Cálculo de la media y de la desviación estándar para las submuestras.....</i>	115
Tabla 23	<i>Precipitación regionalizada para la Intercuenca de estudio.....</i>	119
Tabla 24	<i>Precipitación media con datos de las estaciones Kayra, Caicay y Pisac</i>	122
Tabla 25	<i>Regionalización anual de precipitación por regresión lineal</i>	123
Tabla 26	<i>Descripción de puntos meteorológicos con datos de temperatura media anual</i>	124
Tabla 27	<i>Temperatura media mensual vs elevación.....</i>	125
Tabla 28	<i>Evapotranspiración Real por el método de turc.....</i>	128
Tabla 29	<i>Evapotranspiración Potencial por el método de Thornthwaite.....</i>	132
Tabla 30	<i>Escorrentía Superficial mediante el método de Jusstin</i>	133
Tabla 31	<i>Infiltración de agua calculada en la cuenca de estudio.....</i>	135
Tabla 32	<i>Cálculo del balance hídrico (totalidad de la capa de agua caída sobre la cuenca)</i>	136
Tabla 33	<i>Inventario de Fuentes de Agua subterránea (Pozos De Agua) en el Área de estudio</i>	141
Tabla 34	<i>Inventario de Fuentes de Agua Subterránea (Manantes) en el Área de estudio</i>	142
Tabla 35	<i>Inventario de Fuentes de Agua Superficial (Ríos) en el Área de estudio</i>	142
Tabla 36	<i>Permeabilidad en distintos puntos del Área de estudio.....</i>	145
Tabla 37	<i>Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 01</i>	149
Tabla 38	<i>Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 03.....</i>	150
Tabla 39	<i>Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 06.....</i>	150
Tabla 40	<i>Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 07.....</i>	151
Tabla 41	<i>Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 08.....</i>	151
Tabla 42	<i>Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 09.....</i>	152

Tabla 43 Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 10.....	152
Tabla 44 Resultado de los parámetros hidráulicos del acuífero en el área de estudio	154
Tabla 45 Valores de radio de influencia de los pozos en el área de estudio	155
Tabla 46 Calculo de la eficiencia de los pozos en el área de estudio	157
Tabla 47 PH de las fuentes hídricas de la intercuenca en la zona de estudio.....	163
Tabla 48 Valores de conductividad eléctrica en uS/cm en la zona de estudio.....	164
Tabla 49 Valores de límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica en el área de estudio.	178
Tabla 50 Ubicación de los puntos de investigación de los ensayos de tomografía eléctrica.....	186
Tabla 51 Ubicación de pozos tubulares.....	220

FIGURAS

Figura 1 Ilustración esquemática de la extensión del Channel Belt.	15
Figura 2 Perfiles y movimiento del agua en el suelo y subsuelo.	23
Figura 3 En función del tipo de materiales que constituyen el acuífero.	26
Figura 4 Acuíferos, según sus circunstancias hidráulicas y estructurales.	28
Figura 5 Tipos de pruebas de bombeo.	34
Figura 6 Unidades de drenaje.	39
Figura 7 Proceso de codificación de la cuenca hidrográfica.	41
Figura 8 Principio de medición de resistividad con una matriz de cuatro electrodos.	43
Figura 9 Valores de resistividad más comunes en rocas y minerales.....	44
Figura 10 Número máximo de horas Profundidades Medias de Investigación Sobre un Medio Homogéneo de Resistividad para los Dispositivos Dipolo-Dipolo, Polo-Dipolo, Wenner y Wenner –Schlumberger Obtenidas para una Distancia Interelectrónica de 5 Metros y Distintos Niveles.	46
Figura 11 Sensibilidad de varios conjuntos de electrodos, ejemplos de sensibilidad 2-D distribución en un un	47
Figura 12 Porcentaje de especies pecuarios	66
Figura 13	76
Figura 14 Mapa Geomorfológico Regional del Cusco	82
Figura 15 Anticlinal del Vilcanota y sistema de fallas asociados	89
Figura 16 Fallas sinistral de chuecamayo y tincocmayo a la izquierda Falla sinistral Chuecamayo y a la derecha falla sinistral ticocmayo.	91
Figura 17 Forma de la cuenca de acuerdo al factor de forma	95
Figura 18 Curva hipsométrica de la intercuenca.....	98
Figura 19 Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión	98
Figura 20 Polígono de frecuencias (Porcentaje de área vs Altitud)	99
Figura 21 Histogramas de precipitaciones de las estaciones utilizadas en las zonas de estudio.....	110
Figura 22 Análisis de Doble Masa.	113
Figura 23 Diagrama de análisis de doble masa estación Granja Kayra	114
Figura 24 Gráfico del análisis de precipitación	120
Figura 25 Tenencia regional de la precipitación.	122
Figura 26 Gráfico de ecuación de regionalización de temperatura.	124

Figura 27	<i>Gráfico del análisis de temperatura</i>	125
Figura 28	<i>Número máximo de horas de sol</i>	130
Figura 29	<i>Cuadro de comparación según el coeficiente de permeabilidad del suelo y el tipo de suelo</i> .	146
Figura 30	<i>Diagramas de Stiff de las fuentes hídricas del área de estudio</i>	166
Figura 31	<i>Diagrama de Piper para clasificación química de las fuentes de aguas en el área de estudio</i>	170
Figura 32	<i>Diagrama de piper de las fuentes hídricas de la intercuenca del área de estudio</i>	171
Figura 33	<i>Diagrama de Miffilin para la evolución de las fuentes de aguas en el área de estudio.</i>	172
Figura 34	<i>Diagrama de Scholler-Berkaloff para la evolución de las fuentes de agua (pozos subterráneos) en el área de estudio.</i>	174
Figura 35	<i>Diagrama de Scholler-Berkaloff para la evolución de las fuentes de agua (Manantes) en el área de estudio.</i>	175
Figura 36	<i>Diagrama de Scholler-Berkaloff para la evolución de las fuentes de agua (Ríos) en el área de estudio.</i>	176
Figura 37	<i>Diagrama de Wilcox para la clasificación de aguas de riego según su contenido de sales disueltas.</i>	180
Figura 38	<i>Interpretación de la Tomografía Eléctrica 1</i>	188
Figura 39	<i>Interpretación del potencial espontaneo 01</i>	189
Figura 40	<i>Interpretación de la Tomografía Eléctrica 2</i>	191
Figura 41	<i>Interpretación del potencial espontaneo 02</i>	192
Figura 42	<i>Interpretación de la Tomografía Eléctrica 3</i>	193
Figura 43	<i>Interpretación del potencial espontaneo 03</i>	194
Figura 44	<i>Interpretación de la Tomografía Eléctrica 4</i>	196
Figura 45	<i>Interpretación del potencial espontaneo 04</i>	197
Figura 46	<i>Interpretación de la Tomografía Eléctrica 5</i>	198
Figura 47	<i>Interpretación del potencial espontaneo 05</i>	199
Figura 48	<i>Interpretación de la Tomografía Eléctrica 6</i>	200
Figura 49	<i>Interpretación del potencial espontaneo 06</i>	201
Figura 50	<i>Interpretación de la Tomografía Eléctrica 07</i>	203
Figura 51	<i>Potencial Espontaneo de la línea geofísica 07</i>	204
Figura 52	<i>Interpretación de la Tomografía Eléctrica 08</i>	205
Figura 53	<i>Potencial Espontaneo de la línea geofísica 08</i>	206
Figura 54	<i>Interpretación de la Tomografía Eléctrica 09</i>	207
Figura 55	<i>Potencial Espontaneo de la línea geofísica 09</i>	208
Figura 56	<i>Interpretación de la Tomografía Eléctrica 10</i>	210
Figura 57	<i>Potencial Espontaneo de la línea geofísica 10</i>	211
Figura 58	<i>Interpretación de la Tomografía Eléctrica 11</i>	212
Figura 59	<i>Potencial Espontaneo de la línea geofísica 11</i>	213
Figura 60	<i>Interpretación de la Tomografía Eléctrica 12</i>	214
Figura 61	<i>Potencial Espontaneo de la línea geofísica 12</i>	215
Figura 62	<i>Esquemática referencial de la estructura de un Pozo Tubular</i>	221
Figura 63	<i>Método rotativo de circulación directa</i>	223

FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1	<i>Santuario de señor de huanca.....</i>	67
Fotografía 2	<i>Templo de Virgen rosario de Huallhua</i>	68
Fotografía 3	<i>Depósitos fluviales a lo largo del río Vilcanota ubicados en un extremo hacia el sur-este y nor-este del área de estudio</i>	78
Fotografía 4	<i>Depósitos Aluviales ubicados en las márgenes del río Vilcanota</i>	79
Fotografía 5	<i>Depósitos Coluviales ubicados al pie de las laderas en la zona de estudio</i>	80
Fotografía 6	<i>Planicies ubicadas en las zonas bajas próximas al río Vilcanota</i>	83
Fotografía 7	<i>Cauce Fluvial ubicado en San Salvador</i>	84
Fotografía 8	<i>Terrazas Fluviales en ambas márgenes del río Vilcanota.....</i>	85
Fotografía 9	<i>Abanicos aluviales ubicados al pie de las montañas en la zona de estudio</i>	86
Fotografía 10	<i>Abanicos aluviales ubicados al pie de las montañas en la zona de estudio</i>	86
Fotografía 11	<i>Quebradas ubicadas en las partes altas de la montaña pachatusan</i>	87
Fotografía 12	<i>Montañas de la formación Pachatusan.....</i>	88
Fotografía 13	<i>Realización del ensayo de tomografía de resistividad eléctrica en la zona de estudio ..</i>	183

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, por haber sido el espacio donde adquirí los conocimientos y habilidades necesarias para mi desarrollo profesional. A todos mis docentes, quienes con su dedicación, paciencia y enseñanza me han inspirado a crecer cada día, les estaré eternamente agradecido.

De manera especial, agradezco al Mgt. Iván Cáceres Angulo, asesor de esta tesis, por su valiosa guía, orientación y compromiso durante la realización de este trabajo de investigación. Su experiencia y consejos fueron determinantes para culminar con éxito este proyecto.

Extiendo mi gratitud al Sr. José Esteban Soto Tinco por haber proporcionado la información necesaria para llevar a cabo esta investigación, demostrando un generoso apoyo que fue clave en el desarrollo del estudio.

A todos los que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de esta tesis, mi sincero reconocimiento y aprecio.

DEDICATORIA

Dedico a Dios, por su infinito amor, salud y bendiciones, que han fortalecido mi vida y hecho posible este logro. Reconozco con humildad que sin su gracia nada sería posible. A mis padres, Mariano Orcon Huaman y Justina Yapó Quispe, por ser mi mayor inspiración y mi más sólido apoyo. Gracias por su amor incondicional, su guía y sus sacrificios, que han sido la base de todo lo que soy y de lo que he logrado. Este esfuerzo es un reflejo de los valores que me han inculcado. El trabajo realizado lo dedico también a mis hermanos, Tiofila, Antonio, Rebeca, Ricardina, Liliana, Lizardo, Odaliz, y mi pareja Luz Analy por ser mi compañía en cada paso del camino, mi apoyo en los momentos difíciles y mi alegría en los triunfos. Como olvidarme de mi hermano Zabulón, gracias por tu apoyo incondicional, tu amor y tu confianza. Tu presencia en mi vida me ha dado fuerza y motivación. Este logro es también tuyo, porque siempre has estado a mi lado, alentándome y creyendo en mí. A mis sobrinas y sobrinos, por ser una fuente de alegría, inspiración y esperanza en mi vida. Espero que este logro sea un ejemplo de que, con esfuerzo y dedicación, los sueños se pueden alcanzar. Por último, a mis amigos, por su compañía sincera y su ánimo constante. Con todo mi cariño y gratitud, les dedico este esfuerzo a cada uno de ustedes.

Ismael Orcon Yapó

Dedico este logro con mucho agradecimiento a mis padres, Demetrio Cardenas Vega y Delia Huamanñahui Condori, por su guía y el apoyo constante que me brindaron a lo largo de mi carrera profesional. Su esfuerzo y sacrificio han sido la base de mi formación y mis logros. A mis hermanos, Yaseriv y Sadithce, les dedico este triunfo por su apoyo inquebrantable y sus palabras de aliento que fueron fundamentales para superar los retos que encontré en este camino. Dedico también este logro con especial agradecimiento al Ing. Jefferson Chara Holguín, quien, como mi anterior jefe de laboratorio, me brindó una invaluable enseñanza durante mi tiempo en el laboratorio de suelos. Su profesionalismo, paciencia y dedicación me inspiraron a seguir esforzándome y aprendiendo en este campo. Asimismo, dedico este trabajo al Ing. Juan Pedro Luciano Cortez Vargas, mi actual jefe, por su apoyo constante y confianza depositada en mí. Su liderazgo y conocimiento han sido fundamentales para mi crecimiento profesional y personal dentro del laboratorio de suelos de la UTEA. A todos ustedes, gracias por ser mi fortaleza y mi inspiración. Este logro es tan suyo como mío.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de agua en los sectores de Pillahura, Qosqayllu, Chuecamayo, Huancapampa y Chillinkay, ubicados a lo largo de las márgenes del río Vilcanota en el distrito de San Salvador, Provincia de Calca, Departamento de Cusco, ha suscitado una creciente preocupación debido a la escasez de recursos hídricos, agravada por fenómenos climáticos, como el Niño costero que impacta los diversos aspectos como el riego, la actividad pecuaria y el suministro de agua para consumo humano.

El objetivo principal de esta tesis de investigación es evaluar el potencial hidrogeológico del channel belt del río Vilcanota con el propósito de explotar las aguas subterráneas en los sectores previamente mencionados.

Para lograr este objetivo, se llevará a cabo una evaluación del potencial hidrogeológico mediante el análisis de la geología (litología , geomorfología) , hidrología (Datos de precipitación y temperatura, balance hídrico) , geofísica(tomografía de resistividad eléctrica) , geoquímica(parámetros fisicoquímicos , facies hidroquímicas) y las propiedades hidrogeológicas (conductividad hidráulica, transmisividad y coeficiente de almacenamiento) , al final se tendrá una propuesta de los lugares más idóneos para ubicar los pozos de agua.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación “EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023” se desarrolló con el propósito de determinar el potencial hidrogeológico y recomendar propuestas de intervención hacia el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo para el consumo humano y agricultura del sector de estudio.

El análisis hidrogeológico del channel belt del río Vilcanota confirmó que los sectores estudiados presentan condiciones favorables para la formación y explotación de acuíferos, debido a la presencia de depósitos cuaternarios aluviales y fluviales que actúan como buenos conductores, drenadores y almacenadores de agua subterránea. Los pozos 01, 03 y 07 presentaron alta conductividad hidráulica (37.336 a 59.114 m/d) y transmisividad (182.2 a 206.8 m²/d), clasificándolos como acuíferos de buena calidad, con un coeficiente de almacenamiento entre 0.1617 y 0.2214. En contraste, los pozos 06, 08, 09 y 10 mostraron conductividad hidráulica baja (2.366 a 23.67 m/d) y transmisividad media (32.53 a 81.44 m²/d), con coeficientes de almacenamiento entre 0.0072 y 0.0595, indicando una capacidad de transmisión baja a media. El análisis del nivel estático reveló un flujo de agua subterránea predominante en dirección SE-NW.

Estos resultados evidencian la capacidad de los acuíferos para transmitir, drenar y almacenar agua eficientemente.

El estudio geofísico, basado en 12 perfiles de tomografía eléctrica y de potencial espontáneo, reveló la ausencia de basamento rocoso en las profundidades investigadas, con acuíferos localizados entre los 10 y 30 metros de profundidad y resistividades inferiores a 120 Ω m. Estos acuíferos detríticos permiten un flujo significativo de agua, confirmado por los valores de potencial espontáneo menores a -80 mV, lo que valida su idoneidad para la explotación mediante pozos tubulares y de anillos.

Adicionalmente, el análisis fisicoquímico de 17 fuentes de agua indicó que las muestras subterráneas pertenecen a las facies bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcicas. Si bien la mayoría de las fuentes son aptas para consumo humano tras un tratamiento adecuado, algunas, como Mn-01 y Mn-02, requieren un tratamiento especializado debido a su alta concentración de sodio y sulfatos.

Palabras Clave: Hidrogeología; Channelt Belt, Aguas Subterráneas, Acuífero.

I. DISEÑO DE TESIS

1.1. UBICACIÓN

1.1.1. Ubicación Política

Políticamente el área de estudio está situada en el distrito de San Salvador, perteneciente a la provincia de Calca, en la región de Cusco, a una altitud de 3010 msnm. Comprende los sectores de Pillahura, Qosqoayllu, Chuecamayo, Huancapampa y Chillinkay. (Ver anexo-Mapa 01 de Ubicación).

El área de estudio se encuentra limitada por:

- Por norte: Comunidad Siusa y Comunidad Ccamahuara del distrito San Salvador
- Por sur: Cerro Pachatusan
- Por este: Comunidad Umachurco del distrito de San Salvador
- Por oeste: Distrito Taray

1.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente el área de estudio se localiza al inicio del Valle Sagrado de los Incas, abarcando tanto la margen derecha como la izquierda del río Vilcanota, desde el sector de Chillinkay hasta Pillahuara.

Los datos de ubicación geográfica se encuentran registrada en proyección WGS 1984, franja 19L con las coordenadas UTM, según se muestra en la tabla.

Tabla 1

Ubicación Geográfica del distrito de San Salvador.

Sistema	Datum	Componentes	Coordenadas
Coordenadas Geográficas	Horizontal WGS 1984	Longitud Oeste	71°46'42
Coordenadas UTM	Horizontal WGS 1984	Longitud Sur	13°29'31
Zona 19 sur	Horizontal WGS 1984	Este	199201
Altitud	Vertical Nivel Medio del Mar	Norte	8506722
		m.s.n.m.	3010

Nota. Fuente: Elaboración propia

1.2.ACCESIBILIDAD

Para acceder al área de estudio desde la ciudad del Cusco, hay dos rutas disponibles. Una es a través de la carretera asfaltada Cusco-Pisac-San Salvador (con una distancia de 43.3 km), mientras que la otra opción es Cusco-Huambutio-San Salvador (con una distancia de 50.5 km). Una vez en San Salvador, se pueden utilizar trochas carrozables que conducen directamente al área de investigación.

Tabla 2

Accesibilidad a la zona de estudio

	VIAS DE ACCESO	DISTANCIA (km)	TIEMPO	TIPO DE VIA
Ruta 1	Cusco - Huambutio	33.5	51 minutos	Asfaltada
	Huambutio–San Salvador	17	19 minutos	Asfaltada
Ruta 2	Cusco – Pisac	32	45 minutos	Asfaltada
	Pisac–San Salvador	11.3	13 minutos	Asfaltada

Nota. Fuente: Elaboración propia

1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.3.1. Descripción del problema

En los últimos años, se ha observado un crecimiento constante en la demanda de agua en los sectores de Pillahura, Qosqoayllu, Chuecamayo, Huancapampa y Chillinkay, ubicados en las márgenes izquierda y derecha del río Vilcanota del distrito de San Salvador. Particularmente estos sectores han dependido en gran medida del suministro de agua proveniente de las lagunas Teracocha, Rumichaka, Mamacocha y Simarian, así como de los manantiales situados en las partes altas de las montañas cercanas. Gran parte del agua proveniente de estas fuentes se destina al abastecimiento de las comunidades cercanas en las zonas altas de la montaña y el agua restante es utilizada por los pobladores de las márgenes izquierda y derecha del río Vilcanota del distrito de San Salvador.

El fenómeno del Niño costero y el cambio climático, ha repercutido en la disponibilidad hídrica de las lagunas, ríos y manantiales las cuales ya no abastecen a los sectores que están ubicados en las márgenes del río Vilcanota. Esta situación ha tenido un impacto adverso en el suministro de agua, generando una creciente demanda hídrica en la zona. Como resultado, en el año 2022 se reportaron pérdidas considerables en la producción agrícola (INEI, 2022), lo que ha tenido un impacto significativo en el aspecto socioeconómico de la población en las márgenes izquierda y derecha del río Vilcanota del distrito de San Salvador.

Los depósitos cuaternarios del channel belt presenta condiciones hidrogeológicas favorables para la formación de acuíferos, constituyendo una alternativa viable para el abastecimiento de agua, a pesar de la presencia de explotación de pozos, estos son de uso privado, lo que resalta la urgente necesidad de abrir más pozos para satisfacer la demanda, para ello es

necesario realizar una evaluación del potencial hidrogeológico en los depósitos cuaternarios que se encuentran en el channel belt del río Vilcanota en los sectores de estudio, como los aspectos geológicos, hidrológicos, geofísicos, geoquímicos y propiedades hidrogeológicas.

1.3.2. Formulación del problema

1.3.2.1.Problema General

¿Cuál será el potencial hidrogeológico del channel belt del río vilcanota para la explotación de aguas subterráneas en los sectores de Chuecamayo, Pillahura, Qosqo Ayllu, Huancapampa y Chillinkay del distrito de San Salvador - Calca – Cusco – 2023?

1.3.2.2.Problemas Específicos

1. ¿Cuáles son las características litológicas del channel belt del río Vilcanota en los sectores de estudio?
2. ¿Cuáles son las características del perfil litológico de acuerdo a las líneas de tomografía de resistividad eléctrica realizadas en los sectores de estudio?
3. ¿Cuáles son los parámetros hidráulicos en función de los pozos existentes en los sectores de estudio?
4. ¿Cuáles son las características hidrogeológicas de los acuíferos, según las propiedades hidráulicas de los pozos existentes en los sectores de estudio?
5. ¿Cuál es la calidad de las fuentes de aguas existentes en área de estudio?

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el potencial hidrogeológico del channel belt del río Vilcanota con la finalidad de la explotación de aguas subterráneas en los sectores de Chuecamayo, Pillahura, Qosqo Ayllu, Huancapampa y Chillinkay del distrito de San Salvador - Calca – Cusco – 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Describir las características litológicas del channel belt del río Vilcanota en los sectores de estudio
2. Determinar las características del perfil litológico mediante el ensayo de tomografía de resistividad eléctrica en los sectores de estudio.
3. Determinar los parámetros hidráulicos mediante las pruebas de bombeo en los pozos existentes de los sectores de estudio.
4. Describir las características hidrogeológicas de los acuíferos, a partir de las propiedades hidráulicas de los pozos existentes en los sectores de estudio.
5. Determinar las propiedades fisicoquímicas de las fuentes de agua en los sectores de estudio

1.5.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La presente tesis se justifica por la necesidad de abordar la problemática de la escasez de agua que afecta diversos aspectos vitales como consumo humano, el riego y actividad pecuaria. Por esta razón, resulta necesario realizar una evaluación del potencial hidrogeológico que abarque el cartografiado geológico de superficie, la interpretación de secciones geoeléctricas, la determinación de parámetros hidrogeológicos y la calidad del agua (subterránea y superficial), con el fin de explotar los recursos hídricos subterráneos para satisfacer las crecientes demandas de agua.

Además de abordar la problemática de la escasez de agua, la presente tesis también contribuye al conocimiento científico en el campo de la hidrogeología. Los resultados de la investigación proporcionarán información nueva para futuras investigaciones que se realicen en el área de estudio.

Asimismo, es importante destacar que esta investigación se enmarca dentro del marco académico de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, como parte fundamental del programa de pregrado para optar el título profesional de ingeniero geólogo.

1.6.MARCO TEÓRICO

1.6.1. MARCO REFERENCIAL

Para la elaboración de esta tesis, se han empleado investigaciones previas relacionadas con el tema del estudio, así como estudios hidrogeológicos mediante tomografías de resistividad eléctrica. Estas indagaciones similares proporcionan una base sólida para abordar los desafíos relacionados con el tema de estudio y enriquecen el análisis de los aspectos hidrogeológicos involucrados en el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo.

1.6.1.1.Marco referencial Internacional

(Castro, 2010) Caracterización Hidrogeológica Del Acuífero Aluvial Naranjito, Quepos, Puntarenas (Revista Mexicana de Ciencias Geológicas)

El objetivo principal fue describir la geología, los parámetros hidrogeológicos e hidrogeoquímicos de la cuenca baja del río Naranjo.

Del artículo se concluye que en el área de estudio se definieron siete unidades geológicas, de las cuales los depósitos aluviales tanto antiguos como recientes, corresponden las unidades hidrogeológicas más importantes.

El uso de la exploración geofísica representa una herramienta muy útil para la determinación de la geometría de los depósitos aluviales, así como precisar la profundidad del agua subterránea y variaciones de espesor del Acuífero Aluvial Naranjito, demostrando que la parte central de la cuenca se presenta como un sitio idóneo para realizar futuras perforaciones con fines de abastecimiento público.

Desde el punto de vista hidrogeoquímico se identificaron dos niveles de agua subterránea, almacenados en la Unidad de Depósitos Aluviales Recientes, el cual se clasifica de tipo bicarbonatada cálcica, y en la Unidad de Depósitos Aluviales Antiguos, clasificado como bicarbonatada clorurada sódica magnésica.

El artículo proporciona una caracterización hidrogeológica en depósitos cuaternarios aluviales los cuales coinciden en gran parte con nuestra zona de estudio, por lo que sirve de una referencia muy importante para nuestro estudio

(Rondón, 2018) Caracterización hidrogeológica del acuífero aluvial ubicado entre las quebradas Chacaíto y Sebucán, región noreste del Valle de Caracas

Este artículo se realizó con los siguientes objetivos:

-Elaborar una base de datos multidisciplinaria en hidrogeología, geología, geografía, geofísica, geomorfología, geotecnia y geoquímica para comprender la configuración del acuífero del Valle de Caracas y identificar los procesos que lo regulan.

-Caracterizar el acuífero mediante la interpretación de datos recopilados, centrándose en aspectos litológicos, estructurales, zonas de recarga y descarga, así como la dirección del flujo subterráneo mediante análisis geoquímicos y parámetros físico-químicos. Utilizar programas como Surfer 10 y QGIS para esta caracterización.

Del artículo se llega a concluir lo siguiente:

-La zona de estudio está conformada por un sistema de acuíferos, compuestos de facies de arenas, peñones de gneis y esquistos, guijarros y bloques, intercalados con acuitardos de facies de arcillas arenosas y lentes de limo.

-Las capas del acuífero aluvial presentan una tendencia uniforme, subhorizontal y explayada con una inclinación al sur de la zona de estudio, producto principalmente de los aludes torrenciales que han acontecido al Valle y que han colmatado al mismo desde su formación.

El artículo proporciona información de una evaluación hidrogeológica en depósitos cuaternarios aluviales, los cuales se asemejan en gran medida a nuestra zona de estudio. Por lo tanto, constituye una referencia sumamente relevante para nuestra investigación

(Reyes & Cruz, 2013) Geofísica Aplicada A La Búsqueda De Agua Subterránea En Depositos Aluviales. Caso De Estudio Arenas Algaba. (Revista Científica geofísica Aplicada a la Exploración Geológica)

El objetivo principal fue buscar una fuente de abasto con la calidad y cantidad de agua suficiente para el abasto en la zona turística de Trinidad, se seleccionó el sector de la localidad de Algaba en las riveras del Río Agabama, donde existen depósitos aluviales con excelentes características para la acumulación de aguas subterráneas.

Del artículo se tienen las siguientes conclusiones:

La interpretación conjunta de las técnicas geofísicas de superficie y de pozo, ratifican que las características geológicas, hidrogeológicas y los parámetros hidrogeológicos de la región, permiten calificar a la misma con condiciones muy favorables para la acumulación y explotación de aguas subterráneas.

En la parte superior de las calas se observa afluencia de aguas hacia las calas reflejando así la peculiaridad de los acuíferos aluviales de estrecha relación hidráulica con el río.

La evaluación integral de las características hidrogeológicas de la zona, en particular la Transmisividad y la Permeabilidad pueden ser estimados a partir de la resistencia Transversal unitaria.

El artículo destaca la interpretación combinada de técnicas geofísicas de superficie y de pozo para confirmar condiciones muy favorables para la acumulación y explotación de aguas subterráneas en la región. Se señala la afluencia de agua hacia las calas en la parte superior, revelando la estrecha relación hidráulica de los acuíferos aluviales con el río. La evaluación integral de las características hidrogeológicas, especialmente la Transmisividad y la

Permeabilidad, se estima a través de la resistencia Transversal unitaria. Estos hallazgos proporcionan valiosa información para comprender la viabilidad de la explotación de recursos hídricos subterráneos en la zona.

(Ruffo, y otros, 2022), Tomografía de resistividad eléctrica aplicada a la prospección de agua subterránea en un sector costero del sudoeste bonaerense, Argentina. (Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente • N° 49 • 29 - 35 • 2022 • Buenos Aires).

El propósito de este estudio es emplear tomografías de resistividad eléctrica para detectar las características geológicas subterráneas que influyen en la calidad y cantidad de agua subterránea disponible. Se llevaron a cabo tomografías en diversas áreas costeras y se interpretaron las secciones geoelectrica, considerando aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos. Los resultados destacan la identificación de rasgos litológicos y estratigráficos en las imágenes de resistividad eléctrica, los cuales están relacionados tanto con los parámetros hidráulicos del acuífero como con las variaciones en la calidad química del agua. La parametrización del método permite definir intervalos de resistividad que se pueden relacionar con las características hidrogeológicas. Se concluye, la metodología utilizada es valiosa para comprender la geología y la hidrogeología del subsuelo, proporcionando datos precisos que son útiles para gestionar de manera efectiva el acuífero y planificar proyectos de captación de agua subterránea.

1.6.1.2.Marco referencial nacional

(Silva Talledo, 2019), Investigación Hidrogeológica Para El Aprovechamiento De Agua Subterránea En El Predio Inkaterra, Distrito De El Alto, Provincia De Talara Y Departamento De Piura – Perú. (Tesis Para Optar Título Profesional De Ingeniero Geólogo) Universidad Nacional De Piura.

La presente tesis tiene como finalidad evaluar detalladamente las características hidrogeológicas y sustentar la existencia o no de recursos hídricos subterráneos aprovechables en la zona investigada y poder ejecutar una obra de captación. Los resultados concluyen la existencia de recursos hídricos explotables los mismos que alcanzan las condiciones de requerimiento en cuanto a calidad siendo posible la ejecución de una obra de captación cuyo caudal de explotación será de 5 l/seg por un periodo de 4 horas diarias a fin de contribuir al aprovechamiento responsable de dicho recurso. Cabe señalar que la investigación no fue ejecutada, pero da conocer los datos del caudal estimado que se va explotar en base a la interpretación de las características hidrogeológicas, así como los resultados de las pruebas geofísicas de campo que permiten concluir la existencia de recursos hídricos subterráneos en la zona de investigación. Al mismo tiempo nos plantea un ante proyecto del pozo tubular, el cual recomendado que utilice el sistema de perforación de rotación inversa, este pozo se diseñaría para alcanzar una profundidad mínima de 55.00 m., con un diámetro de 8”.

(Apaza Rojas & Huamán Quispe , 2019), Estudio Hidrogeológico Con Fines De Determinar El Potencial Hídrico En La Cuenca De Cachimayo, Dist. Santiago, Prov. Cusco, Reg. Cusco – 2019. (Tesis Para Optar Título Profesional De Ingeniero Geólogo), Universidad nacional san Antonio abad del Cusco.

Los objetivos a considerar en este trabajo son: Determinar las características hidrológicas, Determinar el balance hídrico, Identificar y delimitar las unidades geológicas, geomorfológicas y estructurales, Identificar y delimitar las unidades hidrogeológicas, a través de inventario de manantes, hidro-química, permeabilidades, etc. Identificar zonas de recarga y descarga de aguas subterráneas. La cuenca Cachimayo arroja una precipitación media mensual resultante de 773.55 mm/año. En cuanto a las temperaturas, se registró una temperatura media mensual de 7.95 °C. De

manera adicional, se cuantificó la evapotranspiración real en 440.74 mm/año, la escorrentía superficial en 305.50 mm/año y la infiltración en 65.07 mm/año. Esto da como resultado un equilibrio hídrico, que considera los aportes y pérdidas de agua, de 92.76 mm en toda la cuenca hidrogeológica. Este valor refleja la cantidad de agua almacenada en los acuíferos. El análisis concluye con la identificación de tres tipos de acuíferos, dos acuitardos y dos familias predominantes en la cuenca Cachimayo: cálcica sulfatada y cálcica clorurada. Adicionalmente, se destacan dos zonas de recarga significativas en esta área de estudio. Esta tesis se basó en la utilización del método eléctrico de tomografía de resistividad para medir las variaciones horizontales y verticales de las resistividades eléctricas en el subsuelo. En el área de estudio, se llevaron a cabo dos líneas de tomografía de 300 m de longitud, con una profundidad de investigación de 80 m, y una línea adicional de 120 m con una profundidad de investigación de 32 m. A través del método de tomografía de resistividad eléctrica, esta tesis ha logrado identificar la presencia de cuerpos acuíferos de considerables dimensiones, además de la presencia de diversas estructuras geológicas como fallas y fracturas. La interpretación y análisis de los datos obtenidos refuerzan la confirmación de la presencia del acuífero debido a procesos de fallamiento en esta zona.

(Portugal Churata & Tarifa Arque, 2019), Evaluación Hidrogeológica Preliminar Del Acuífero Aluvial, Para Explotación De Aguas Subterráneas Con Fines De Riego Del Valle Virú – La Libertad. Tesis Para Optar Título Profesional De Ingeniero Geólogo), Universidad nacional san Antonio abad del Cusco.

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. En este trabajo identificaron

la profundidad del nivel freático y basamento rocoso mediante la aplicación de los métodos geoelectrónicos (geofísica), también realizaron pruebas de bombeo a caudal variable y constante, los cuales permitieron conocer las propiedades hidráulicas del acuífero aluvial.

1.6.1.3.Marco referencial local

(Farfan Tintaya & Larico Tupayachi , 2020), Identificación De Acuíferos Para La Captación De Agua Subterránea Mediante El Estudio Hidrogeológico Del Distrito San Salvador – Cusco. (Tesis Para Optar Título Profesional De Ingeniero Geólogo), Universidad nacional san Antonio abad del Cusco.

Esta investigación tuvo como objetivo identificar los acuíferos del distrito San Salvador mediante el presente estudio hidrogeológico para la captación de agua subterránea con el propósito de dejar una base de conocimiento hidrogeológica de la zona para una mejor gestión de los recursos hídricos. Como resultado se obtuvieron una precipitación media mensual de 799.06 mm, valores de permeabilidad son de 1.36×10^{-2} para el grupo mito, 2.93×10^{-3} para el grupo Copacabana, 3.00×10^{-5} para la formación Huancané, 2.79×10^{-4} para los depósitos fluvio glaciares), las características de las aguas subterráneas (bicarbonatadas Cálcidas y menor proporción aguas sulfatadas cálcicas), se identificaron (acuíferos fisurado volcánico sedimentario, acuífero fisurado kárstico y acuífero poroso no consolidado) y se calculó la infiltración efectiva en área para cada acuífero identificado dando una capacidad de recarga total de 24,922.789. Esta investigación demuestra que las aguas de las partes altas de la zona de estudio presentan buena calidad a comparación de las zonas bajas en la que la calidad disminuye.

1.6.2. MARCO CONCEPTUAL

1.6.2.1.EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO

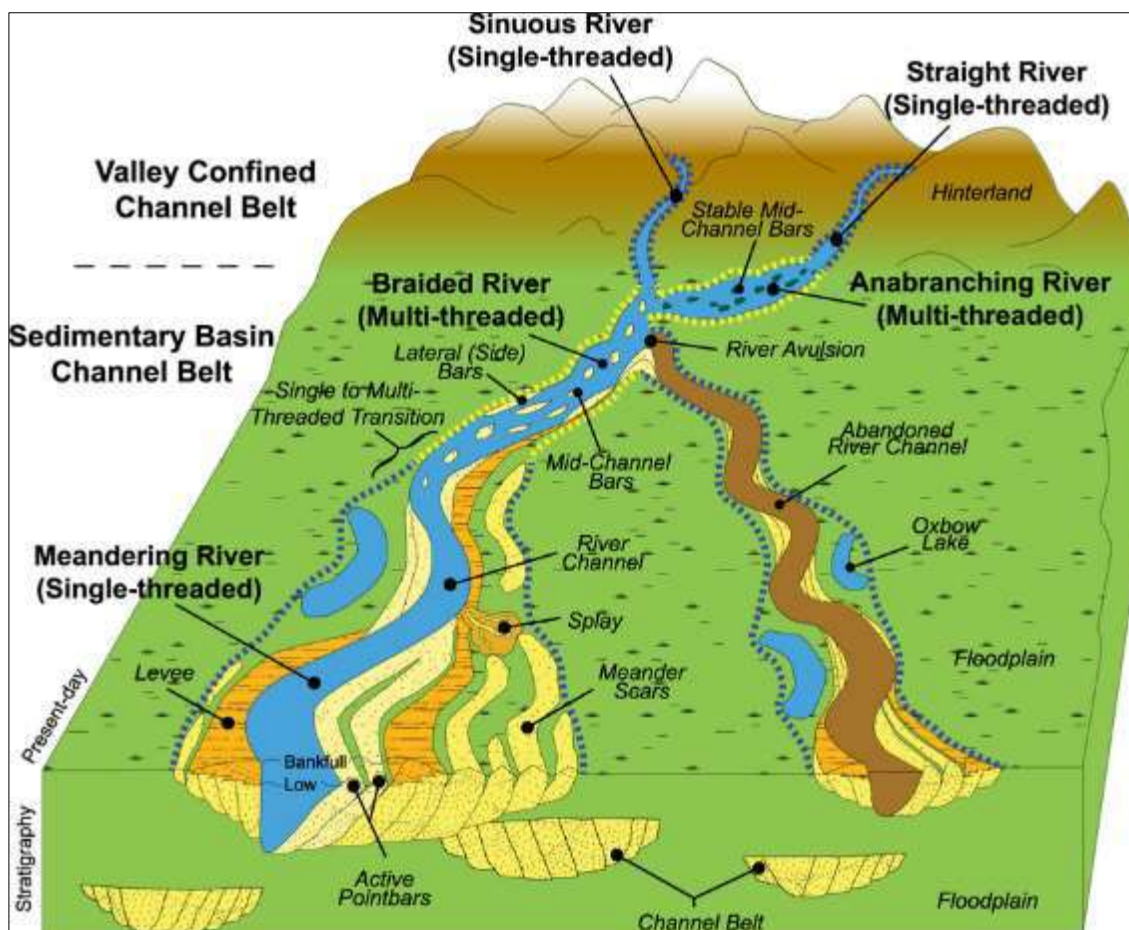
Evaluación del potencial hidrogeológico es un conjunto de estudios y análisis destinados a estimar la capacidad de los acuíferos para proporcionar recursos hídricos subterráneos en cantidad y calidad suficientes, bajo criterios de sostenibilidad, considerando las características hidrogeológicas del medio y las necesidades de uso. (Custodio & LLamas, 1983)

1.6.2.2.CHANNEL BELT

Channel belt o cinturón de canal se define como el área o franja sedimentaria ocupada por canales fluviales que han migrado lateralmente a lo largo del tiempo debido a procesos como la erosión y deposición. Estos cinturones están compuestos principalmente por depósitos de arenas y gravas asociados con los antiguos cauces del río, reflejando la dinámica de los sistemas fluviales y su interacción con las llanuras de inundación. La definición enfatiza que los channel belts cómo se desplazan a lo largo de las llanuras aluviales mediante dos procesos principales: avulsiones y migración gradual. Las avulsiones son cambios bruscos en el curso del río hacia zonas más bajas de la llanura, impulsados por factores como el aumento en la sedimentación, fluctuaciones en el nivel base, condiciones climáticas y actividad tectónica. En contraste, los desplazamientos graduales resultan de la migración lateral de los meandros, controlada por la interacción entre el flujo del agua, el transporte de sedimentos y la morfología del canal. ((Bridge, 2003, pág. 311)

Figura 1

Ilustración esquemática de la extensión del Channel Belt.



Nota: Adoptado de *Global scale analysis on the extent of river channel belts* (p. 2), por el autor Rodmar Ravnås & Juha Ahokas, 2023, Nature communications. editorial.

1.6.2.3.MARCO GEOLÓGICO

a. Marco Estratigráfico

Para la geología regional nos basamos en la información del sitio web (Geocatmin, 2023) y la información proporcionada de la geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. hojas: 27-r y 27-s – [boletín a 65] realizado por (Carlotto, Caillaux, et., al.)

Regionalmente, la zona de la Intercuenca, según Carlotto et al. (2011), abarca varias formaciones geológicas: el Grupo Copacabana, el Grupo Mitu (que incluye la Formación Pisac con sus Miembros 1 y 2, y la Formación Pachatusan), la Formación Huancané, el Grupo Yuncaypata (que comprende las Formaciones Paucarbamba y Maras), y depósitos cuaternarios. El área de estudio se encuentra principalmente en el Channel Belt del río Vilcanota, caracterizado por depósitos cuaternarios situados en el eje del anticlinal de Vilcanota, mientras que las formaciones geológicas mencionadas se ubican en los flancos del anticlinal. Se describen las unidades litológicas ordenadas de acuerdo a la predominancia y extensión.

LITOLOGÍA REGIONAL

➤ GRUPO COPACABANA: Pérmico inferior

El Grupo Copacabana, del Pérmico inferior, aflora ampliamente en el núcleo del anticlinal de Vilcanota, actuando como límite entre la Cordillera Oriental y el Altiplano. Esta unidad geológica está compuesta principalmente por calizas y lutitas marinas. Las calizas, de grano fino y color gris a negro, presentan fósiles silicificados y pueden mostrar características de fracturación o karstificación, lo que sugiere un potencial significativo como acuífero. Las lutitas, en cambio, actúan como capas confinantes, controlando el flujo de agua subterránea. El espesor del Grupo Copacabana varía entre 300 y 700 metros en la región del anticlinal, (Carlotto, et. al, 1996).

Lo que, junto con su fracturación y presencia de fallas, crea condiciones favorables para la acumulación y transmisión de aguas subterráneas. Las zonas de escamas de falla, con espesores menores, podrían representar vías preferenciales para el flujo subterráneo. Este contexto geológico es fundamental para evaluar el potencial hidrogeológico del "channel belt" del río Vilcanota y su

capacidad para la explotación de aguas subterráneas en los sectores de Chuecamayo, Pillahura, Qosqo Ayllu, Huancapampa y Chillinkay, del distrito de San Salvador, Calca.

➤ **GRUPO MITU -Triásico Superior-Jurásico Inferior**

El Grupo Mitu aflora al noreste de la zona de estudio, destacando en el Anticlinal de Vilcanota desde San Salvador hasta Calca y en sectores del Cuadrángulo de Urubamba. Este grupo se compone de dos unidades litoestratigráficas: la Formación Pisac y la Formación Pachatusan, las cuales son clave para comprender la geología y el potencial hidrogeológico de la región. (Carlotto, et. Al., 1996).

Formación Pisac: Esta unidad está compuesta por secuencias granodecrecientes de brechas y conglomerados interpretados como depósitos de conos aluviales. Desde un punto de vista hidrogeológico, estos depósitos, al no estar muy cementados, podrían comportarse como acuíferos, permitiendo la infiltración y almacenamiento de agua subterránea. Su contacto discordante con el Grupo Copacabana también puede representar una superficie de recarga importante, lo que aumenta su relevancia en la evaluación hidrogeológica.

Formación Pachatusan: Constituida por brechas volcánicas, aglomerados, coladas de basaltos, riolitas e ignimbritas, además de conglomerados de conos aluviales y areniscas cuarzosas fluviales intercaladas en las rocas volcánicas. Hidrogeológicamente, los conglomerados y las areniscas cuarzosas pueden funcionar como acuíferos en áreas donde las rocas volcánicas no son muy cementadas. Por otro lado, las coladas de basaltos y riolitas, debido a su baja permeabilidad, tienden a comportarse como acuíclados o acuitardos, limitando el movimiento de agua subterránea en las zonas donde predominan estas litologías. Las vacuolas rellenas con zeolitas en los

materiales volcánicos también podrían actuar como zonas de almacenamiento de agua, aunque con capacidad limitada.

➤ **FORMACIÓN HUANCANÉ: Cretácico-inferior**

“La Formación Huancané reposa en discordancia erosional sobre el Grupo Mitú, aflora desde las partes altas de San Salvador-Huanca hasta Calca, en los flancos del Anticlinal de Vilcanota sobreyaciendo a su basamento o repetidas a manera de escamas tectónicas”. (Carlotto, et. Al., 1996).

La Formación Huancané está dividida en dos miembros:

“El Miembro Inferior que está compuesto por conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas cuarzosas blancas, que presentan canales en la base de los bancos y granulometría decreciente correspondiendo a secuencias de origen fluvial.” (Carlotto, 1992). Estas características indican un origen fluvial, lo que sugiere un comportamiento hidrogeológico favorable. Los conglomerados y las areniscas cuarzosas, debido a su alta porosidad y permeabilidad, pueden funcionar como acuíferos, permitiendo el almacenamiento y la circulación de agua subterránea a través de sus poros y espacios intersticiales. Esta unidad sería clave para la recarga de agua subterránea en la región.

El Miembro Superior que está compuesto por niveles calcáreos o por lutitas rojas y negras. Los niveles calcáreos, si están fracturados, pueden comportarse como acuíferos, permitiendo cierto grado de transmisión de agua subterránea. Sin embargo, las lutitas, debido a su baja permeabilidad, actúan principalmente como acuitardos, limitando el flujo de agua. Además, las barras arenosas masivas con laminaciones oblicuas, de origen eólico y fluvial, podrían presentar

cierta porosidad, aunque en menor grado que las capas inferiores, por lo que podrían comportarse como acuíferos locales en condiciones favorables.

➤ **GRUPO YUNCAYPATA – Cretácico inferior- Albiano**

Formación Maras-Albiano Medio

El afloramiento de la Formación Maras al suroeste de la zona de estudio presenta una disposición caótica debido a deformaciones diapíricas, con una mezcla de yesos, lutitas y escasas calizas. Hidrogeológicamente, los yesos tienen alta permeabilidad, lo que los convierte en posibles acuíferos locales, ya que su disolución genera porosidad secundaria que facilita el flujo de agua subterránea. Por otro lado, las lutitas rojas y verdes actúan como acuitardos o acuicludos, restringiendo el movimiento de agua, mientras que las calizas, aunque delgadas, pueden comportarse como acuíferos si están fracturadas o disueltas. (Carlotto, et. al, 1996).

La interacción entre estos materiales sugiere una complejidad hidrogeológica, donde los yesos y calizas podrían almacenar agua subterránea, pero las lutitas limitarían el flujo entre los cuerpos permeables. Esta dinámica es clave para evaluar el potencial hidrogeológico en los sectores de Chuecamayo, Pillahura, Qosqo Ayllu, Huancapampa y Chillinkay para la explotación de aguas subterráneas.

Formación Paucarbamba: Aptiano Superior-Albiano Inferior

La Formación Paucarbamba reposa concordantemente sobre la Formación Huancané y se encuentra en dirección al Nor-Este de la zona de estudio. Presenta una alternancia de areniscas calcáreas, margas y lutitas en secuencias depositadas en una plataforma litoral. Los primeros depósitos de la Formación Paucarbamba reposan sobre la superficie de

oxidación que afecta la última barra arenosa de la Formación Huancané. Hacia el techo parece pasar progresivamente a las lutitas y yesos de la Formación Maras. El espesor medido en Paucarbamba (Cuadrángulo de Urubamba 27-r) es de 50 metros, pero puede variar lateralmente, alcanzando hasta los 100 metros. (Carlotto et al., 1995b)

Hidrogeológicamente, las areniscas calcáreas tienen el potencial de actuar como acuíferos por su alta porosidad y permeabilidad, mientras que las margas, con permeabilidad moderada, funcionan como acuitardos. Las lutitas, por su baja permeabilidad, actúan de igual manera como acuitardos, limitando el flujo de agua subterránea.

b. Marco Geomorfológico

La zona de estudio se encuentra entre las siguientes grandes unidades geomorfológicas Altiplanicies y Cordillera Oriental. La altiplanicie se caracteriza por presentar zonas con relieves planos y altitudes que varían entre 4200 y 4300 msnm, relieves planos como las Pampas (Pampa de Maras) y las Montañas (Montañas del Cusco), incluyendo la Meseta de Sacsayhuaman. Así mismo la Cordillera Oriental, exhibe elevaciones con nevados y glaciares, destacando características de origen glaciar como circos glaciares y morrenas. Esta unidad abarca la cadena de nevados de Pitúsiray-La Verónica y valles intracordilleranos. Entre estas dos grandes unidades geomorfológicas se encuentra el Valle del Vilcanota-Urubamba, un valle interandino a 3000 msnm, que presenta terrazas amplias con un cauce de río irregular, formando canales entrelazados y con importantes conos aluviales, y es precisamente en este entorno donde se ubica nuestra área de estudio (Carlotto, et. Al., 1996).

c. Marco Estructural

A nivel estructural se tiene al anticlinal del Vilcanota con dirección NW-SE que afecta principalmente a las rocas aflorantes de las formaciones del grupo Mitu y grupo copacabana por lo cual en la parte NE se puede visualizar varias fallas inversas de dirección NW-SE, paralelas al anticlinal, también denominados sobre-escurrimientos que hacen repetir a las rocas volcánicas del Grupo Mitu, por otra parte en las quebradas se pueden observar fallas de rumbo sinestrales e inversas, cabe destacar que nuestra área de estudio se localiza en un valle que sigue la trayectoria del eje del anticlinal del Vilcanota (Carlotto et. al., 1996)

1.6.2.4.HIDROGEOLOGÍA

“Estudia el almacenamiento, circulación y distribución de las aguas terrestres en las zonas saturada y no saturada de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico y biológico y sus reacciones a la acción del hombre.” (Ordoñez Gálvez, 2011, pág. 11)

a. Agua Subterránea

Es el agua existente bajo la superficie del terreno. En concreto, es aquella situada bajo el nivel freático y que está saturando completamente los poros y fisuras del terreno. Esta agua fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, áreas de rezume, cauces fluviales, o bien directamente al mar. Puede también dirigirse artificialmente a pozos, galerías y otros tipos de captaciones. Se renueva de modo constante por la Naturaleza, merced a la recarga. Esta recarga procede principalmente de las precipitaciones, pero también puede producirse a partir de escorrentía superficial y cursos superficiales de agua

(sobre todo en climas áridos), de acuíferos próximos o de retornos de ciertos usos (destacan los retornos de los regadíos). El agua subterránea se desplaza muy lentamente por los acuíferos. Su velocidad media normal puede variar entre unos pocos decímetros, a algunos centenares de metros al cabo del año; sólo en el caso de acuíferos kársticos y rocas muy fracturadas, pueden existir conductos preferentes, por los que el agua puede circular a velocidades similares a la de las corrientes superficiales. (López, Fornés, Ramos, & Villarroya Gil, 2009)

“El agua del ciclo hidrológico que se infiltra en el suelo atravesando dos grandes zonas del perfil de infiltración: la Zona de Aireación (denominada Zona No Saturada o Vadosa) y la Zona Saturada o de Saturación” (Yoshinaga & Albuquerque, 2000, pág. 147).

Zona no saturada.

La porosidad del suelo retiene aire y agua debido a las tensiones capilares, lo que resulta en una presión efectiva menor que la presión atmosférica. Se puede dividirse en tres partes:

La subzona del suelo (o edáfica).

La capa abarca desde la superficie del terreno hasta la profundidad alcanzada por las raíces, y está atravesada por raíces, huecos dejados por raíces desaparecidas, pistas y canalículos abiertos por la fauna; en ella, la humedad del suelo varía mucho con los cambios estacionales de la vegetación.

La subzona intermedia.

El espesor de la capa varía de un acuífero a otro e incluso puede ser inexistente; la humedad del suelo apenas experimenta cambios estacionales en este estrato.

La franja capilar.

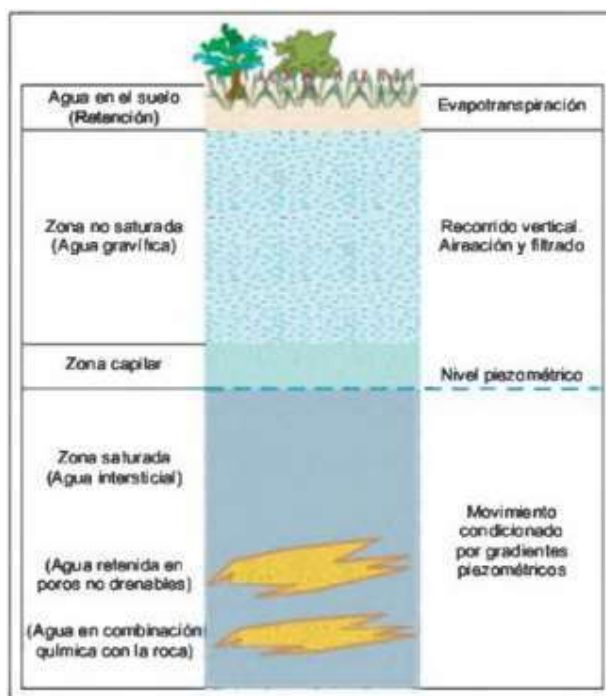
Este suelo retiene agua en poros, canalículos y fisuras debido a las tensiones capilares, y su elevación es mayor en suelos con granos y fisuras más finas.

Zona saturada.

En ella los poros están completamente rellenos de agua. Aquí la presión del agua es superior a la de la atmósfera y crece hidrostáticamente al aumentar la profundidad. El agua de esta zona se mueve de forma natural hacia ríos, lagos, mar, manantiales, etc. y de forma provocada hacia las captaciones subterráneas especialmente por bombeos, drenajes o galerías. (López, Fornés, Ramos, & Villarroya Gil, 2009, pág. 16) (ver figura 1)

Figura 2

Perfiles y movimiento del agua en el suelo y subsuelo.



Nota: Adoptado de *Ingeniería Geológica* (p. 269), por el autor Luis I. Gonzalez de Vallejo, 2002, Pearson Educación, S. A. editorial.

b. Formaciones Geológicas Y Su Comportamiento Frente Al Agua Desde el punto de vista hidrogeológico

Según Martínez, Martínez, & Castaño, (2006), “Desde el punto de vista hidrogeológico, estas formaciones suelen dividirse en cuatro grupos principales” (p .75).

Acuíferos

Es un estrato o capa de subsuelo que tiene la capacidad de almacenar y transmitir agua subterránea (gravas, arenas, materiales calizos, etc.). son formaciones con alta permeabilidad en las que se pueden excavar pozos y sondeos para satisfacer las demandas humanas, agricultura, industria, etc.

Acuitardos

Son formaciones semipermeables (limos, arenas limosas, arenas arcillosas, etc.) pueden retener mucha agua, pero su capacidad de transmisión del agua es lenta y es difícil de extraer en grandes cantidades mediante captaciones. En la naturaleza, desempeñan un papel crucial al transmitir agua durante las recargas verticales en extensas áreas.

Acuicludos

Estas formaciones son capaces de almacenar agua, pero tienen limitaciones para su transmisión y drenaje en condiciones naturales (arcillas, arcillas plásticas, limos arcillosos, etc.) y, por lo tanto, impide su explotación.

Acuífugos

Son formaciones ni almacenan ni transmiten agua como por ejemplo las rocas no alterado ni fracturado como granitos, gneises e incluso calizas muy compactas. Estas formaciones se consideran impermeables.

c. Desde el punto de vista de su textura

Acuíferos porosos

Estos materiales permeables, como gravas, arenas y arcosas, tienen porosidad intergranular que permite el almacenamiento y circulación del agua. Aunque pueden tener granos rellenos de material muy fino, que disminuyen su capacidad para almacenar y transportar agua, en algunos casos, los propios granos son porosos, lo que mejora aún más su capacidad como almacén de agua.

Acuíferos por fisuración

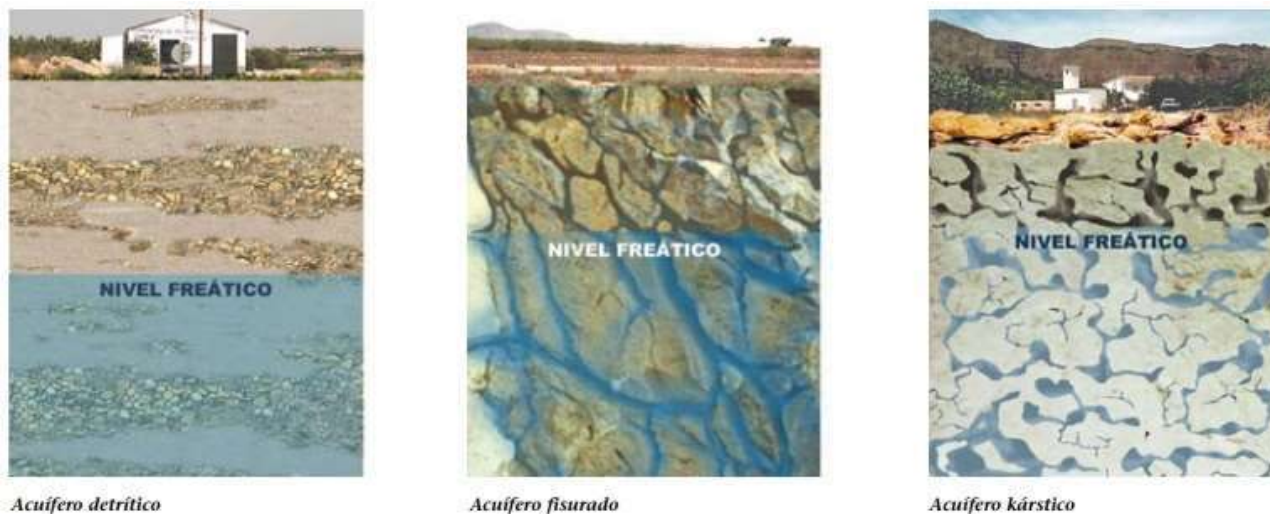
Las rocas sedimentarias consolidadas, ígneas y metamórficas presentan este tipo de porosidad característica. Estas rocas pueden contener agua en sus fisuras de distintos tamaños y densidades debido a procesos tectónicos.

Acuíferos por disolución

La permeabilidad se forma mediante la disolución de rocas carbonatadas (calizas, dolomías, etc.) a partir de fisuras y estratificación, generando redes tridimensionales de drenaje para el agua subterránea. Esta carstificación es un proceso que ocurre debido a la acción del agua en formaciones previamente fisuradas. (ver figura 2)

Figura 3

En función del tipo de materiales que constituyen el acuífero.



Nota: Adoptado de *Las aguas subterráneas Un recurso natural del subsuelo* (p. 19), por los autores Juan Antonio, Juan María Fornés, Gerardo Ramos, Fermín Villarroja, 2009, Instituto Geológico y Minero de España editorial.

d. SEGÚN SUS CIRCUNSTANCIAS HIDRÁULICAS Y ESTRUCTURALES

Acuíferos Libres

Son aquellos en los cuales existe una superficie libre del agua encerrada en ellos, que está en contacto directo con el aire y, por lo tanto, a presión atmosférica. En éstos, al perforar pozos que los atraviesen total o parcialmente la superficie obtenida por los niveles del agua de cada pozo forma una superficie real. (Custodio & LLamas, 1983, p. 264).

La recarga de este tipo de acuíferos ocurre principalmente mediante la infiltración de la precipitación a través del suelo o mediante la infiltración de agua proveniente de ríos o lagos.

Acuíferos cautivos o confinados

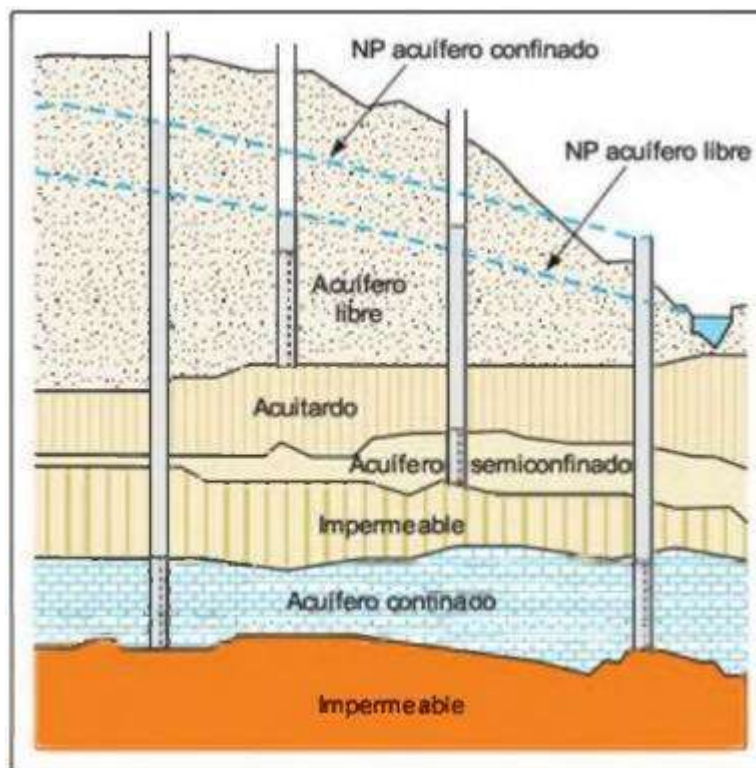
El agua de los mismos está sometida a una cierta presión, superior a la atmosférica, y ocupa la totalidad de los poros o huecos de la formación geológica que lo contiene, saturándola totalmente. Por ello, durante la perforación de pozos en acuíferos de este tipo, al atravesar el techo del mismo se observa un ascenso rápido del nivel del agua hasta estabilizarse en una determinada posición. De acuerdo con éste y la posición del nivel topográfico de la boca del pozo, pueden considerarse pozos surgentes o fluyentes aquellos en los cuales el nivel piezométrico está situado a cota superior de la boca del pozo y simplemente artesianos o a presión a los pozos en el mismo acuífero, pero cuyo nivel piezométrico quede por debajo de la superficie topográfica en los alrededores del mismo. (Custodio & LLamas, 1983, p. 264)

Acuíferos semiconfinados

Los materiales que los rodean no son todos impermeables; así, el paquete superior o semiconfinante lo constituyen formaciones semipermeables, que permiten el paso del agua de otros acuíferos superiores al inferior semiconfinado. Consecuentemente, la velocidad de reacción de estos acuíferos ante un bombeo es más moderada que en los cautivos y los radios de influencia tienen valores medios entre los libres y los cautivos. (González de Vallejo, 2002, p. 266) (ver siguiente figura)

Figura 4

Acuíferos, según sus circunstancias hidráulicas y estructurales.



Nota: Adoptado de *Ingeniería Geológica* (p. 269), por el autor Luis I. Gonzalez de Vallejo, 2002, Pearson Educación, S. A. editorial.

e. PRUEBAS DE BOMBEO EN POZOS

Una prueba de bombeo evalúa las características de un pozo y el acuífero donde se encuentra. Consiste en bombear agua a caudal constante o variable y medir las variaciones del nivel del agua en el pozo y, si existen, en pozos cercanos. Esto permite analizar la calidad de construcción, las pérdidas por fricción, el caudal óptimo de bombeo y la ubicación ideal de la bomba.

En relación al acuífero, proporciona información sobre su transmisividad, coeficiente de almacenamiento, comunicación entre zonas, barreras impermeables cercanas y áreas de recarga. También permite estimar parámetros con cierto margen de error respecto a las condiciones naturales.

El bombeo genera un descenso en el nivel de agua, más pronunciado en el pozo y decreciente con la distancia. Esto forma un cono de bombeo, delimitado por el radio de influencia, donde la superficie piezométrica dinámica refleja los niveles durante el bombeo, mientras que el nivel estático corresponde al estado inicial del acuífero antes de la extracción. (Villanueva Martinez & Iglesias Lopez, 1984)

f. Parámetros Hidrológicos Fundamentales

Porosidad

La porosidad es la relación entre el volumen de huecos y el volumen total de una roca. Es un parámetro adimensional y depende únicamente de la constitución de la roca o suelo, es decir, de su textura característica, sin que intervenga la forma geométrica ni la potencia de la formación o su mecanismo de funcionamiento hidráulico en la naturaleza. Según el tipo de formación, los poros pueden ser debidos a espacios intergranulares, en las formaciones detríticas, o a grietas y fisuras, en el caso de rocas fisuradas o cársticas; el concepto de porosidad puede asociarse a unas y otras. La porosidad de una formación puede estar ligada únicamente a la textura de la misma o depender además de las características del fluido que se mueve en su interior. La primera de ellas es la porosidad total n , referida al volumen total de poros, independientemente de que el fluido tenga o no la capacidad de circular entre ellos. (González de Vallejo, 2002).

$$n = \frac{\text{volumen de los poros}}{\text{volumen total}}$$

El segundo concepto es la porosidad eficaz n_e , también denominada porosidad cinemática, referida al volumen de poros conectados por los que el transporte de fluido es posible, y queda ligada no solo a la textura de la formación, sino también a las características del fluido.

$$N_e = \frac{\text{volumen de los poros conectados}}{\text{volumen total}}$$

Permeabilidad o conductividad hidráulica (k)

Medida de la facilidad con la que el agua circula a través de los distintos estratos depende de la naturaleza del medio poroso y de las propiedades físicas del fluido.

$$Q = K * A * \left(\frac{h}{l}\right)$$

Siendo k el coeficiente de permeabilidad, A = área de la sección, a través de la cual se produce el flujo del agua, h la diferencia de carga entre la entrada y la salida de la vasija y l el recorrido que debe realizar el agua (Custodio & LLamas, 1983).

Si tenemos en cuenta que:

$$V = \frac{Q}{A}$$

siendo v la velocidad media, resulta

$$\frac{Q}{A} = V = K \frac{h}{l}$$

llamado el gradiente hidráulico $i = h/l$, resulta:

$$V = K.i. \quad ; \quad K = \frac{V}{i}$$

Este parámetro k o coeficiente de permeabilidad, tiene las dimensiones de una velocidad, ya que la ecuación dimensional es:

$$(K) = \frac{\frac{L^3}{T}}{\left(\frac{L}{L}\right)L^2} = \frac{L}{T}$$

Transmisividad

La ley de Darcy ha sido expresada como $Q = k \cdot A \cdot i$. Ahora bien, si la sección A igual a la del acuífero tiene una longitud L y una altura b, tendremos

$$A = b \cdot L$$

y la ley de Darcy se puede escribir como

$$Q = K \cdot b \cdot L \cdot i$$

Al producto $K \cdot b$ se le llama transmisividad y se designa por T, quedando la ley de Darcy en la forma:

$$Q = T \cdot L \cdot i$$

El concepto de transmisividad fue introducido por Theis en 1935, y se define como el caudal que se filtra a través de una franja vertical de terreno, de ancho unidad y de altura igual a la del manto permeable saturado bajo un gradiente unidad a una temperatura fija determinada. Sus dimensiones son las de una velocidad por una longitud, es decir. (Custodio & LLamas, 1983, pág. 263)

$$(T) = [L]^2 \cdot [T]^{-1}$$

Los acuíferos muy permeables pueden tener baja transmisividad debido a su bajo espesor, a pesar de su buena textura.

Coefficiente de almacenamiento

De esta forma el coeficiente de almacenamiento se define como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero de sección igual a la unidad y altura igual a la del acuífero saturado si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico o de carga hidráulica. El coeficiente de almacenamiento, representado por S , no tiene dimensiones. los acuíferos libres el coeficiente de almacenamiento es igual a la porosidad eficaz. (Custodio & LLamas, 1983)

Ley de Darcy

Fue enunciada por su autor en 1856, después de diversos trabajos y experimentaciones. Establece que el caudal Q que es capaz de atravesar un medio permeameable, es proporcional al área de paso del medio permeable A , normal al flujo, y al gradiente de niveles piezométricos entre la entrada y la salida del flujo en el medio permeable, i . La constante de proporcionalidad es la permeabilidad del medio, en la que quedan incluidas las características del fluido, es decir, es la permeabilidad efectiva, conductividad de Darcy o conductividad hidráulica. En consecuencia y con carácter global. (González de Vallejo, 2002, p. 274)

$$Q = kAi$$

siendo:

Q : caudal de paso [L^3T^{-1}]

K: permeabilidad de Darcy [LT^{-1}]

A: área de paso [L^2]

i: gradiente piezométrico

El movimiento del agua subterránea se rige por la Ley de Darcy:

$$q = K(\Delta h / \Delta l) = Ki \quad ; \quad i = (dh/dl)$$

i= Gradiente hidráulico = Energía requerida para mover el agua Δl

K = Conductividad hidráulica (m/d)

g. TEORÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE BOMBEO

La teoría de las pruebas de bombeo está basada en las leyes fundamentales de la hidráulica en medios porosos que resultan de la aplicación de la Ley de Darcy de medios porosos al teorema de la continuidad.

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} + \frac{F}{K} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t}$$

donde:

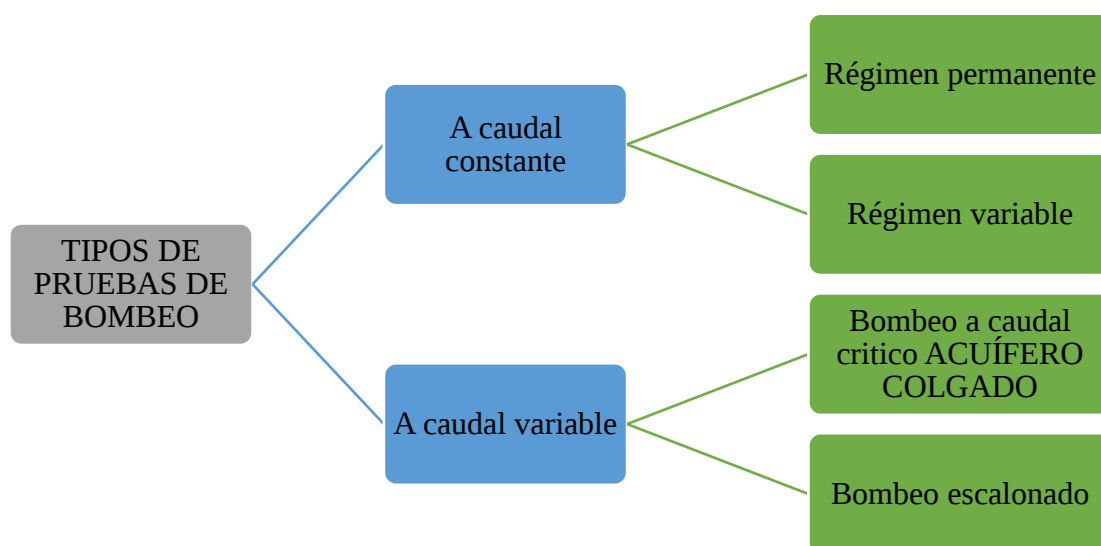
- H = potencial hidráulico (nivel piezométrico).
- F = recargas exteriores (verticales, lluvias, etc.).
- K = permeabilidad del acuífero.
- S = coeficiente de almacenamiento.
- T = transmisividad del acuífero.
- t = tiempo.

La ecuación fundamental representa matemáticamente una conclusión:

La diferencia entre la cantidad de agua que ingresa y la que sale a través de las caras de un cubo poroso ideal, debido a las diferencias en el nivel piezométrico entre este y las zonas adyacentes del acuífero, sumada a las aportaciones externas al sistema, debe ser igual a la variación del almacenamiento, es decir, al volumen de agua que se acumula o se vacía en dicho cubo.

Figura 5

Tipos de pruebas de bombeo.



Nota: Adoptado de *Pozos y Acuíferos: Técnicas de Evaluación mediante Ensayo de Bombeo* (p. 26), por el autor Manuel Villanueva M, Alfredo Iglesias L., 1984, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, editorial.

Prueba De Bombeo A Caudal Constante

En este tipo de pruebas, el caudal de bombeo se mantiene constante durante un período de tiempo determinado. Las pruebas de bombeo a caudal constante se utilizan para determinar las propiedades hidráulicas del acuífero, como la transmisividad, la conductividad hidráulica y el coeficiente de almacenamiento. (López Guillermo, 2022)

Régimen permanente: Se utiliza en pozos ubicados en acuíferos confinados, libres y semiconfinados para hallar valores de transmisividad, radio de influencia (si hay pozo de observación), incluso pérdidas de carga en el pozo haciendo la interpretación del ensayo mediante un método adecuado de acuerdo con el tipo de acuífero

En régimen variable: (cuando depende del tiempo) se usa para el mismo tipo de acuíferos descritos anteriormente, siendo interpretada la variación y evolución de los niveles a lo largo de la prueba. (Villanueva Martinez & Iglesias Lopez, 1984)

Para realizar las pruebas de bombeo a caudal constante, se requiere que en los pozos sean válidas las hipótesis teóricas con las cuales fueron deducidas las ecuaciones que gobiernan la hidráulica de pozos:

- El pozo penetra totalmente en el acuífero.
- El acuífero es horizontal y de extensión infinita.
- El medio acuífero es homogéneo e isotrópico.
- El flujo es radial hacia el pozo.

Prueba De Bombeo A Caudal Variable

En este tipo de pruebas, el caudal de bombeo se cambia de forma sistemática durante un período de tiempo determinado. Las pruebas de bombeo a caudal variable se utilizan para determinar las mismas propiedades hidráulicas que las pruebas de bombeo a caudal constante, pero con mayor precisión. (López Guillermo, 2022)

1.6.2.5.GEOMORFOLOGÍA

La Geomorfología es el estudio de las formas del relieve terrestre y sus procesos de formación. El nombre deriva de tres palabras griegas, geo (tierra), morfé (forma), logos (estudio). Constituye una de las partes de la Geografía Física o Fisiografía. La superficie de la Tierra está constituida por multitud de formas diferentes que, descritas e interpretadas adecuadamente, pueden ser aisladas y clasificadas de manera coherente. La conjunción de estas formas en un área determinada es lo que confiere un carácter específico a los diversos paisajes que conforman el escenario de la actividad humana. (A. Gutiérrez, 2004, p. 4)

1.6.2.6.HIDROLOGÍA

Villón (2002) “La hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades físicas y químicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos”. (p. 14)

a. Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico es el responsable de la distribución del agua y de su renovabilidad. En síntesis, el ciclo comienza por el movimiento del agua en sus diversos estados físicos: ella es evaporada por los océanos y se mueve a través de la atmósfera. El agua después se condensa y cae en forma líquida en el océano, en el continente o revaporiza sin llegar a la tierra o el mar. La precipitación que llega al continente hace varias trayectorias del ciclo hidrológico. Una parte se condensa en estado sólido y forma los glaciares, o precipita en forma de nieve, o la lluvia y/o deshielo se escurre y forma un canal de drenaje. El canal de drenaje formará ríos, lagos, etc. y esos cursos de agua podrán llegar hasta el mar reiniciando el ciclo, volviendo el agua a la atmósfera. (Yoshinaga & Albuquerque, 2000, p. 140)

b. Efecto de la sequía en las fuentes de agua

La reducción de lluvia ocasiona la disminución de los escurrimientos, lo cual provoca descenso de nivel y volumen en los cuerpos receptores, incluso hasta situaciones críticas en las que las presas y lagos se sequen, así como que el nivel de los acuíferos disminuya sensiblemente. Esta sequía, por su persistencia, puede causar daños severos a la población, ya que los efectos y la recuperación son a largo plazo y afectan a los sectores sociales y económicos más desarrollados o que han hecho grandes inversiones, que en esta situación permanecen ociosas y se deterioran sin remedio. Con mayor razón, también afecta severamente a los pequeños productores y usuarios del agua, dada su menor capacidad de resistir la emergencia. (Israel, Leonel, & Carlos, 2005)

c. Ecuación de Balance Hídrico

El balance hídrico consiste en aplicar el principio de la conservación de la masa en una cuenca o en parte de ésta. El balance hídrico no es más que la aplicación de la conservación de masa (ecuación de la continuidad) a una cierta región definida por unas determinadas condiciones de contorno. La diferencia entre el total de entradas y el total de salidas debe ser igual al cambio de agua en almacenamiento en ese volumen. Se puede establecer balances generales, que incluyen las aguas superficiales y subterráneas. (Custodio & LLamas, 1983, p. 2241)

$$\text{ENTRADAS (E)} - \text{SALIDAS (S)} = \text{Variación en el almacenamiento.}$$

Tabla 3

Componentes del Balance Hidrológico de agua superficial y agua subterránea según.

Ecuación de Balance: Agua superficial	Ecuación de Balance. Agua subterránea
$P + Q_{in} - Q_{out} + Q_g - E_s - T_s - I = \Delta S_s$ Donde: • P = Precipitación • Q_{in} = Flujo superficial de entrada • Q_{out} = Flujo superficial de salida • Q_g = Descarga de agua subterránea al arroyo • E_s = Evaporación de agua superficial • T_s = Evapotranspiración • I = Infiltración • ΔS_s = Cambio de almacenamiento agua superficial	$I + G_{win} - G_{wout} - Q_g - E_g - T_g = \Delta S_s$ Donde: • I=Infiltración • G_{win}=Flujo subterráneo de entrada • G_{wout}=Flujo subterráneo de salida • Q_g=Descarga de agua subterránea al arroyo • E_g= Evaporación • T_g=Evapotranspiración • ΔS_g =Cambio de almacenamiento agua subterránea
Ecuación de Balance. Agua Superficial +Agua subterránea $P - (Q_{out} - Q_{in}) - (E_s + E_g) - (T_s + T_g) - (G_{wout} - G_{win}) = \Delta(S_s + S_g)$	

Nota. Fuente: Centro de capacitación minera CECAMIN

d. Cuenca Hidrográfica

Yoshinaga & Albuquerque (2000) “La Cuenca Hidrográfica está limitada por los divisores topográficos, y es el área donde los canales de escorrentía de las aguas se dirigen hacia un punto particular de descarga” (p. 142).

e. Delimitación Y Codificación De Cuencas Hidrográficas Del Perú

El sistema Pfafstetter, fue desarrollado en 1989 por Otto Pfafstetter y adoptado como estándar internacional en 1997 por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), asigna IDs a unidades de drenaje basándose en la topología del terreno. Es jerárquico y comienza con unidades continentales en el nivel 1, y luego se subdividen en mosaicos más pequeños en niveles superiores. Cada unidad recibe un código específico basado en su ubicación en la red de drenaje.

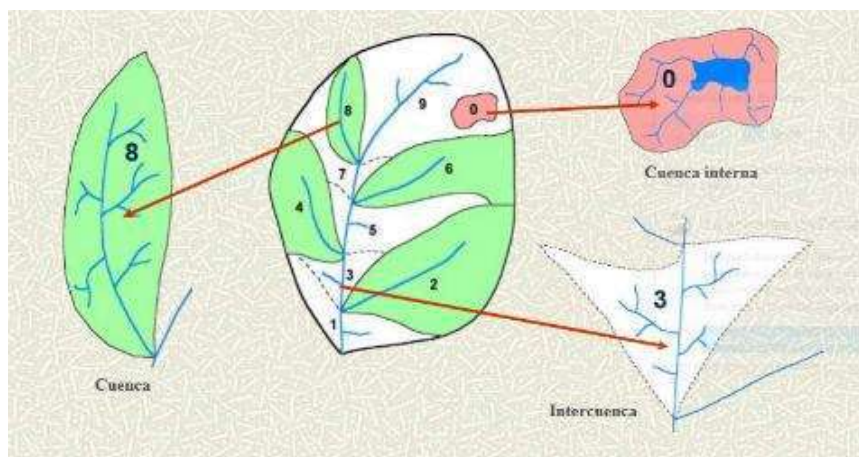
Es una herramienta valiosa para entender y gestionar la red de drenaje de manera más precisa y efectiva.

Las unidades de drenaje son divididas en 3 tipos:

Cuencas, intercuenas y cuencas internas. Una cuenca Pfafstetter es un área que no recibe drenaje de ninguna otra área. Una intercuenca Pfafstetter es un área que recibe drenaje de otras unidades aguas arriba. Y una cuenca interna es un área de drenaje que no contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua, tales como un océano o lago. (Aguirre, Ruiz, & Torres, 2005) (ver figura 4).

Figura 6

Unidades de drenaje.



Nota: Adaptado de *delimitación y codificación de cuencas hidrográficas del Perú* (p. 7), por los autores Mario Aguirre, Rosa Ruiz y Humberto Torres, 2005.

Metodología Pfafstetter

El método clasifica la importancia de los ríos según el área de su cuenca hidrográfica. Se distingue entre río principal y tributario en función del área drenada, siendo el río principal aquel con la mayor área. Se denominan cuencas a las áreas drenadas por los tributarios y intercuenas a

las áreas drenadas por el río principal. Esta clasificación permite entender la jerarquía y la influencia de cada río en la cuenca hidrográfica.

El proceso de codificación

Consiste en: subdividir una cuenca hidrográfica, cualquiera que sea su tamaño, determinándose los cuatro mayores afluentes del río principal, en términos de área de sus cuencas hidrográficas. Las cuencas correspondientes a esos tributarios son enumeradas con los dígitos pares (2, 4, 6 y 8), en el sentido desde la desembocadura hacia la naciente del río principal. Los otros tributarios del río principal son agrupados en las áreas restantes, denominadas intercuenas, que reciben, en el mismo sentido, los dígitos impares (1, 3, 5, 7 y 9) ver figura 5. Cada una de esas cuencas e intercuenas, resultantes de esa primera subdivisión, pueden ser subdivididas de la misma manera, de modo que la subdivisión de la cuenca 8 genera las cuencas 82, 84, 86 y 88 y las intercuenas 81, 83, 85, 87 y 89. El mismo proceso se aplica a las intercuenas resultantes de la primera división, de modo que la intercuenca 3, por ejemplo, se subdivide en las cuencas 32, 34, 36 y 38, y en las intercuenas 31, 33, 35, 37 y 39. Los dígitos de la subdivisión son simplemente agregados al código de la cuenca (o intercuenca) que está siendo dividida. Una complicación puede aparecer en que las dos unidades finales y más altas del río principal, son cuencas. En este caso la unidad que presente mayor área de drenaje es asignado el código “9” y la otra, más pequeña, el código “8”. Si un área contiene cuencas internas, la cuenca interna más grande es asignado código “0” y las otras cuencas internas son incorporadas a las cuencas o intercuenas aledañas. (Aguirre, Ruiz, & Torres, 2005).

Figura 7

Proceso de codificación de la cuenca hidrográfica.



Nota: Adaptado de delimitación y codificación de cuencas hidrográficas del Perú (p. 7), por los autores Mario Aguirre, Rosa Ruiz y Humberto Torres, 2005.

1.6.2.7.HIDROGEOQUÍMICA

La hidrogeoquímica se limita al estudio de los aspectos geoquímicos del agua en sí y en sus relaciones con las rocas de la corteza terrestre. Ello aporta confirmaciones, ayuda a seleccionar la solución más verosímil entre varias posibles y plantea nuevas posibilidades a explorar. (Custodio & LLamas, 1983, p. 1007).

a. Representación gráfica de las características químicas y su utilidad.

El manejo y estudio de análisis químicos puede simplificarse con el empleo de gráficos y diagramas, en especial cuando se trata de hacer comparaciones entre varios análisis de aguas de un mismo lugar en épocas diferentes o de diferentes lugares. Estas gráficas y diagramas pueden poner de relieve variaciones temporales, variaciones espaciales o bien resaltar relaciones entre los iones de una misma muestra. Las representaciones que tienen

por objeto resaltar la composición iónica de un agua para permitir compararla con otras aguas son los diagramas en sus diferentes variantes. Además, se deben considerar los hidrogramas químicos y los planos o mapas hidroquímicos. (Custodio & LLamas, 1983, p. 1037)

1.6.2.8. PROSPECCION GEOFISICA APLICADA A LA HIDROGEOLOGIA

La definimos como la ciencia y tecnica que, a partir de los fenomenos fisicos, naturales o propogadas, trata de conocer la distribucion de los materiales en el subsuelo y sus propiedades. Comenzo aplicandose principalmente a la investigacion petrolifera y minera. Posteriormente, se abordaron los temas de la geologia aplicada a la ingenieria y mas recientemente, los estudios hidrogeoloicos. (Custodio & LLamas, 1983, p. 1393).

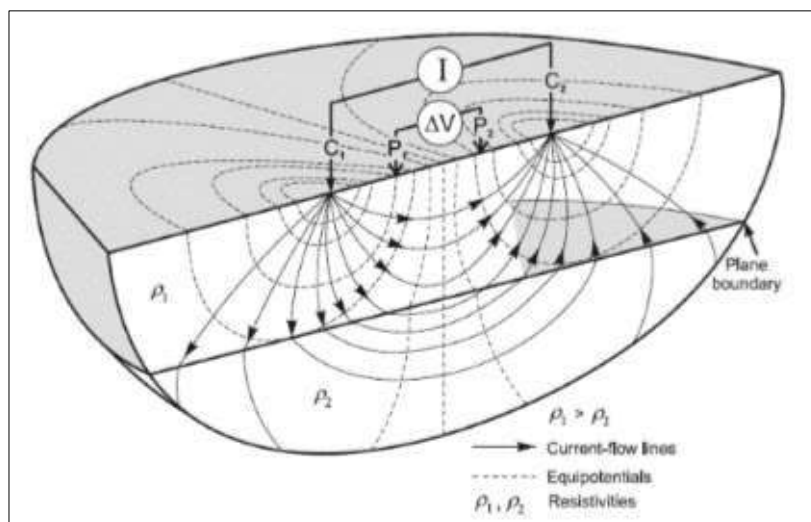
a. Metodo Resistivo Electrico

El método por resistividad proporciona mejores medidas cuantitativas de las propiedades conductoras del subsuelo, es sin duda, en todas sus modalidades el más importante de todos los métodos eléctricos. El 70% de los estudios de geofísica realizados para estudios hidrogeológicos utilizaron los métodos eléctricos. El objetivo de este método se basa en obtener una sección 2-D de resistividades reales del subsuelo, modelo a partir del cual podremos determinar la presencia o no de filtraciones de agua en profundidad, mediante la localización de áreas en donde tengamos una disminución anómala del valor de la resistividad del terreno. Para ello será preciso el empleo de un programa de inversión, con el que transformamos las resistividades aparentes obtenidas de la campaña de campo, a valores de resistividad real. Los métodos de resistividad de corriente continua (CC) utilizan fuentes artificiales de corriente para producir un campo de potencial eléctrico en el suelo.

En casi toda la resistividad métodos, se introduce una corriente en el suelo a través de electrodos puntuales (C1, C2) y el campo potencial se mide usando otros dos electrodos (el electrodo de potencial P1 y P2), como se muestra en la Fig. 6. La fuente de corriente puede ser corriente continua o corriente alterna de baja frecuencia (0,1 - 30 Hz). El objetivo de generar y medir el campo de potencial eléctrico es determinar la distribución de resistividad espacial (o su recíproco - conductividad) en el suelo. Como el potencial entre P1 y P2, la corriente introducida a través de C1 y C2, y la configuración del electrodo son conocidos, la resistividad del suelo puede ser determinado; esto se conoce como la "resistividad aparente. (Knodel K., G. Lange, H.-J. Voight, 2007)

Figura 8

Principio de medición de resistividad con una matriz de cuatro electrodos.

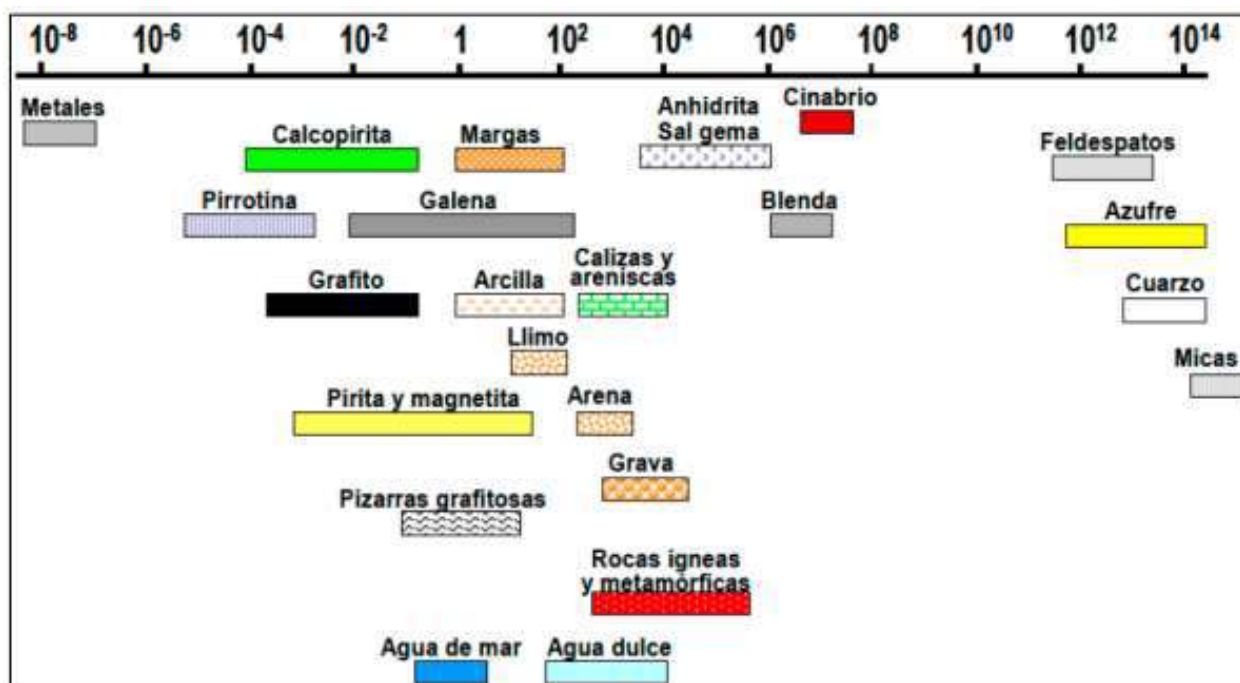


Nota. Fuente: Adoptado de Voight. *Environmental Geology Handbook of Field Methods and Case Studies* (P. 205), por el autor Knödel K., G. Lange, H.-J. (2007). Springer (Undesanstalt Für Geowissenschaften Und Rohstoffe) Germany.

Por consiguiente, la resistencia de rocas y suelos depende del tamaño de sus poros, distribución y resistencia del líquido que los llena. Esto es comprensible porque es imposible clasificar los suelos según su resistividad, ya que esta propiedad eléctrica depende de la porosidad, fracturamiento, el contenido del agua u otro líquido. A continuación, se presentan los valores de los materiales geológicos más comunes en ohm-metros. (ver fig. 7)

Figura 9

Valores de resistividad más comunes en rocas y minerales.



Nota. Adoptado de *Prospección geo eléctrica de corriente continua* (p. 75), por el autor Orellana E. (1972), Editorial Paraninfo.

b. Método De Tomografía Eléctrica

El estudio de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE), comúnmente encontrado en la bibliografía como ERT, abreviación de Electrical Resistivity Tomography o "Electricallmaging"

(Dahlin, 2001), que es un método que permite investigar la variación de la resistividad del subsuelo a profundidad y lateralmente.

La obtención de datos es de manera vertical y horizontal, que se acoplan entre sí en un solo proceso (imágenes 2D de resistividad), lo que incide en datos indirectos para investigar y comprender estructuras geológicas complejas con cambios sustanciales en resistividad lateral y vertical.

El proceso de generación de la tomografía eléctrica por medio de la inversión, inicia a partir de los datos de resistividad aparente, que fueron medidos en campo, los cuales son representados en un pseudoperfil. Siendo así que los valores de resistividad aparente son tratados para evitar errores en el cálculo posterior, de ahí que son introducidos en un programa de inversión, dicho proceso da como resultado una imagen de resistividades y profundidades reales, con las que se realizara la interpretación y correlación de las estructuras geológicas a fin de delimitar las anomalías y de lograr una interpretación coherente.

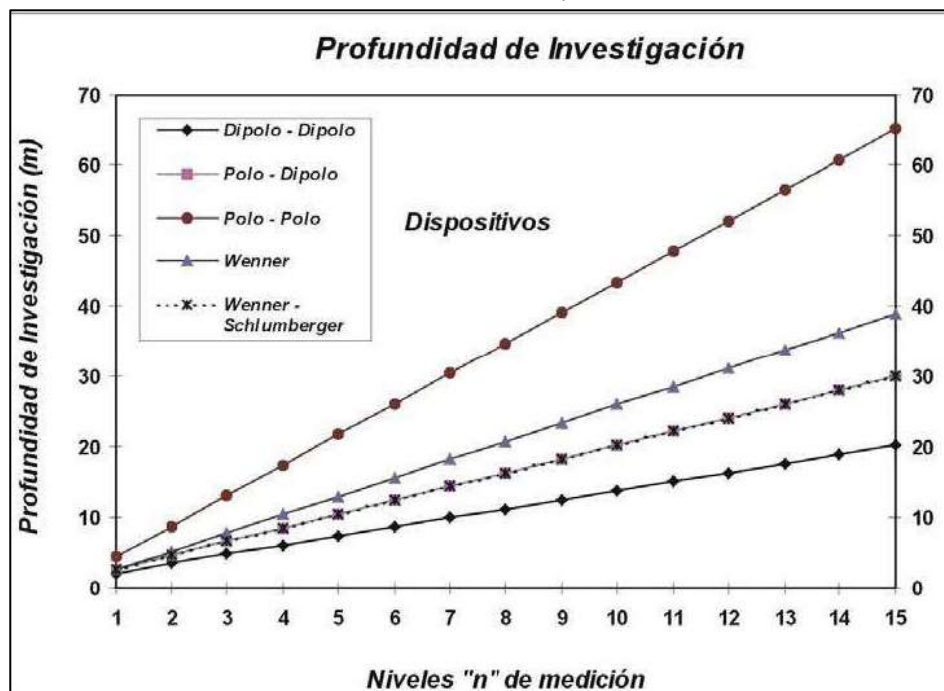
c. Profundidad De Investigación

La siguiente figura muestra la profundidad media a la que cada dispositivo puede investigar, lo que nos ayuda a entender hasta qué punto podemos sondear con un dispositivo específico. Es importante tener en cuenta que estas profundidades son aplicables en un modelo de tierra homogéneo. Sin embargo, si hay heterogeneidades marcadas o grandes contrastes en la resistividad de los materiales del subsuelo cerca de la superficie, podría haber distorsiones en la profundidad real de investigación. (López, et al. 1999, p.16).

Los valores de profundidad son determinados al integrar la función de sensibilidad con la profundidad (Edwards, 1977).

Figura 10

Número máximo de horas Profundidades Medias de Investigación Sobre un Medio Homogéneo de Resistividad para los Dispositivos Dipolo-Dipolo, Polo-Dipolo, Wenner y Wenner –Schlumberger Obtenidas para una Distancia Interelectródica de 5 Metros y Distintos Niveles.



Nota. Fuente: Loke, 2002.

d. SENSIBILIDAD

La sensibilidad es una función que básicamente nos muestra el grado en que un cambio en la resistividad de una sección del subsuelo influirá en la medida del potencial. A valores más altos de la función de sensibilidad, mayor es la influencia de la región del subsuelo sobre la medida (McGillivray and Oldenburg, 1990).

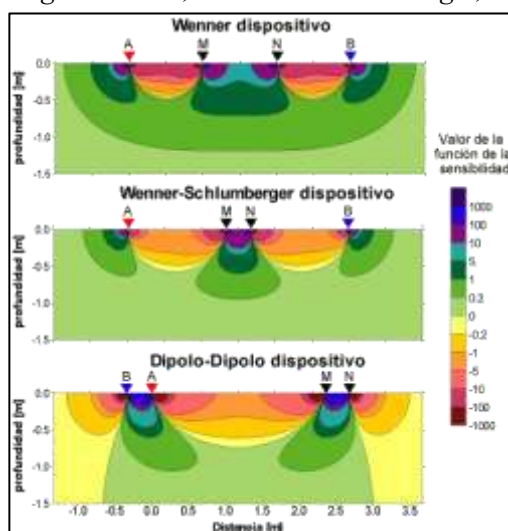
Los valores negativos indican la disminución de la resistividad aparente medida cuando la estructura en esa área tiene una mayor resistividad que el área circundante. Siempre se producen sensibilidades negativas en el espacio entre un electrodo de corriente (C1 y C2) y uno de potencial

(P1 y P2), mientras que la sensibilidad es siempre positiva entre dos electrodos de corriente y entre dos electrodos de potencial.

En la figura se observa los ejemplos de sensibilidad en un semiespacio homogéneo que se generan para arreglos Wenner, Wenner – Schlumberger, Dipolo-Dipolo

Figura 11

Sensibilidad de varios conjuntos de electrodos, ejemplos de sensibilidad 2-D distribución en un semiespacio homogéneo para arreglos Wenner, Wenner – Schlumberger, Dipolo-Dipolo

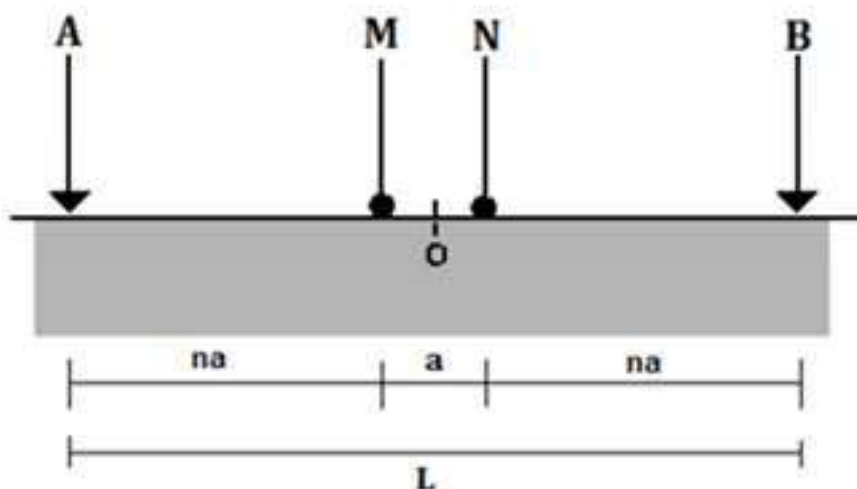


Nota. Fuente: Loke, 2002.

e. CONFIGURACIÓN DE ARREGLO WENNER-SCHLUMBERGER

Este arreglo es una combinación de los arreglos Wenner y Schlumberger (Pazdirek y Blaha, 1996) o sea un híbrido. Se denomina así debido al movimiento lateral que se aplica al arreglo Schlumberger. Los electrodos AMNB se colocan simétricamente en línea, con una distancia mucho menor entre los electrodos de potencial MN que entre los electrodos de corriente AB. Por lo tanto, este arreglo es sensible tanto a las estructuras verticales (cambios en la resistividad horizontal) como a las horizontales (cambios en la resistividad vertical). La profundidad de investigación media es aproximadamente un 10% mayor que la del arreglo Wenner.

La fuerza de su señal es mayor que la del arreglo Dipolo-Dipolo, pero menor que la del arreglo Wenner (Loke, 2010).



Disposición de los electrodos en el arreglo Wenner-Schlumberger (Chelottiy Acosta, 2010).

Su ecuación para determinar la resistividad aparente es la siguiente:

$$\rho_a = \pi n(n+1)a \frac{\Delta V}{I} \quad ; k = \pi n(n+1)a$$

Ventajas del arreglo wenner-schlumberger:

Mejor resolución vertical y lateral: Ofrece una alta resolución en la detección de cambios de resistividad tanto en la dirección vertical como horizontal.

Sensibilidad a estructuras verticales y horizontales: Capaz de detectar cambios en la resistividad en ambas direcciones, lo que lo hace versátil para diversas aplicaciones geofísicas.

Profundidad de investigación incrementada: Permite investigar capas más profundas del subsuelo, con una profundidad aproximadamente un 10% mayor que el arreglo Wenner estándar.

Buena relación señal-ruido: Proporciona una señal fuerte que facilita la detección de variaciones en la resistividad eléctrica.

Desventajas del arreglo wenner-schlumberger:

Mayor complejidad en la configuración: Requiere una configuración específica de los electrodos, lo que puede aumentar la complejidad durante su implementación.

Costo y tiempo: Puede requerir más recursos y tiempo en comparación con métodos más simples debido a la necesidad de posicionar los electrodos de manera precisa.

Sensibilidad a la geometría del terreno: La presencia de irregularidades en la superficie del terreno puede afectar la interpretación de los datos.

Limitaciones en terrenos complicados: La interpretación de los datos puede ser más difícil en terrenos con alta heterogeneidad o presencia de materiales altamente conductivos o resistivos.

1.7.HIPÓTESIS

1.7.1. Hipótesis General

El potencial hidrogeológico del channel belt del río vilcanota en los sectores de estudio son favorables para la formación de acuíferos, debido a la presencia de depósitos cuaternarios aluviales y fluviales los cuales actúan como acuíferos, dadas sus características hidrogeológicas adecuadas.

1.7.2. Hipótesis Específico

1. En el área de estudio, los depósitos cuaternarios aluviales, fluviales y coluviales se caracterizan por tener gravas, arenas y limos, estos actúan como acuíferos según sus propiedades hidráulicas (porosidad, permeabilidad y conductividad hidráulica) (Quiliche Carrasco, 2021)
2. Basándonos en los antecedentes de estudio (Churata & Arque, 2019) cuya investigación tiene características similares a nuestra zona de estudio podríamos afirmar que en la parte superior del perfil litológico se encontrarían depósitos cuaternarios aluviales y fluviales.
3. Las pruebas de bombeo en los pozos existentes en el área de estudio proporcionarán información clave sobre las propiedades hidráulicas del acuífero, incluyendo su capacidad de flujo, permeabilidad y respuesta a la extracción de agua, de esta manera se comprendería mejor su comportamiento hidráulico.
4. De acuerdo a las propiedades hidráulicas y la dinámica del agua subterránea de los pozos existentes en los sectores de estudio se revelarán patrones que permitirán comprender mejor las características hidrogeológicas

5. La calidad de las aguas existentes en el área de estudio según Fetter, C. W. (1999). Contaminant hydrogeology (2nd ed.). Prentice Hall, dependerá de los contaminantes del río y las distancias de los pozos con respecto al cauce del río, algunas serían aptas para consumo humano y otro previo tratamiento con filtros de ósmosis inversa, respaldamos esta hipótesis por la presencia de pozos existentes en el área de estudio.

1.8. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

1.8.1. VARIABLES

- ✓ **Potencial hidrogeológico:** Es la capacidad del acuífero para almacenar, transmitir y drenar agua subterránea.
- ✓ **Channel belt del río Vilcanota o “cinturón de canal”:** Se refiere a la zona en la que el río o sistema fluvial Vilcanota ha migrado lateralmente a lo largo del tiempo, formando una serie de canales, barras de arena, bancos y llanuras de inundación.
- ✓ **Explotación de aguas subterráneas:** Es la extracción de agua almacenada en los acuíferos de la zona de estudio mediante pozos u otros métodos de captación.

1.8.2. Dimensiones

- Composición litológica
- Hidrología
- Hidrogeología
- Hidrogeoquímica
- Geofísica

1.9.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.9.1. Tipo de Investigación

Según el autor Roberto Marroquín Peña describe la investigación aplicada como aquella que tiene como objetivo la solución de problemas concretos o la toma de decisiones en la práctica. Se enfoca en la aplicación de conocimientos y la generación de soluciones prácticas a través de la investigación (MARROQUÍN PEÑA , 2011).

La presente tesis se enmarca en una investigación de tipo aplicada, ya que tiene como objetivo principal realizar una evaluación de las características hidrogeológicas en el channel belt del rio Vilcanota para la explotación de aguas subterráneas en los sectores de Chuecamayo, Pillahura, Qosqo Ayllu, Huancapampa y Chillinkay del distrito de San Salvador - Calca - Cusco.

1.9.2. Nivel de investigación

Según el autor Roberto (MARROQUÍN PEÑA , 2011) “La investigación descriptiva, tiene como propósito principal la descripción de las características de determinadas poblaciones o fenómenos, así como la explicación de las relaciones entre las variables de estudio”.

La presente tesis se enfoca en una investigación descriptiva porque analiza las características y el comportamiento de las aguas subterráneas. Se describirán en detalle las variables como el Potencial hidrogeológico, el Channel belt del rio Vilcanota y la Explotación de aguas subterráneas. El objetivo es proporcionar conocimiento para la explotación de agua subterránea en área de estudio.

1.9.3. Diseño de investigación

1. Según, (MARROQUÍN PEÑA , 2011) “Una investigación es transversal cuando se recolectan datos en un solo momento para describir variables y analizar su relación en ese momento”. La presente tesis se enfoca en una investigación transversal porque recolectamos datos en un solo momento como: Geológicos (Litología, Estratigrafía, Estructuras geológicas), Geomorfológicos (Topografía, relieve del terreno), Hidrológicos (Caudales, precipitación, temperatura), Hidrogeológicos (Niveles freático, Pruebas de bombeo, parámetros hidráulicos), Geofísicos (Perfiles geofísicos, resistividad del suelo), Físico-Químicos (pH, conductividad, TDS, ORP, Sales totales, Temperatura).

1.9.4. Etapas de la Investigación

1.9.4.1. Etapa de Recopilación de Información (Gabinete I)

Durante esta etapa, se ha realizado la identificación de la zona de estudio, seguida de una exhaustiva revisión bibliográfica y recopilación de información preliminar relevante sobre el tema de investigación. Entre los aspectos considerados se encuentran:

- Carta Geológica Nacional a escala 1:50,000 (actualizada desde el año 2004 al presente)
- Geología de los Cuadrángulos de Urubamba y calca.
- Geología del cuadrángulo de Cusco, hoja 28-s, escala 1:50,000
- Mapa geológico del cuadrángulo de Calca 27-s y Cusco 28-s
- Tesis de identificación de acuíferos para la captación de agua subterránea mediante el estudio hidrogeológico del distrito san salvador-cusco.

1.9.4.2.Etapa de campo

- El trabajo de campo se ha llevado mediante varias visitas al área de estudio con el objetivo de recopilar una amplia cantidad de datos. Estas salidas de campo se realizaron en diferentes ocasiones para garantizar una recopilación exhaustiva de información.
- Se ha realizado un reconocimiento detallado del área de estudio para evaluar su accesibilidad y determinar el tamaño de la intercuenca. Además, una comunicación con la población local para informarles sobre el estudio que se va a realizar
- Visita a campo para identificar, describir y realizar cartografiado geológico y geomorfológico de la zona de estudio, Asimismo, medir las estructuras que afloran su rumbo y buzamiento.
- Reconocimiento de las diferentes fuentes de agua, así como la elaboración del inventario y muestreo de aguas superficiales y subterráneas existentes en la zona de estudio. También se procedió a tomar los parámetros fisicoquímicos IN SITU.
- Se ha llevado a cabo ensayos de tomografía de resistividad eléctrica utilizando arreglos geométricos de Werner-Schlumberger en un total de 12 líneas de medición. Estas líneas estarán distribuidas de la siguiente manera: una línea de 600 metros, una línea de 400 metros y 10 líneas adicionales de 300 metros, según las dimensiones del terreno a estudiar. Para realizar estas mediciones, se empleo un equipo de tomografía eléctrica de última generación y tecnología actualizada.
- Se llevarán a cabo pruebas de bombeo en los pozos privados preexistentes de los sectores de estudio.

1.9.4.3.Etapa de Laboratorio

En esta etapa, se ha recolectado muestras de agua de diversas fuentes del área de estudio. Estas muestras fueron sometidas a un análisis físico-químico para evaluar su idoneidad para el riego. Se han evaluado parámetros como la calidad del agua, composición química, pH, conductividad y contenido de iones presentes en el agua. Este análisis proporciona información precisa sobre la aptitud de las fuentes de agua para consumo y uso agrícola.

1.9.4.4.Fase de Gabinete II (redacción del documento investigativo)

Durante esta etapa, se ha llevado a cabo el procesamiento y la interpretación de los datos recopilados utilizando software especializado como ArcGIS, IPI2WIN, Surfer 16, res2dinvx, AQTESOLVdemo y Grapher. Estas herramientas permitieron analizar de manera detallada los datos hidrogeológicos y geofísicos obtenidos, lo que resultará en la generación de mapas temáticos, perfiles geológicos y geoelectrónicos de la zona de estudio.

Además, se ha procedido a la elaboración de la tesis, en la cual se presentarán de manera clara y precisa los resultados del estudio. Se dio a conocer el análisis de los datos obtenidos, las conclusiones derivadas de dicho análisis y las recomendaciones basadas en los hallazgos. Estas conclusiones y recomendaciones estarán enfocadas en abordar el problema planteado inicialmente y proporcionar posibles soluciones y medidas para el aprovechamiento sostenible de las aguas subterráneas con fines de riego en los sectores mencionados.

1.10. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.10.1. Alcances

La tesis se centra en la evaluación del potencial hidrogeológico mediante los aspectos geológicos, la profundidad del nivel freático, las propiedades hidráulicas del acuífero y la calidad del agua en el área de estudio, lo que proporcionará una comprensión integral de los recursos hídricos en esa región.

La investigación proporcionará una base científica sólida para la toma de decisiones y la implementación de medidas adecuadas para garantizar la disponibilidad hídrica necesaria en los sectores mencionados del distrito de San Salvador.

1.10.2. Limitaciones

La investigación se centrará únicamente en los sectores de Pillahura, Qosqoayllu, Chuecamayo, Huancapampa y Chillinkay del distrito de San Salvador. Esto implica que los resultados y conclusiones obtenidos pueden no ser generalizables a otras áreas geográficas dentro del distrito o en otras regiones.

La investigación se enfoca en un período de tiempo específico y se basa en las condiciones y eventos ocurridos hasta el año 2023. Las condiciones climáticas, la disponibilidad de agua y otros factores pueden cambiar con el tiempo, lo que podría afectar la confiabilidad de los resultados en el futuro.

1.11. MATERIALES Y EQUIPOS

1.11.1. Materiales

- Material Cartográfico: Imagen satelital, Mapa base y Carta nacional.
- Material de Campo: Fichas de campo, Libreta de campo, tablero, rayador, lápiz portaminas, colores, papel milimetrado, bolsa de muestras, ácido al 10%, lupa 15-20x.

1.11.2. Instrumentos

- Instrumento de campo: Brújula, GPS, equipo tomógrafo GEOMATICE modelo GD10 SUPREME, wáter level, picota de geólogo, cronometro de mano, cinta métrica de 50 metros, flexómetro de 5 metros, comba, tubos PVC de 2"x50cm, Baldes de 18 l, 4 l.
- Instrumentos de gabinete: Computadora personal, impresora, plotter, escáner, fotocopidora, Software de SIG (Arc Gis-Arc Map, Res2Dinv. Surfer 16).

1.12. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 4

Matriz de consistencia.

TÍTULO: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL		TIPO DE INVESTIGACION
¿Cuál será el potencial hidrogeológico del channel belt del río vilcanota para la explotación de aguas subterráneas en los sectores de Chuecamayo, Pillahura, Qosqo Ayllu, Huancapampa y Chillinkay del distrito de San Salvador - Calca – Cusco – 2023?	Evaluar el potencial hidrogeológico del channel belt del río Vilcanota con la finalidad de la explotación de aguas subterráneas en los sectores de Chuecamayo, Pillahura, Qosqo Ayllu, Huancapampa y Chillinkay del distrito de San Salvador - Calca – Cusco – 2023.	El potencial hidrogeológico del channel belt del río vilcanota en los sectores de estudio son favorables para la formación de acuíferos, debido a la presencia de depósitos cuaternarios aluviales y fluviales los cuales actúan como acuíferos, dadas sus características hidrogeológicas adecuadas.	Channel Belt del Río Vilcanota	APLICADA
				NIVEL DE INVESTIGACION
				DESCRIPTIVO
				DISEÑO DE INVESTIGACION
				TRANSVERSAL
				DISEÑO DE INVESTIGACION
ESPECIFICO	ESPECIFICO	ESPECIFICO	Potencial Hidrogeologico	Pre-campo
1. ¿Cuáles son las características litológicas del channel belt del rio Vilcanota en los sectores de estudio? 2. ¿Cuáles son las características del perfil litológico de acuerdo a las líneas de tomografía de resistividad eléctrica realizadas en los sectores de estudio? 3. ¿Cuáles conocer los parámetros hidráulicos en función de los pozos existentes en los sectores de estudio? 4. ¿Cuáles son las características hidrogeológicas de los acuíferos, según las propiedades hidráulicas de los pozos existentes en los sectores de estudio? 5. ¿Cuáles es la calidad de las fuentes de aguas existentes en área de estudio?	1. Describir las características litológicas del channel belt del rio Vilcanota en los sectores de estudio 2. Determinar las características del perfil litológico mediante el ensayo de tomografía de resistividad eléctrica en los sectores de estudio. 3. Determinar los parámetros hidráulicos mediante las pruebas de bombeo en los pozos existentes de los sectores de estudio. 4. Describir las características hidrogeológicas de los acuíferos, a partir de las propiedades hidráulicas de los pozos existentes en los sectores de estudio. 5. Determinar las propiedades físicoquímicas de las fuentes de agua en los sectores de estudio	1. En el área de estudio, los depósitos cuaternarios aluviales, fluviales y coluviales se caracterizan por tener gravas, arenas y limos, estos actúan como acuíferos según sus propiedades hidráulicas (porosidad, permeabilidad y conductividad hidráulica) (Quiliche Carrasco, 2021) 2. Basándonos en los antecedentes de estudio (Churata & Arque, 2019) cuya investigación tiene características similares a nuestra zona de estudio podríamos afirmar que en la parte superior del perfil litológico se encontrarían depósitos cuaternarios aluviales y fluviales, además el nivel freático dependerá de la recarga hídrica, las condiciones geológicas subterráneas y el estrés hídrico. 3. Las pruebas de bombeo en los pozos existentes en el área de estudio proporcionarán información clave sobre las propiedades hidráulicas del acuífero, incluyendo su capacidad de flujo, permeabilidad y respuesta a la extracción de agua, de esta manera se comprendería mejor su comportamiento hidráulico. 4. De acuerdo a las propiedades hidráulicas y la dinámica del agua subterránea de los pozos existentes en los sectores de estudio se revelarán patrones que permitirán comprender mejor las características hidrogeológicas 5. La calidad de las aguas existentes en el área de estudio según Fetter, C. W. (1999). Contaminación hidrogeology (2nd ed.). Prentice Hall, dependerá de los contaminantes del río y las distancias de los pozos con respecto al cauce del rio, algunas serian aptas para consumo humano y otro previo tratamiento con filtros de osmosis inversa, respaldamos esta hipótesis por la presencia de pozos existentes en el área de estudio.		Campo
				Post campo
				INSTRUMENTOS
				Instrumento de campo: brújula, GPS, tomógrafo GEOMATIVE modelo GD10 SUPREME, picota de geólogo, cronometro de mano, cinta métrica de 50 metros, flexómetro de 5 metros, comba, tubos PVC de 2”x50cm, Baldes de 18 l, 4 l.
				Explotacion De Aguas Subterraneas

Fuente: Elaboración propia

1.13. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 5

Matriz de Operacionalización de variables

TÍTULO: "EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"				
VARIABLES	DIMENSIONES	METODO	INSTRUMENTOS	PARAMETROS
Channel Belt del Río Vilcanota	Litologia	Observacion Directa	Ficha de Descripción, picota, lupa, lapiz, cuaderno de campo, camara, etc.	Tipo de roca , Dureza , composicion mineralogica
	Geomorfologia	Observacion Directa y Análisis de Imágenes de Satélite.	Hojas de Campo y Cuadernos de Registro, GPS,	Colinas, llanura, depresión, valle, meseta.
	Estructural	Observacion Directa y Análisis de la Relación de Pliegues y Fallas.	Ficha de Descripción, Brújula, Cuaderno de Campo, etc.	Orientación, tipo y relación entre capas, fallas y pliegues
Potencial Hidrogeologico	Conductividad Hidraulica	Prueba de Permeabilidad a Campo (Pruebas Lefranc) y Pruebas de Bombeo en Pozos	Permeametro, Ficha de Descripción	m/día, Ecuacion de Laplace, Ecuacion de Pisson, Ecuacion del flujo en Regimen Transitorio
	Transmisividad	Pruebas de Bombeo en Pozos, Hojas de Registro de Datos	Software de Análisis de Pruebas de Bombeo, Bomba de Pozo, Medidores de Nivel de Agua (Piezómetros), y etc.	(m²/día), tipos de acuíferos
	Coefeciente de almacenamiento	Pruebas de Bombeo en Pozos, Hojas de Registro de Datos	Bomba de Pozo, Medidores de Nivel de Agua (Piezómetros), y etc.	Adimensional
	Parametros Hidrometeorologicos	Metodo instrumental	Reporte de SENANMHI	Precpitacion, Tempersturs °C , % humedad relativa.
	Cuenca Hidrografica	Observacion Directa y Metodología Pfafstetter	Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)	Cuencas, intercuencas y cuencas internas; niveles
Explotacion De Aguas Subterraneas	Parametros Fisico-quimicos	Instrumental	Reporte de laboratorio	T°, PH, Tds,
	Rendimiento específico de los pozos	Instrumental	Sondas de nivel de agua	L/(m/s)
	Eficiencia de bombeo	Instrumental	Sondas de nivel de agua	%

Fuente: Elaboración propia

1.14. Presupuesto y cronograma

Tabla 6

Presupuesto y cronograma.

PRESUPUESTO						
Descripcion			Sub- Total			
Gastos de campo			S/1,500.00			
Viaticos			S/500.00			
Mano de obra-Ayudante			S/400.00			
Materiales e instrumentos de campo			S/600.00			
Materiales e instrumentos de oficina			S/500.00			
Servicios (alquiler de equipos)			S/7,500.00			
Imprevisto 10%			S/1,100.00			
Total Presupuesto			S/10,600.00			
Cronograma						
Actividades	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
1. Pre-campo	x					
2. Campo I	x					
3. Gabinete y Laboratorio		x				
4. Campo II		x				
5. Gabinete y Laboratorio II			x			
6. Campo III			x			
7. Gabinete y Laboratorio II				x		
8. Campo IV				x	x	
9. Gabinete y Laboratorio V					x	
10. Informe Final						x

Fuente: Elaboración propia

II. MÉTODO DE TRABAJO

2.1.CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1. DEMOGRAFÍA

La población del distrito de San Salvador comprende a un total de 6175 habitantes, (según censo INEI año 2020), la misma que se encuentra distribuida en doce comunidades campesinas. El área de estudio abarca dos comunidades más la capital representando un 39.62% del total de población las cuales serán resumidas en la siguiente.

Tabla 7

Integrantes de los regantes de cada sector del área de estudio

Capital	sectores	Unidad	Total
San salvador	Chuecamayo	Per	685
	Huancapampa	Per	386
	Chillinkay	Per	349
	Hatumpampa	Per	432
	Qosqo Ayllu	Per	364
	Pillahuara	Per	65

Nota. Fuente: Elaboración propia en base del empadronamiento de los regantes de los sectores de estudio.

2.1.2. ACTIVIDADES ECONÓMICAS

La economía del distrito está sustentada fundamentalmente en la actividad agrícola, ganadera y de manera complementaria y en pequeña escala, de otras actividades como el comercio y la artesanía. La mayor concentración de actividades se observa en la capital del distrito, donde las instituciones ofrecen una variedad de servicios administrativos y sociales. En esta zona, se encuentran la municipalidad distrital, el Puesto Policial, el Juez de Paz, el Gobernador, así como Instituciones Educativas de nivel primario y secundario. Además, un pequeño mercado y una posta de salud están a disposición de los habitantes.

Una parte significativa de la población de las comunidades cercanas, que se encuentran casi en el límite de otro distrito, accede a los servicios sociales que ofrecen. Las comunidades de Qosqo Ayllu y Pillahuara consideran al distrito de Pisac como su principal referencia en términos de servicios sociales, incluyendo atención médica y educación, además de las oportunidades de compra en el mercado local.

2.1.2.1. ACTIVIDAD AGRÍCOLA

El distrito de San Salvador principalmente los sectores de estudio están constituidos por tierras de alto potencial agrícola como maíz, quinua, kiwicha entre otros productos, ubicadas a manera de una franja delgada en ambas bandas del río Vilcanota, cuyo ancho varía entre los 200 a 1000 metros. La zona intermedia, se caracteriza por el incremento gradual de las pendientes, la mayor parte del territorio del distrito tiene esta condición (70%); en esta zona se desarrolla la agricultura de cultivos andinos bajo el sistema de rotación colectiva temporal, así como actividades de pastoreo. En la zona alta, la topografía está conformada por altiplanicies cubiertas de pastos, con ligeras ondulaciones y afloraciones rocosas.

En el área de estudio, los sistemas de producción están experimentando un deterioro notable debido al manejo inadecuado de los recursos naturales. Además, la infraestructura de riego presenta serias deficiencias, lo que resulta en pérdidas significativas de agua debido a la infiltración y la falta de conocimientos en otros métodos. Es crucial abordar estas cuestiones de manera integral para asegurar la sostenibilidad de la producción en la región.

2.1.2.2.ÁREAS DE CULTIVO

Se aprecia un alto porcentaje de tierras de uso no agrícola (79,64%), destinadas a pastos naturales, montes y bosques y otras clases de tierras. Por otro lado, las tierras de uso agrícola solo representan el 20,36% del área del distrito. Los de uso agrícola están agrupados en tierras bajo riego y en secano representando el 5,89 y 14,48% respectivamente, a nivel distrital.

Cabe destacar que el 65,90% del área del distrito es utilizada para pastos naturales, lo cual significaría el potencial para el mejoramiento de pastos naturales de la zona y el cultivo de nuevas especies forrajeras para la actividad pecuaria.

Tabla 8

Categorías de uso de la tierra en el distrito de San Salvador

Uso	Sub categoría	Área (ha)	Porcentaje (%)	Total (%)
Agrícola	Riego	460,72	5,89	20,36 %
	Secano	1 133,14	14,48	
No agrícola	Pastos naturales	5 158,25	65,90	79,64 %
	Montes y bosques	233,11	2,98	
	Otra clase de tierras	841,82	10,76	
Total		7827,04	100,00	100,00 %

Nota. Fuente: Elaboración propia en base de III CENAGRO 2018

El área de estudio de los 6 sectores son agrícolas que comprende un terreno de más de 600 hectáreas, principalmente destinado a la producción de maíz, kiwicha, quinua. Se observa que las labores de siembra de estos cultivos comienzan en agosto, con su punto máximo en septiembre, y en algunas ocasiones se extienden hasta octubre. En la campaña 2008/2009, la siembra se prolongó hasta diciembre, probablemente debido a la falta de lluvias. Por otro lado, las actividades de cosecha se inician en abril y se completan en junio, con un pico de actividad en mayo.

2.1.2.3.ACTIVIDADES PECUARIAS

La actividad pecuaria es una fuente fundamental de ingresos para las comunidades locales. La distribución de la población pecuaria varía en función de los diferentes pisos altitudinales de la región. En los pisos de valle, se encuentran principalmente vacunos, porcinos, equinos, caprinos, ovinos y otros animales menores. Por otro lado, en las zonas de mayor altitud, predominan los camélidos sudamericanos, en particular, las llamas y las alpacas.

Esta diferenciación en la distribución de la población pecuaria refleja las adaptaciones de las comunidades a los distintos entornos geográficos y climáticos de la región, permitiéndoles aprovechar al máximo los recursos disponibles en cada área. De esta manera, la actividad pecuaria desempeña un papel esencial en la economía local y contribuye de manera significativa al sustento de los habitantes de estas comunidades.

Tabla 9
Cantidad de especies pecuarios en el distrito San Salvador

Población	Cantidad	Porcentaje
Vaca de ordeño	345	0.62 %
Caprino	86	0.16 %
Alpacas	1212	2.19 %
Llamas	2405	4.35 %
Vacuno	2133	3.86 %
Porcino	1720	3.11 %
Gallinas	15565	28.17 %
Ovino	8451	15.29 %
Cuyes	23345	42.24 %

Nota. Fuente: elaboración en base al estudio de diagnóstico y zonificación de calca (2009)

Figura 12

Porcentaje de especies pecuarias



Nota. Fuente: Elaboración propia

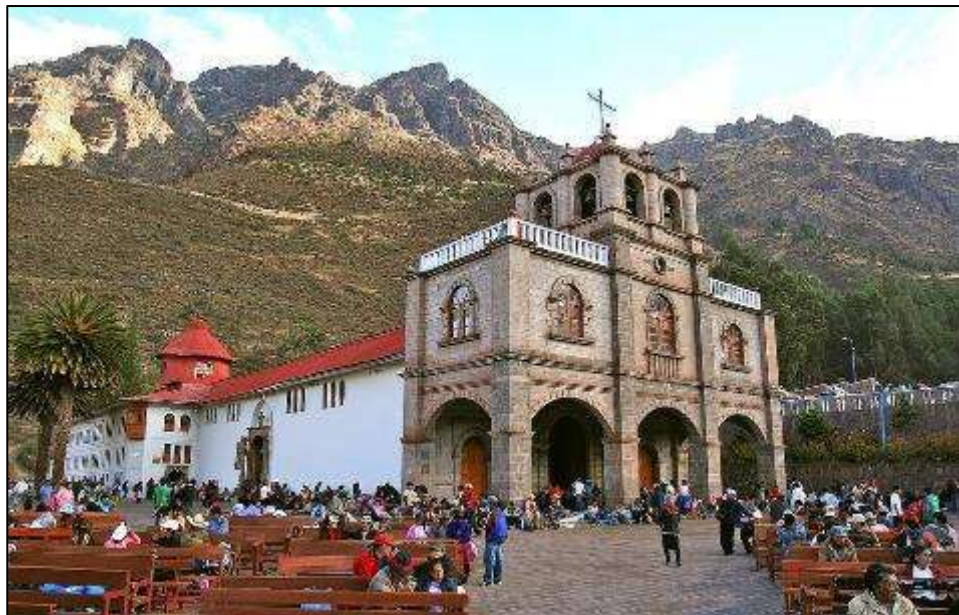
De acuerdo a la tabla anterior los cuyes junto con las gallinas son las especies pecuarias más numerosas que resaltan de esta actividad económica, mientras que las vacas de ordeño y los caprino son los menores representativos.

2.1.2.4.ACTIVIDADES TURÍSTICAS

En el distrito de San Salvador, ubicado en la región de Cusco, se encuentran una variedad de atractivos turísticos que merecen ser destacados. Uno de los más significativos es el Santuario del Señor de Huanca, un lugar de gran importancia espiritual y cultural. Cada año, el 14 de septiembre, se lleva a cabo una impresionante peregrinación hacia este santuario, que se encuentra a unos 48 kilómetros de la ciudad del Cusco.

Fotografía 1

Santuario de señor de huanca



Nota. Fuente: elaboración propia

Otra festividad notable en esta región es la celebración de la Virgen del Rosario de Huallhua, que tiene lugar anualmente del 6 al 9 de octubre. Esta festividad es una muestra vibrante de la rica tradición cultural y religiosa de la zona, y atrae a numerosos visitantes que desean experimentar esta celebración única.

Fotografía 2

Templo de Virgen rosario de Huallhua



Nota. Fuente: elaboración propia

Además de estas festividades, San Salvador alberga también importantes sitios arqueológicos que, sorprendentemente, no forman parte de los paquetes turísticos convencionales. Estos lugares históricos, con su valiosa herencia cultural, ofrecen a los viajeros la oportunidad de explorar la historia antigua de la región de una manera auténtica y enriquecedora

2.1.2.5. COMERCIO

Los habitantes de los sectores de estudio no solo cultivan productos de maíz y kiwicha, sino que también han diversificado sus actividades comerciales. Exportan estos productos al extranjero y, además, llevan a cabo procesos de industrialización para crear productos como galletas, chicha, tortas y otros alimentos. Estos productos son posteriormente comercializados en las ferias dominicales del distrito de San Salvador y en Cusco los días sábados. Esta iniciativa no

solo fortalece la economía local, sino que también contribuye a la promoción de la cultura y tradiciones alimenticias de la región.

2.1.3. CLIMA

En el distrito de San Salvador no se cuenta con estación meteorológica propia por lo que los siguientes datos fueron obtenidos del Atlas Climático del distrito de San Salvador utilizándose una red de estaciones circundantes a la zona de estudio con características de ubicación geográfica similares.

De acuerdo al modelo climático de Thornthwaite para el distrito de San Salvador las regiones térmicas van del Mesotérmico templado frio, Mesotérmico semifrio y Microtérmico frio moderado. Esta interacción de climas ha permitido obtener 10 clases de climas cuyo cuadro resumen se detalla en los anexos.

Como ocurre en la región andina peruana, el clima es bimodal, es decir con una época de fría y seca y otra de lluvia más bien templada. Para la época de secas está comprendida entre los meses de mayo a setiembre, y la época de lluvias va de octubre a abril. Las precipitaciones mensuales en el ámbito del distrito de San Salvador, presentan un comportamiento de tipo orográfico, es decir es directamente proporcional a la altitud. La precipitación media anual es 799,4 mm para una diferencia altimétrica de 2934 m. La precipitación se inicia en el mes de octubre alcanzando valores máximos en enero con 243.93 mm para la zona alta y de valores mínimos en Julio con 4.2 mm para la parte baja.

A nivel de temperatura media máxima anual es 14.38 °C, la temperatura mínima media anual es de 4.8 °C y la temperatura media anual es de 9.30 °C. La temperatura es una variable de importancia en la distribución altitudinal de la flora, fauna, actividades humanas.

2.1.4. VEGETACIÓN

2.1.4.1.Agricultura Andina:

En San Salvador, la agricultura andina predomina debido a su ubicación en la sierra. Los cultivos más comunes son la papa, el maíz, la cebada, la quinua y las habas. La papa, maíz, cebada, quinua y habas son variedades locales populares. El clima frío y húmedo, junto con los suelos superficialmente orgánicos, son ideales para estos cultivos.

2.1.4.2.Bofedales:

Los bofedales son humedales altoandinos que se encuentran en las zonas altas de San Salvador. Son importantes para la biodiversidad, ya que albergan una gran variedad de plantas y animales adaptados a este ecosistema único. Además, los bofedales actúan como esponjas, absorbiendo y reteniendo agua durante la temporada de lluvias y liberándola gradualmente durante la estación seca.

2.1.4.3.Pajonal Andino:

El pajonal andino es la vegetación dominante en las zonas más altas de San Salvador. Está compuesto por pastos de altura, como la ichu, que son importantes para la ganadería y la protección del suelo. El pajonal también alberga una gran variedad de aves y pequeños mamíferos.

2.1.4.4.Lagunas:

Las lagunas son cuerpos de agua de gran importancia en San Salvador. Algunas de las más conocidas son la laguna de Teracocha, Rumichaka, Mamacocha y Simarian. Estas lagunas son importantes para la agricultura, el turismo y la vida silvestre.

2.1.4.5.Otras vegetaciones:

En San Salvador también se encuentran otras vegetaciones como bosques relictos, matorrales arbustivos y plantaciones forestales. Los bosques relictos son importantes para la biodiversidad, ya que albergan especies endémicas de flora y fauna. Los matorrales arbustivos se encuentran en las zonas más áridas y son importantes para la protección del suelo. Las plantaciones forestales se han establecido para la producción de madera y la protección del suelo.

Ejemplos específicos de la vegetación en San Salvador:

- **Cultivos:** Papa, maíz, cebada, quinua, habas
- **Bofedales:** Ichu, *Oxychloe andina*
- **Pajonal Andino:** Ichu, *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostis rígida*
- **Lagunas:** Teracocha, Rumichaka, Mamacocha y Simarian
- **Bosques relictos:** Queuña, *Polylepis* spp., *Alnus acuminata*
- **Matorrales arbustivos:** Tola, Tara, Chilca
- **Plantaciones forestales:** *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp.

2.1.5. PENDIENTES

Con la finalidad de conocer la superficie y que cubre cada rango de la pendiente en el área de estudio, se ha considerado la pendiente generada con la topografía localizada, donde la pendiente se refiere a la inclinación que presenta la superficie del suelo con respecto a la horizontal, está expresado en porcentajes (%) y Grados sexagesimales(°).

Este parámetro, es de suma importancia porque influye en el flujo de agua superficial y subterránea, así como la recarga de acuíferos. Las pendientes pronunciadas aceleran el flujo superficial, reduciendo la infiltración y recarga, mientras que las pendientes suaves favorecen la acumulación y la recarga del agua subterránea. Además, influye en el gradiente hidráulico, que determina la velocidad y dirección del flujo subterráneo, y define zonas de recarga y descarga.

Para la clasificación de pendientes se tomó en cuenta el Reglamento De Clasificación De Tierras Minam-2002 el cual clasifica las pendientes de acuerdo al porcentaje de inclinación:

PENDIENTE (%)

- A) Allanado 0-2 %
- B) Ligeramente inclinado 2-4 %
- C) Moderadamente inclinado 4-8 %
- D) Fuertemente inclinado 8-15 %
- E) Moderadamente empinado 15-25 %
- F) Empinado 25-50 %
- G) Fuertemente empinado 50-75 %
- H) Escarpado >75 %

Se empleó el software ArcGIS para realizar diversas etapas del análisis, inicialmente se generó un DEM (modelo digital de elevación), posteriormente se construyó un TIN (red irregular de triángulos), luego se elaboró un modelo de pendientes (SLOPE) y, finalmente se reclasificaron las clases de pendiente de acuerdo con el modelo propuesto por el MINAM. (Consultar Anexos – Mapa de Pendientes).

Haciendo un análisis en la zona de estudio se realizó el mapa de pendientes regional que incluye toda la Intercuenca en donde la llanura aluvial tiene pendientes entre 2-8% lo que indica un relieve ligeramente inclinado y moderadamente inclinado, las partes intermedias ubicadas entre la llanura aluvial y el pie de montaña tienen pendientes de entre 8-25% lo que indica un relieve fuertemente inclinado y Moderadamente empinado y las partes más altas de las montañas tienen pendientes de entre 25-75% lo que indica una topografía Empinada y Fuertemente empinada.

2.2.GEOLOGÍA

2.2.1. GEOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente en la zona de estudio que engloban a los sectores de interés, se determinó afloramientos de rocas que afloran a mayor altura en los flancos del valle pertenecientes al Grupo Ccopacabana compuesto principalmente por calizas estratificadas con lutitas de origen marino y el Grupo Mitu que incluyen a las formaciones Pisac y Pachatusan compuesta principalmente por brechas, aglomerados y coladas volcánicas, también se observó depósitos cuaternarios no consolidados que corresponden a depósitos aluviales, fluviales y coluviales constituidos de gravas y bolonería con arena-limosa de compacidad media a alta, en menor proporción.

Dentro del contexto litológico tienen las siguientes formaciones:

1. Grupo Copacabana (Pérmico Inferior): Compuesto principalmente por calizas estratificadas con lutitas de origen marino. Aparecen bancos de areniscas cuarzosas blancas con laminaciones oblicuas y niveles conglomerádicos con clastos de cuarcitas y chert.
2. Grupo Mitu (Pérmico Superior-Triásico Inferior): Aflora en dirección al este y oeste de la zona de estudio, comprende las formaciones Pisac y Pachatusan.
 - Formación Pisac: Aflora en el Anticlinal de Vilcanota, sobre el Grupo Copacabana. Contiene secuencias grano-estrato crecientes de brechas y conglomerados interpretados como conos aluviales.

- Formación Pachatusan: Compuesta por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Presenta conglomerados de conos aluviales y areniscas cuarzosas fluviales intercalados en las rocas volcánicas.
3. Formación Huancané (Neocomiano): Aflora en las partes altas de San Salvador-Huanca. Compuesta por conglomerados, areniscas conglomerádicas, y areniscas cuarzosas de origen fluvial.
4. Grupo Yuncaypata (Albiano-Maastrichtiano): Aflora en dirección al nor-este y sur-oeste de la zona de Estudio. Comprende las siguientes formaciones:
- Formación Paucarbamba (Cretácico Inferior): Reposo sobre la Formación Huancané de manera concordante. Compuesta por alternancias de areniscas calcáreas, margas, lutitas amarillas, rojizas y verdes.
 - Formación Maras (Albiano Medio): Sobreyace concordantemente a la Formación Paucarbamba. Aflora de manera caótica, con mezcla de yesos, lutitas y escasamente calizas, debido a deformaciones diapíricas.

Las formaciones anteriormente mencionadas aportan material a los depósitos cuaternarios como los depósitos fluviales, aluviales y coluviales, ya que estos provienen de la erosión, transporte y sedimentación de las formaciones cercanas o que sobreyacen en ellos.

Figura 13

Columna estratigráfica del Cusco

Se resaltan los afloramientos geológicos dentro de la zona de estudio ordenados de acuerdo a su extensión e importancia, como el Grupo Mitú (Formación Pisac, Formación pachatusan), Formación Huancané, Grupo inferior de Yuncaypata (Formación maras y Formación Paucarbamba).



Fuente: (EDGARD LUIS ORUE QUISPE, s.f.)

Se resaltan los afloramientos geológicos dentro de la zona de estudio ordenados de acuerdo a su extensión e importancia, como el Grupo Mitú (que comprende las Formaciones Pisac y Pachatusan) y el Grupo Inferior de Yuncaypata (que comprende las Formaciones Ayabacas, Maras y Paucarbamba). Ver anexo de mapa geológico regional a una escala 1:70,000 basándonos en los datos la plataforma virtual (GEOCATMIN, 2023)

2.2.1. LITOLOGÍA LOCAL

La geología local es crucial en proyectos de evaluación hidrogeológica por diversas razones. En primer lugar, ayuda a identificar los acuíferos presentes en la región, así como a comprender sus características hidrogeológicas, como permeabilidad, transmisividad y capacidad de almacenamiento. Esto influye directamente en la disponibilidad y calidad del agua subterránea.

Además, la geología local permite entender la interacción entre aguas superficiales y subterráneas, aspecto esencial para una gestión sostenible de los recursos hídricos. También ayuda a identificar posibles riesgos que podrían afectar la calidad y disponibilidad del agua subterránea, como intrusión salina o contaminación por lixiviados de vertederos. Por último, proporciona información para la selección de sitios óptimos para la perforación de pozos y extracción de agua subterránea, maximizando así la eficiencia del proyecto.

DEPÓSITOS FLUVIALES

Estos depósitos se encuentran adyacentes y a lo largo del río Vilcanota, siguiendo una dirección SE hacia NW en la zona de estudio. Están compuestos principalmente por bancos de gravas redondeadas a subredondeadas en una matriz arenosa, resultado del transporte fluvial. Los tamaños de los clastos varían desde guijarros hasta bloques, dependiendo de la energía del flujo durante su deposición, mientras que la matriz arenosa refleja episodios de sedimentación de menor energía.

En algunos sectores, las arenas muestran una selección moderada, particularmente en áreas de baja energía, como barras de río o depósitos en canales abandonados. La composición y el tamaño de estos sedimentos están determinados por la velocidad y la capacidad de transporte del río, así como por el tipo de roca predominante en la región.

Los depósitos fluviales presentan una alta permeabilidad y transmisividad lo que los convierte en buenos acuíferos. Estos depósitos permiten el almacenamiento y movimiento eficiente del agua subterránea debido a la porosidad entre los clastos y la naturaleza suelta del material.

Fotografía 3

Depósitos fluviales a lo largo del río Vilcanota ubicados en un extremo hacia el sur-este y nor-este del área de estudio



Nota. Fuente: elaboración propia

DEPÓSITOS ALUVIALES

Este tipo de depósitos se encuentran principalmente sobre las terrazas aluviales, cerca de los márgenes del río Vilcanota. Su composición es heterogénea y está formada por bloques, gravas, guijarros (con formas que varían de subangulosas a subredondeadas), arenas, limos y arcillas, constituidos por diversos tipos de roca. Estos materiales forman abanicos aluviales, así como terrazas antiguas y recientes. En la deposición de los abanicos aluviales, se observó que, en la zona proximal, cerca de la fuente de aporte, predominan fragmentos de mayor tamaño, como guijarros y bloques, debido a la alta energía del flujo. En la zona distal, donde la energía disminuye, se depositan partículas más finas, como arcillas y limos. Esta distribución refleja la variación en el régimen de transporte y sedimentación en los abanicos aluviales.

Debido a su composición y estructura, estos depósitos tienen una permeabilidad moderada. Estos funcionarían principalmente como acuíferos, permitiendo el paso de agua de forma lenta, pero con una capacidad limitada debido a la matriz fina y los estratos superiores.

Fotografía 4

Depósitos Aluviales ubicados en las márgenes del rio Vilcanota



Nota. Fuente: elaboración propia

DEPÓSITOS COLUVIALES

Los depósitos coluviales, son acumulaciones de sedimentos y materiales sueltos que han sido transportados y depositados por la gravedad, generalmente en laderas o al pie de las montañas.

Este tipo de depósitos se encuentran en las partes altas y al pie de las montañas donde el material se ha acumulado, están conformados por gravas angulosas a Sub-angulosas de diferentes tipos de rocas envueltas en una matriz fina de limo y arcilla, lo que hace suponer que por las litologías provienen de la erosión de la parte alta donde aflora en Grupo Mitú y Grupo Copacabana.

Debido a la composición de estos depósitos conformados gravas angulosas en una matriz fina de limo y arcilla, estos tienen una baja permeabilidad, lo que les impide transmitir agua con facilidad. Esto los clasifica como acuitardos.

Fotografía 5

Depósitos Coluviales ubicados al pie de las laderas en la zona de estudio



Nota. Fuente: elaboración propia

2.2.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente, en los sectores estudiados y sus alrededores se han identificado tres unidades geomorfológicas principales: la Cordillera Oriental, las Montañas de Pachatusan y el Valle del Vilcanota-Urubamba, que atraviesa la Cordillera Oriental en dirección noroeste, generando relieves con pendientes pronunciadas.

➤ CORDILLERA ORIENTAL

En la región de estudio, se encuentra una zona morfoestructural claramente definida, delimitada por fallas de dirección NW-SE. En esta unidad, las áreas más elevadas están dominadas

por picos nevados y glaciares, los cuales muestran evidencia de retroceso debido al cambio climático. Se pueden observar formas geológicas de origen glaciar como valles en forma de "U" y morrenas. Dentro de esta unidad, se encuentran destacadas características geográficas, como la cadena de nevados de Pituisiray - La Verónica, la meseta de Colquepata y los valles que se adentran entre las montañas. La cordillera oriental influye en la recarga de acuíferos a través del deshielo y la lluvia, alimentando ríos y quebradas, especialmente en la temporada seca. Las fallas tectónicas facilitan el flujo subterráneo, y los manantiales emergen en zonas inclinadas, proporcionando agua.

➤ VALLE DEL VILCANOTA – URUBAMBA

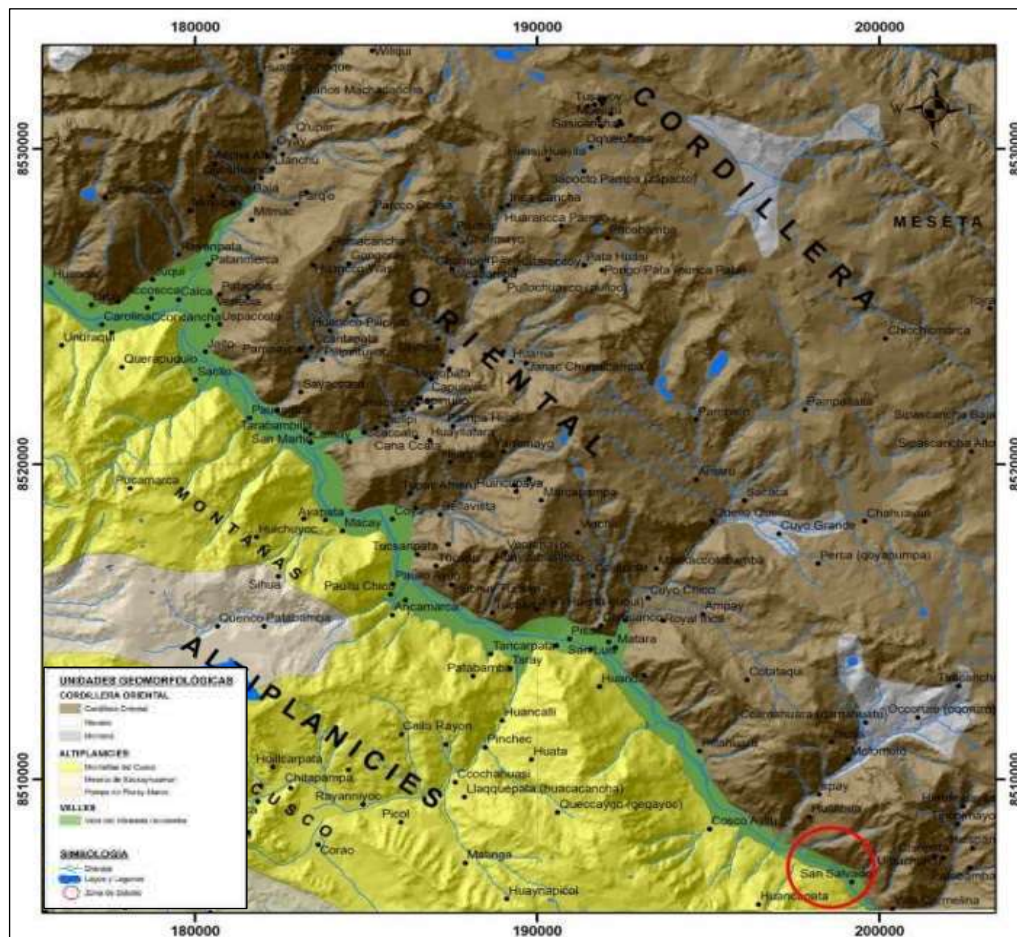
Identificado como un valle interandino, este tramo exhibe una orientación predominante de SE a NO, situándose a una altitud de aproximadamente 3000 msnm. El valle se caracteriza por la presencia de amplias terrazas, lo que indica su estado evolutivo avanzado y su amplitud considerable. El curso de agua se distribuye en canales entrelazados en diversos tramos. Las pendientes de las laderas varían de moderadas a ligeramente inclinado, tanto en la margen izquierda como en la derecha, se pueden observar conos aluviales significativos, como los de Chuecamayo y Chillinkay, que provienen de las cuencas de Chuecamayo y Tinqocmayo. El distrito de San Salvador se encuentra ubicado en la llanura del valle formado por el río Vilcanota - Urubamba, abarcando toda su extensión. En esta área, el curso del río adopta una forma irregular y alargada, atravesando todo el distrito de San Salvador en su recorrido, el valle del Vilcanota_Urubamba permite la infiltración en el subsuelo y la recarga de acuíferos, manteniendo el caudal de los ríos y apoyando la agricultura local.

➤ MONTAÑAS DE PACHATUSAN

Se encuentra al sur del área de estudio esta división morfológicamente es una zona prominente que domina el paisaje. Tiene elevaciones que alcanzan 4800 msnm, con relieves abruptos donde es mayor a 40 %. Predominan las rocas volcánicas del Grupo Mitu, sin embargo, en algunos sectores se aprecian pastizales naturales y vegetación rala. Las cuales son fundamentales para la hidrogeología, ya que recargan acuíferos, impulsan el flujo subterráneo, alimentan manantiales y controlan la disponibilidad de agua en áreas más bajas.

Figura 14

Mapa Geomorfológico Regional del Cusco



Nota. Fuente: INGEMMET).

2.2.3. ASPECTOS MORFOLÓGICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

En el ámbito local, las áreas de investigación se localizan principalmente en planicies y terrazas aluviales. Las laderas de los cerros están compuestas por depósitos coluviales y por afloramiento de rocas volcánicas y sedimentarias. Estas condiciones, junto con las fuertes pendientes y otros factores, resultan en la formación de conos aluviales por lo tanto mayor probabilidad de la existencia de acuíferos.

➤ PLANICIES

Se trata de superficies relativamente llanas o suavemente onduladas que están ubicadas en las zonas bajas próximas al río Vilcanota, donde se han distinguido unidades más pequeñas que incluyen el cauce fluvial, terrazas bajas y medias, así como conos aluviales. Estas áreas son mayormente utilizadas para actividades agrícolas.

Fotografía 6

Planicies ubicadas en las zonas bajas próximas al río Vilcanota



Nota. Fuente: elaboración propia.

➤ CAUCE FLUVIAL

Se presenta con relieve plano a ligeramente inclinado, compuesto por material fluvial bolonería, clastos, gravas con matriz arenosa, correspondientes al cauce del Vilcanota. Su dinámica está influenciada por la interacción entre la sedimentación y la erosión.

Fotografía 7

Cauce Fluvial ubicado en San Salvador



Nota. Fuente: elaboración propia

➤ TERRAZAS FLUVIALES

Se encuentran a ambas márgenes del río Vilcanota, con relieves suaves, corresponde a antiguos cauces, presentan taludes con bancos de uno a cuatro metros de potencia con relieve plano. Formado por acumulación de materiales de arrastre, originados por antiguos cauces del río, los cuales son conformados por materiales bolonería, clastos, gravas, con matriz areno-limosa, de relieve llano a ligeramente inclinado.

Fotografía 8

Terrazas Fluviales en ambas márgenes del río Vilcanota



Nota. Fuente: elaboración propia

➤ ABANICOS ALUVIALES

Se observa en los sectores de Chuecamayo y Chillinkay una acumulación de sedimentos depositados por un río o arroyo en una zona de pendiente reducida, en la base de la montaña. Este proceso ocurrió cuando el flujo de agua saliente del área montañosa disminuyó su velocidad al ingresar a la llanura o valle, lo que provocó que los materiales transportados, como gravas, arenas y limos, se depositen en una amplia área en forma de abanico o cono. Los abanicos aluviales están constituidos por capas de sedimentos con una granulometría variable, desde materiales gruesos, como gravas y cantos rodados, cerca de la fuente, hasta materiales más finos, como arenas y limos, en las partes distales

Fotografía 9

Abanicos aluviales ubicados al pie de las montañas en la zona de estudio



Nota. Fuente: elaboración propia

Fotografía 10

Abanicos aluviales ubicados al pie de las montañas en la zona de estudio



Nota. Fuente: elaboración propia

➤ QUEBRADAS

En los flancos de anticlinal del Vilcanota se observa como un cauce natural de tamaño reducido, con pendientes pronunciadas, generalmente seco en temporadas de estiaje, pero que transporta agua de manera intermitente tras precipitaciones. También erosiona el suelo arrastrando sedimentos a lo largo de su recorrido, formando depósitos en las planicies. A menudo está rodeada de vegetación ribereña o de zonas de suelo desnudo en áreas más erosionadas, y su dirección y forma dependen de las características del terreno y del relieve circundante

En la zona de estudio las quebradas se encuentran en rocas Volcánicas , sedimentarias y depósitos cuaternarios como se ve en la foto.

Fotografía 11

Quebradas ubicadas en las partes altas de la montaña pachatusan



Nota. Fuente: elaboración propia

➤ MONTAÑAS

Se pueden visualizar en la mayor extensión en los flancos del anticlinal de la zona de estudio, abarcando alturas de 3500 msnm hasta los 4800 msnm, caracterizado por relieves abruptos, con afloramientos rocosos de grupo Mitú, que poseen pendientes que van de empinadas a fuertemente empinadas.

Fotografía 12

Montañas de la formación Pachatusan



Nota. Fuente: elaboración propia

El anticlinal de Vilcanota tiene un impacto en la hidrogeología en el área de estudio, ya que las calizas del Grupo Copacabana y las areniscas del Grupo Mitú, que forman su núcleo, pueden actuar como acuíferos debido a su permeabilidad y fracturación. La deformación tectónica y las estructuras de la estratigrafía facilitan el flujo y almacenamiento de agua subterránea. Además, el anticlinal influye en la distribución del flujo hídrico, la recarga de acuíferos y la formación de manantiales.

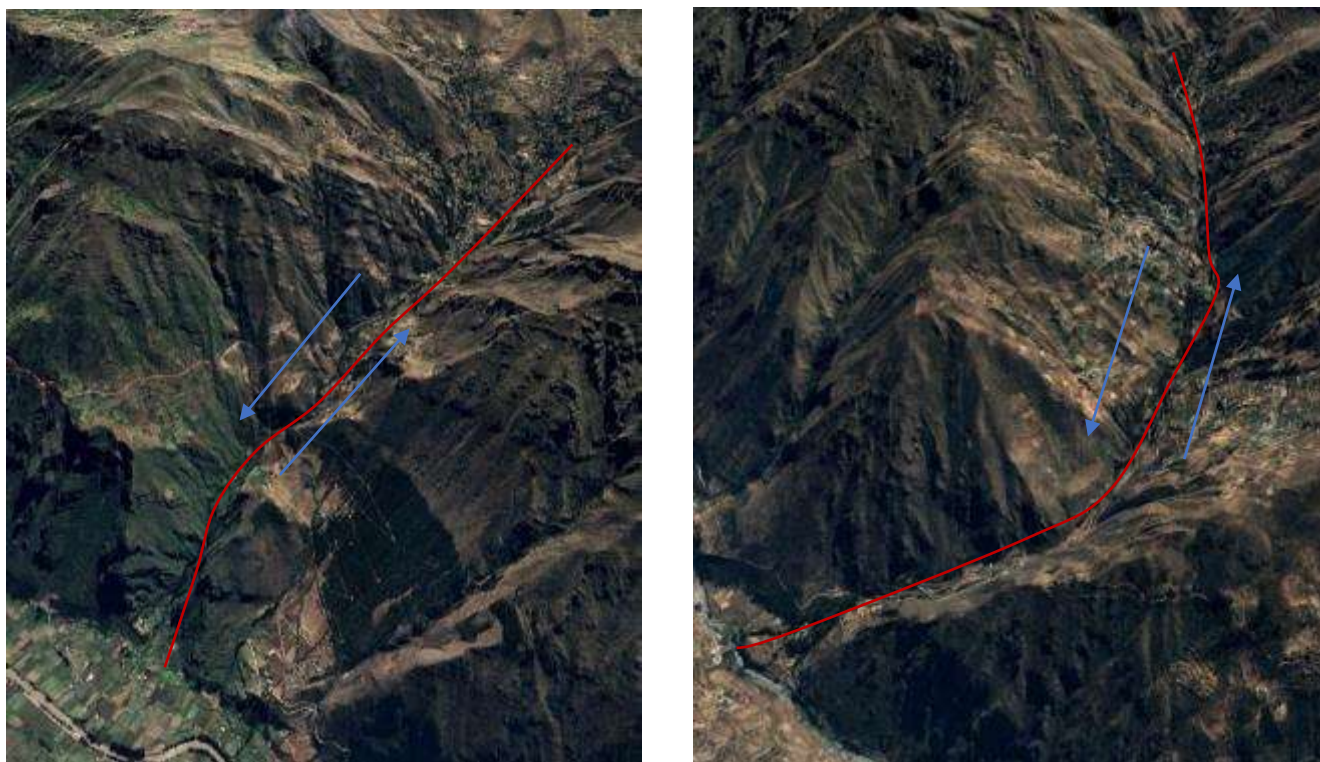
2.2.4.2.FALLAS GEOLÓGICAS.

Falla Chuecamayo y Ticocmayo

Las fallas Chuecamayo y Ticocmayo, catalogadas por el INGEMMET como sinestrales con movimiento inverso, están orientadas perpendicularmente al sistema de fallas Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani. Estas fallas, ubicadas en las cuencas de los ríos Chuecamayo y Ticocmayo, crean zonas de debilidad que facilitan el flujo de los ríos, provocando socavación en las partes bajas. Su estudio es complejo debido a que están cubiertas por depósitos cuaternarios, lo que dificulta la identificación de indicadores cinemáticos. Sin embargo, son fundamentales para entender la dinámica geológica.

Figura 16

Fallas siniestrales de chuecamayo y tincocmayo a la izquierda Falla sinistral Chuecamayo y a la derecha falla sinistral ticocmayo.



Fuente: Google earth.

Las fallas Chuecamayo y Ticocmayo influyen en la hidrogeología local al actuar como conductos preferenciales para el flujo de agua subterránea y afectar la recarga de acuíferos. Estas zonas de debilidad facilitan el drenaje superficial y subterráneo, modificando la infiltración y el almacenamiento de agua. Su interacción con los sistemas hídricos es clave para comprender la disponibilidad de recursos hídricos y la formación de manantiales en las cuencas de Chuecamayo y Ticocmayo.

2.3.HIDROLOGÍA

2.3.1. DELIMITACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA

Para la delimitación hidrográfica del área de estudio, se aplica el criterio de Otto Pfafstetter, el cual facilita la clasificación de la red hidrográfica del área mediante un código específico. Según este criterio, el área en estudio se identifica con el código 499497737, siendo clasificada como una unidad hidrográfica de nivel 9.

Tabla 10

Codificación de la inter cuenca de estudio según Pfafstetter

NIVEL	CLASIFICACIÓN OTTO PFAFSTETTER	CÓDIGO
9	Intercuenca	499497737
8	Intercuenca Medio Bajo Del Rio Vilcanota	49949773
7	Unidad Hidrográfica	4994977
6	Intercuenca Medio Del Rio Vilcanota	499497
5	Cuenca Cabecera Del Rio Urubamba	49949
4	Cuenca Del Rio Urubamba	4994
3	Cuenca Hidrográfica Del Rio Ucayali	499
2	Cuenca Cabecera Del Rio Amazonas	49
1	Cuenca Hidrográfica Del Rio Amazonas	4

Nota. Fuente: Elaboración propia

2.3.2. PARÁMETROS HIDRO MORFOMÉTRICOS

Los parámetros hidromorfométricos de las cuencas o intercuenas desempeñan un papel crucial en la hidrología, ya que establecen las particularidades del comportamiento del agua como, por ejemplo, el escurrimiento, tiempo de concentración, distribución, etc. Y con base a estos se puede generar conocimiento de una zona carente de información por diversos factores, los cuales se obtienen del procesamiento de la información geográfica o SIG de la zona de estudio.

2.3.2.1. Elementos De Superficie

El área correspondiente a la intercuenca en la zona de estudio se observa en la tabla a continuación.

Tabla 11

Área total de la intercuenca en el estudio

ELEMENTOS DE SUPERFICIE			
PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
ÁREA	Ac	km2	138.023

Nota. Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la extensión y clasificación de la cuenca en la zona de estudio determinamos que se trata de una intercuenca

2.3.2.2. Elementos de distancia

Estos elementos describen las relaciones espaciales dentro de la cuenca, como la longitud de los canales de drenaje, los puntos de salida, y la ubicación de los puntos clave topográficos. Los elementos de distancia de la intercuenca están descritos en la siguiente tabla con sus unidades.

Tabla 12

Elementos de distancia en la Intercuenca

ELEMENTOS DE DISTANCIA			
PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Perímetro	P	km	62.339
Longitud Axial	Lax	km	22.787
Ancho Promedio	Ap	km	6.057
Centro Gravedad	Este	m	199193.2
	Norte	m	8507444.8

Nota. Fuente: elaboración propia

2.3.2.3. Elementos de forma

Se describen los índices geométricos de una cuenca, como su factor de forma, coeficiente de compacidad, elongación, índice de circularidad, los cuales influyen en el comportamiento del agua que fluye a través de ella.

Tabla 13

Elementos de forma en la Intercuenca

ELEMENTOS DE FORMA			
ELEMENTOS DE FORMA	FORMULA	SIMBOLO	VALOR
Factor de forma	$F_f = \frac{Ap}{L_{ax}}$	Ff	0.266
Coeficiente de compacidad	$K_c = 0.2821 * \frac{P}{\sqrt{a}}$	Kc	1.4969
Elongación	$E_i = 2 * \sqrt{\frac{A_c}{\pi} * L_{ax}}$	El	302.081
Índice de circularidad	$I_c = \sqrt{\frac{4 * \pi * A_c}{P^2}}$	Ic	0.7
Lado mayor	$L_M = \frac{K_c * \sqrt{\pi * A_c}}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4}{\pi * K_c^2}} \right)$	LM	25.8
Lado menor	$L_m = \frac{K_c * \sqrt{\pi * A_c}}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\pi * K_c^2}} \right)$	Lm	5.34

Nota. Fuente: elaboración propia

Figura 17

Forma de la cuenca de acuerdo al factor de forma

Factor de forma	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

Nota. De acuerdo al factor de forma, la intercuenca presenta una forma alargada *Fuente: Pérez, 1979*

2.3.2.4. Elemento de relieve

Las características del relieve de una cuenca, como su altitud, pendiente y tiempo de traslado, influyen en el comportamiento del agua que fluye a través de ella.

El relieve de una cuenca, medido a través de la pendiente y declividad del terreno, tiene un mayor impacto en su respuesta hidrológica que su forma.

En otras palabras, a mayor pendiente, el agua se acumula y fluye más rápido, lo que genera una respuesta hidrológica más rápida.

Tabla 14

Elementos de relieve de la intercuenca de estudio

ELEMENTOS DE RELIEVE			
PARÁMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Altitud Media	H_m	m.s.n.m	3772.458
Altitud máxima	H_{max}	m.s.n.m	3001
Altitud mínima	H_{min}	m.s.n.m	4857.0
Línea de máxima pendiente	LMP	%	32.98
Declividad equivalente constante	S	%	5.50
Tiempo medio de traslado	T_m	horas	7.95

Nota. Fuente: elaboración propia

2.3.2.5.Declividad de los terrenos

Tabla 15

Declividad de los terrenos

DECLIVIDAD DE LOS TERRENOS			
PARÁMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Índice de pendiente	<i>Ip</i>	%	8.140
Pendiente media de la cuenca	<i>Pmc</i>	%	57.6
Criterio de rectángulo equivalente		%	4.8

Nota. Fuente: elaboración propia

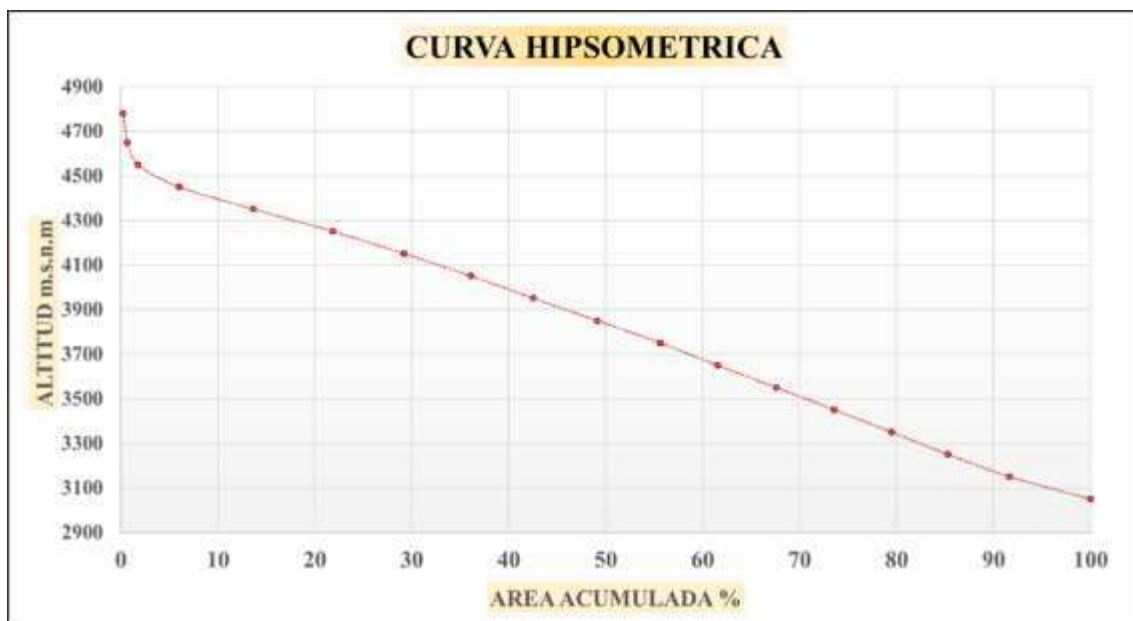
2.3.2.6. Curva hipsométrica

La curva hipsométrica es una representación gráfica que muestra la distribución de altitudes dentro de una cuenca hidrográfica. En el eje horizontal se representa el área de la cuenca, mientras que en el eje vertical se muestra la altitud.

De acuerdo a la forma de la curva hipsométrica, podremos definir en qué estado o fase de evolución se encuentra la cuenca o intercuenca.

Figura 18

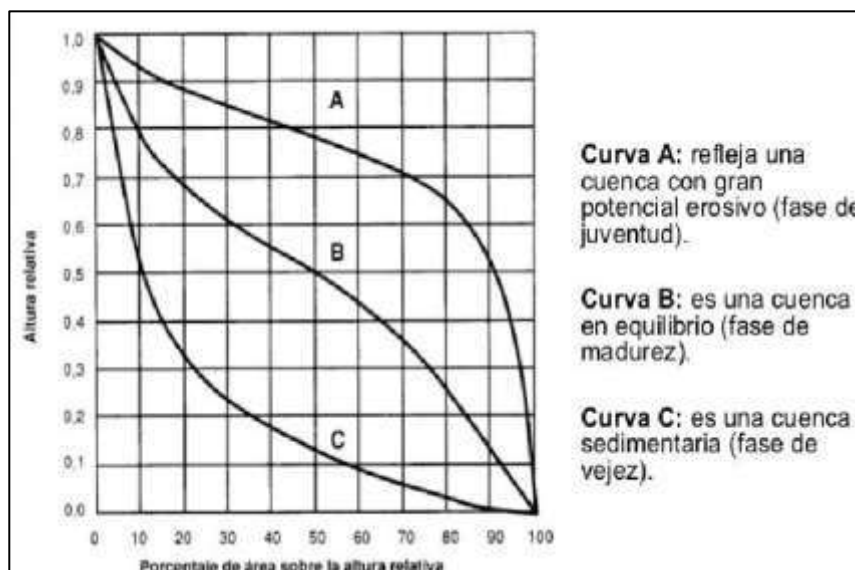
Curva hipsométrica de la intercuenca



Nota. Fuente: elaboración propia

Figura 19

Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión



Nota. Fuente: Silva (1999)

De acuerdo a la gráfica de la curva hipsométrica, podemos determinar que nuestra intercuenca pertenece a la Curva B, el cual es una intercuenca en equilibrio (fase de madurez)

2.3.2.7. Histograma de frecuencias altimétricas

Es un gráfico que muestra la distribución de altitudes o elevaciones dentro de un área determinada, en una cuenca hidrográfica. Este tipo de histograma divide el rango total de altitudes en varios intervalos y muestra cuántas veces se encuentra cada intervalo en el área estudiada.

Figura 20
Polígono de frecuencias (Porcentaje de área vs Altitud)



Nota. Fuente: elaboración propia

2.3.2.8. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración de una cuenca es el intervalo de tiempo que tarda el agua en viajar desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de salida, como un río o un canal de drenaje. Este tiempo se calcula considerando factores como la longitud y la pendiente de los canales de drenaje, la velocidad de escurrimiento superficial y la capacidad de infiltración del suelo.

En la tabla se muestran los tiempos de concentración de acuerdo a diferentes autores. Finalmente, se toma como tiempo de concentración el promedio.

Tabla 16

Tiempo de concentración en la intercuenca de estudio

AUTOR DE LA ECUACIÓN	TC(MIN)
Bransby-Williams	642.04
California culvert practice	410.00
George Rivero	363.52
Kirpich	393.22
Temez	577.64
PROMEDIO	477 Min
MEDIANA	410.00
DESV.ESTANDAR	124.2525011
PROMEDIO HORAS	7.95 hrs

Nota. Fuente: elaboración propia

2.3.3. INFORMACIÓN HIDROMETEREOLÓGICA

La información meteorológica ha sido recopilada de la base de datos suministrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Es relevante destacar que la intercuenca medio bajo de Vilcanota no dispone de estaciones meteorológicas propias. Por esta razón, se han seleccionado estaciones cercanas a la intercuenca medio bajo de estudio para la recopilación de datos. Se utilizaron un total de 3 estaciones las cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 17

Estaciones meteorológicas usadas en el área de estudio

NOMBRE DE ESTACION	TIPO	DPTO.	PROV.	DIST.	ALTITUD (msnm)	LATITUD Sur	LONGITUD Oeste	PERIODO
KAYRA	Convencional-Meteorológica	Cusco	Cusco	San Jerónimo	3214	13°33'24.29"	71°52'30.61"	1980-2023
CAICAY	Convencional-Meteorológica	Cusco	Paucartambo	Caicay	3117	13°35'59.96"	71°42'1"	1980-2023
PISAC	Convencional-Meteorológica	Cusco	Calca	Pisac	2990	13°25'10.2"	71°51'3.1"	1980-2023

Nota. Fuente: Elaboración propia

2.3.4. ANÁLISIS DE DATOS

2.3.4.1. COMPLETACIÓN DE DATOS

a. COMPLETADO DE DATOS POR EL MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL

Es una técnica estadística que se utiliza para estimar valores faltantes en un conjunto de datos. Implica ajustar una línea (o plano) a los datos existentes y utilizar esta relación para preservar los valores desconocidos. Este método supone que la relación entre las variables es lineal y sigue varios pasos, incluyendo la identificación de variables, el ajuste del modelo, la validación y la predicción de valores faltantes. Es crucial evaluar las limitaciones y suposiciones de la regresión lineal antes de aplicarla, ya que puede no ser adecuada en todos los casos.

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x}) * (y - \bar{y})}{(n - 1) * s_x * s_y}$$

Donde:

n: número de datos pares conocidos, igual al número de datos de Y

r: coeficiente de correlación

$\bar{x}$: media aritmética de los datos de X que forma parejas con los datos de Y

$\bar{y}$: media aritmética de todos los datos de Y

Sx: desviación estándar para todos los datos de X que forman parejas con los de Y

Sy: desviación estándar para todos los datos de Y.

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad s_y = \sqrt{\frac{\sum(y - \bar{y})^2}{(n-1)}}$$

Los valores de r varían de -1 a +1

$r = 0$ significa que no existe ningún grado de asociación entre los valores de x y los valores de y .

$r = 1$ significa que los puntos del diagrama de dispersión se alinean en una recta de pendiente positiva (correlación directa optima)

$r = -1$ significa que los puntos del diagrama de dispersión se alinean en una recta de pendiente negativa (correlación inversa optima)

En el caso de precipitaciones anuales, la experiencia indica que la correlación es directa y entonces la ecuación de la recta de regresión es.

$$y' = a + b * (x - \bar{X})$$

De lo anterior, indicamos que:

$$a = \bar{y} \qquad b = r * \frac{s_Y}{s_X}$$

Donde:

$\bar{y}$: Media aritmética de los datos de la estación faltante.

r : coeficiente de correlación

S_x : desviación estándar para todos los datos de X que forman parejas con los de Y

S_y : desviación estándar para todos los datos de Y

De las diferentes estaciones consideradas en este proyecto, se toma como ejemplo las estaciones de Kayra, Caicay y Pisac en donde se aplicó el completado de datos según la regresión

lineal. A continuación, se muestra el procedimiento aplicado, de lo cual se tiene que tener en cuenta que la estación guía o la estación completa usada fue la estación Kayra.

Tabla 18

Completado de datos por método de regresión lineal.

AÑO	ESTACIONES		
	CAICAY ENERO	KAYRA ENERO	PISAC ENERO
1980	94.91	106.20	92.84
1981	195.47	225.40	97.95
1982	156.24	178.90	276.41
1983	113.64	128.40	5.13
1984	172.86	198.60	103.53
1985	114.23	129.10	140.66
1986	69.77	76.40	27.82
1987	193.80	224.30	276.30
1988	118.60	163.80	96.12
1989	142.16	151.40	116.33
1990	120.54	157.60	76.75
1991	50.72	97.60	76.23
1992	81.74	114.10	81.03
1993	122.83	206.70	178.91
1994	118.85	177.00	167.20
1995	147.41	122.00	98.91
1996	134.78	131.90	117.60
1997	103.73	123.30	95.76
1998	34.12	116.30	129.80
1999	105.78	89.30	93.20
2000	221.83	197.40	159.80
2001	273.30	233.00	211.20
2002	91.10	134.50	90.60
2003	159.00	163.90	114.40
2004	120.90	173.70	149.90
2005	72.60	140.80	127.00
2006	186.90	203.40	170.70
2007	156.20	140.80	102.70
2008	141.60	108.80	154.30

2009	109.50	112.50	89.90
2010	197.70	268.60	270.10
2011	121.30	103.40	100.70
2012	83.30	70.50	67.00
2013	168.60	187.30	104.80
2014	143.20	161.90	143.80
2015	132.96	151.3	120.87
2016	93.06	104	78.44
2017	110.4	110.4	66.4
2018	154.8	154.8	124.3
2019	121	121	100
2020	124.5	124.5	132.1
2021	150.5	150.5	90
2022	198.1	198.1	102.9
2023	91.7	91.7	54.8
SUMA	5816.23	6525.10	5275.19
N°	44	44	44
N° TIPEADO	28	35	34
PROMEDIO	132.19	151.97	121.47

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se correlaciona primero A con B y luego A con C hallando en cada caso el respectivo creciente de correlación r con la ecuación indicada para r . Se escoge luego la estación de mayor r y se halla la ecuación de la recta de la regresión.

Tabla 19

Datos de coeficiente de correlación y desviación estándar.

COEFICIENTE DE CORRELACION			DESVIACION ESTANDAR	
CAICAY	KAYRA	0.741254305	CAICAY	54.41300414
CAICAY	PISAC	0.629548817	KAYRA	47.81267333
KAYRA	PISAC	0.691331069	PISAC	62.03873482

Nota. Fuente: Elaboración propia

Reemplazando se tiene:

$$Y' = \bar{y} + r \frac{sy}{sx} (X - \bar{X})$$

$$Y' = 132.19 + 0.741254305 * \frac{54.41300414}{47.81267333} * (106.20 - 151.97)$$

$$Y' = 94.9146883$$

Este dato es el primer dato para el mes de enero de 1980 de la estación de Caicay, como se muestra en la tabla, este procedimiento fue el mismo para completar los siguientes datos faltantes tanto en las estaciones Kayra y Pisac.

Tabla 20

Precipitación media anual con datos completos de la estación Caicay, Kayra y Pisac.

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL ESTACIÓN CAICAY COMPLETADO													
AÑO	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1980	94.32	169.49	129.89	44.93	4.33	1.00	7.70	2.38	17.58	37.59	30.75	105.70	645.67
1981	194.88	166.78	122.56	27.28	3.18	5.66	1.27	10.07	8.90	53.80	118.71	125.05	838.14
1982	155.65	90.08	135.50	76.90	2.09	11.99	5.39	5.79	10.74	30.96	108.17	110.60	743.87
1983	113.05	64.04	74.18	26.80	4.15	8.41	1.88	2.29	8.06	23.03	50.62	111.11	487.61
1984	172.27	42.30	85.60	17.77	2.09	3.39	2.85	11.46	5.94	42.27	82.41	111.93	580.28
1985	113.64	185.74	87.82	37.24	11.54	14.85	2.36	1.51	14.01	84.36	128.92	118.13	800.12
1986	69.19	125.31	123.46	29.43	5.84	1.00	3.45	5.17	4.29	11.78	33.32	111.90	524.15
1987	193.80	50.61	84.56	24.10	4.34	7.29	10.35	0.47	0.00	14.44	135.40	55.59	580.95
1988	118.60	101.05	108.31	46.90	9.28	0.00	0.00	0.47	0.00	14.34	42.92	153.35	595.22
1989	142.16	83.57	143.04	20.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.50	61.36	79.24	563.57
1990	120.54	46.81	21.88	33.20	11.93	29.37	3.37	3.37	0.00	50.48	196.88	158.63	676.46
1991	50.72	160.28	47.58	19.66	11.40	21.43	0.00	0.00	0.00	13.17	112.06	152.75	589.05
1992	81.74	91.40	108.54	21.15	0.00	24.04	0.00	16.65	3.83	40.95	128.69	103.55	620.54
1993	122.83	71.68	115.40	32.92	0.00	0.00	0.00	3.54	0.00	3.89	102.48	160.53	613.27
1994	118.85	138.54	142.41	30.30	0.00	0.00	0.00	0.00	20.20	55.89	22.89	103.86	632.94
1995	147.41	26.44	203.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.91	44.97	127.42	562.98
1996	134.78	94.02	109.29	62.36	10.07	0.00	0.00	19.00	0.00	41.90	54.89	122.44	648.75
1997	103.73	122.74	180.59	12.29	4.92	0.00	0.00	5.74	11.14	24.58	143.34	115.96	725.03
1998	34.12	169.69	82.74	16.60	0.00	5.14	0.00	10.52	0.00	15.19	62.87	139.07	535.94
1999	105.78	146.67	120.99	76.52	1.17	0.00	7.17	0.00	25.75	23.70	35.99	155.96	699.70
2000	221.83	114.33	121.61	4.31	2.67	17.22	13.36	4.60	5.49	48.40	26.28	114.33	694.43
2001	273.30	168.91	153.00	32.26	19.29	0.00	22.45	26.59	20.70	101.89	77.59	87.18	983.16
2002	91.10	186.00	98.40	22.70	6.00	0.00	29.00	0.00	16.30	29.80	48.70	95.80	623.80
2003	159.00	157.20	225.00	28.60	2.50	6.20	0.00	17.30	10.40	7.00	19.50	155.70	788.40
2004	120.90	106.90	72.20	18.70	2.80	34.80	19.60	11.40	10.40	26.00	62.00	63.20	548.90
2005	72.60	139.60	85.20	30.80	3.80	0.00	0.00	5.90	10.60	28.90	46.60	90.00	514.00
2006	186.90	86.00	107.80	52.70	0.00	8.50	4.30	8.20	7.20	76.90	80.80	76.10	695.40
2007	156.20	114.50	167.11	37.00	4.50	0.00	10.80	1.40	0.00	40.70	74.20	54.70	661.11
2008	141.60	128.80	41.50	10.70	14.70	16.20	0.00	9.20	7.20	52.30	75.60	159.60	657.40
2009	109.50	89.30	62.60	35.50	6.50	0.00	4.50	2.00	6.70	5.70	80.50	78.10	480.90
2010	197.70	92.60	73.10	1.30	14.90	0.00	2.00	7.80	8.70	56.70	24.00	140.50	619.30
2011	121.30	229.80	95.50	68.00	0.30	4.50	5.50	0.00	19.70	53.10	63.00	99.60	760.30
2012	83.30	160.90	24.60	5.32	1.90	0.80	3.00	1.70	9.70	6.00	84.30	138.00	519.52
2013	168.60	116.90	102.70	22.21	3.90	3.60	6.00	5.70	11.20	105.00	81.50	136.20	763.51
2014	143.20	105.20	48.70	45.90	7.80	0.00	5.15	6.57	2.65	10.33	47.47	128.72	551.68
2015	132.96	136.08	84.04	41.07	12.32	5.42	4.71	6.43	10.48	24.63	55.91	114.36	628.42
2016	93.06	139.70	75.46	27.03	4.20	0.76	13.31	5.38	6.78	65.99	42.69	107.02	581.40
2017	110.40	84.30	118.10	47.50	11.20	0.10	6.29	1.80	18.30	27.70	60.00	101.70	587.39
2018	154.80	162.20	145.70	19.60	0.20	16.20	0.00	8.00	7.00	80.70	80.80	95.20	770.40
2019	121.00	126.60	164.40	38.90	0.00	1.50	15.80	7.10	9.80	82.40	111.70	140.40	819.60
2020	124.50	153.30	80.20	0.00	0.00	0.00	3.70	0.00	14.60	17.50	40.90	139.70	574.40
2021	150.50	116.50	74.10	90.50	6.70	11.50	8.20	1.00	1.50	38.20	102.30	106.10	707.10
2022	198.10	89.70	142.20	6.20	1.00	0.50	3.00	4.30	21.90	1.20	27.50	40.70	536.30
2023	91.70	130.40	62.00	39.60	45.80	0.00	0.00	2.50	13.40	21.80	57.30	144.80	609.30
DATOS	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00
MEDIA	132.09	120.07	105.76	31.44	5.89	5.94	5.15	5.53	8.66	37.22	72.02	114.33	644.10

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL ESTACIÓN KAYRA COMPLETADO													
AÑO	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1980	106.20	126.40	135.00	23.20	3.70	0.00	5.30	1.00	12.60	62.90	60.20	83.10	619.60
1981	225.40	80.80	124.40	56.90	1.80	3.90	0.00	9.80	45.90	108.90	120.80	144.30	922.90
1982	178.90	115.50	143.10	58.80	0.00	9.20	3.40	4.90	14.00	37.90	122.50	98.60	786.80
1983	128.40	84.00	54.50	29.80	3.40	6.20	0.50	0.90	5.50	26.00	44.30	100.20	483.70
1984	198.60	142.40	71.00	82.80	0.00	2.00	1.30	11.40	4.20	114.60	69.40	102.80	800.50
1985	129.10	119.40	74.20	33.20	15.60	11.60	0.90	0.00	43.30	62.10	116.50	122.40	728.30
1986	76.40	92.20	125.70	65.50	6.20	0.00	1.80	4.20	7.50	17.30	69.60	102.70	569.10
1987	224.30	87.90	48.60	13.10	2.10	1.30	9.20	0.00	8.20	26.50	101.80	107.60	630.60
1988	163.80	84.30	166.50	108.90	4.60	0.00	0.00	0.00	9.90	36.20	47.60	103.70	725.50
1989	151.40	126.80	119.30	38.60	6.40	9.10	0.00	6.10	30.70	15.70	60.70	88.50	653.30
1990	157.60	90.40	60.20	47.40	7.50	31.80	0.00	5.80	13.30	73.70	86.90	66.50	641.10
1991	97.60	163.60	105.20	45.10	11.00	5.10	1.50	0.00	21.40	49.30	83.60	99.00	682.40
1992	114.10	102.40	104.00	14.90	0.00	19.40	0.00	21.40	8.00	50.70	117.40	57.00	609.30
1993	206.70	110.50	75.80	18.80	0.90	0.00	2.70	6.90	18.00	46.20	111.90	201.50	799.90
1994	177.00	163.90	173.90	45.50	11.80	0.00	0.00	0.00	25.70	40.20	40.50	119.90	798.40
1995	122.00	94.80	95.30	17.80	0.00	0.00	0.60	1.20	28.80	26.70	70.20	102.60	560.00
1996	131.90	98.00	70.50	32.30	11.00	0.00	0.00	6.30	19.60	52.56	68.53	116.15	606.83
1997	123.30	127.70	104.80	31.00	4.80	0.00	0.00	7.10	12.30	44.40	201.50	148.40	805.30
1998	116.30	156.20	22.60	31.00	1.60	1.90	0.00	1.60	4.30	49.80	49.70	58.90	493.90
1999	89.30	92.20	92.00	42.80	1.30	3.40	1.00	0.00	43.10	18.80	39.70	119.50	543.10
2000	197.40	137.30	119.50	10.90	2.60	5.80	2.70	4.50	10.70	49.30	29.30	82.00	652.00
2001	233.00	173.10	137.40	36.40	11.50	0.00	17.40	10.20	20.60	38.30	96.80	89.40	864.10
2002	134.50	184.60	112.70	21.60	16.20	2.50	27.10	3.70	10.30	78.70	97.80	132.40	822.10
2003	163.90	135.50	142.90	56.50	2.00	6.40	0.00	21.30	3.70	34.60	23.10	123.80	713.70
2004	173.70	125.80	66.50	21.00	2.40	20.50	17.00	9.00	21.70	25.60	60.90	87.90	632.00
2005	140.80	133.98	120.20	33.10	3.20	0.40	1.20	4.00	4.50	39.10	59.30	102.50	642.28
2006	203.40	155.50	145.90	40.90	0.20	4.90	0.00	10.50	7.50	72.50	67.80	147.20	856.30
2007	140.80	58.70	107.30	93.60	5.80	0.00	4.00	0.00	1.00	49.40	72.40	88.40	621.40
2008	108.80	109.20	64.40	7.60	8.70	2.10	0.00	3.90	13.90	51.70	90.20	131.90	592.40
2009	112.50	108.30	79.10	21.30	5.30	0.00	3.30	0.70	15.10	8.30	88.70	82.90	525.50
2010	268.60	168.50	129.20	16.60	1.30	0.10	1.40	4.70	8.20	63.60	40.40	174.10	876.70
2011	103.40	179.30	131.90	67.60	3.90	3.20	3.70	0.00	38.90	38.20	60.20	110.20	740.50
2012	70.50	157.90	41.70	48.10	4.50	1.20	0.00	0.10	18.40	19.50	138.20	179.50	679.60
2013	187.30	137.20	75.50	13.00	6.40	6.10	2.00	12.40	6.30	105.00	86.00	159.40	796.60
2014	161.90	116.50	40.00	35.00	10.10	0.00	3.20	5.80	12.60	82.20	37.50	155.90	660.70
2015	151.30	140.90	66.70	70.80	16.40	3.90	10.30	4.60	16.10	19.10	48.60	113.00	661.70
2016	104.00	147.80	54.30	24.40	3.00	0.00	4.50	0.50	7.00	79.50	28.00	89.80	542.80
2017	110.40	84.30	118.10	47.50	11.20	0.10	0.00	8.00	18.30	27.70	60.00	101.70	587.30
2018	154.80	162.20	145.70	19.60	0.20	16.20	15.80	7.10	7.00	80.70	80.80	95.20	785.30
2019	121.00	126.60	164.40	38.90	0.00	1.50	3.70	0.00	9.80	82.40	111.70	140.40	800.40
2020	124.50	153.30	80.20	39.86	3.67	0.00	8.20	1.00	14.60	17.50	40.90	139.70	623.43
2021	150.50	116.50	74.10	90.50	6.70	11.50	0.00	4.30	1.50	38.20	102.30	106.10	702.20
2022	198.10	89.70	142.20	6.20	1.00	0.50	0.00	2.50	21.90	1.20	27.50	40.70	531.50
2023	91.70	130.40	62.00	39.60	45.80	0.00	0.00	5.70	13.40	21.80	57.30	144.80	612.50
DATOS	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00
MEDIA	148.30	124.83	99.74	39.50	6.04	4.36	3.49	4.84	15.44	47.38	74.75	112.78	681.44

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL ESTACIÓN PISAC COMPLETADO													
AÑO	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1980	92.84	182.23	226.80	89.76	2.03	0.00	0.00	11.32	36.75	39.82	5.00	48.52	735.07
1981	97.95	178.34	89.72	31.42	9.34	4.24	15.32	3.00	15.40	63.50	118.10	117.92	744.25
1982	276.41	68.45	236.21	195.41	25.54	8.01	1.02	15.11	19.91	30.14	104.55	18.73	999.49
1983	50.13	31.14	52.61	29.85	0.01	2.03	11.16	6.13	13.32	18.55	30.55	34.02	279.50
1984	103.53	120.26	69.36	111.57	5.03	3.07	2.19	16.53	8.10	46.66	71.42	13.64	571.35
1985	140.66	205.51	194.52	64.34	8.31	0.00	0.00	5.11	27.96	108.14	131.23	25.02	910.80
1986	27.82	118.93	134.02	38.53	12.51	0.00	2.15	3.38	4.04	2.12	8.31	11.80	363.61
1987	276.30	45.96	24.63	13.35	0.01	14.63	9.12	0.02	0.01	8.23	79.56	38.82	510.64
1988	96.12	99.62	193.41	52.41	2.03	0.00	0.00	0.00	2.30	12.03	13.74	85.91	557.57
1989	116.33	94.83	111.51	25.92	8.06	0.02	3.02	9.25	7.24	20.52	20.22	27.15	444.07
1990	76.75	45.63	20.33	82.60	6.25	38.46	0.01	3.02	8.40	44.12	99.42	115.01	540.00
1991	76.23	101.73	64.56	31.40	11.54	8.01	0.00	2.05	2.03	50.75	61.41	65.44	475.15
1992	81.03	45.42	31.71	22.62	0.03	26.03	0.52	13.33	4.02	32.00	91.80	73.00	421.51
1993	178.91	82.93	12.46	36.05	8.25	4.20	8.25	14.25	3.02	18.23	87.04	109.85	563.44
1994	167.20	118.00	151.63	59.83	5.31	0.01	0.02	0.05	12.44	52.62	13.22	158.60	738.93
1995	98.91	79.53	80.01	7.20	4.22	0.01	0.01	0.02	12.23	24.20	18.21	51.60	376.15
1996	117.60	69.31	44.42	69.32	12.15	0.00	0.03	21.61	13.65	52.52	47.51	90.62	538.75
1997	101.04	110.82	99.50	4.10	2.90	0.00	0.00	20.10	18.10	13.50	108.90	97.80	576.76
1998	129.80	98.70	38.20	21.60	4.20	3.00	0.00	0.80	13.50	64.00	50.90	51.30	476.00
1999	93.20	122.30	51.50	28.30	4.90	4.51	2.60	0.00	30.00	17.70	40.20	105.90	501.11
2000	159.80	105.40	58.70	2.20	9.10	3.70	0.00	2.00	4.40	41.60	11.00	70.60	468.50
2001	211.20	136.40	152.20	19.90	12.10	0.00	19.40	5.60	8.00	50.00	77.40	102.00	794.20
2002	90.60	161.40	106.10	35.80	6.60	4.30	46.60	3.30	10.90	39.40	91.60	127.90	724.50
2003	114.40	108.70	110.70	15.80	4.40	6.80	0.00	23.60	4.00	31.70	18.30	120.90	559.30
2004	149.90	109.20	95.60	15.80	2.00	16.40	10.30	6.90	32.50	25.90	43.00	94.30	601.80
2005	127.00	76.90	69.10	29.60	0.00	0.00	1.50	3.70	4.10	18.00	50.50	58.60	439.00
2006	170.70	82.20	125.00	34.50	0.00	30.00	0.00	14.30	5.20	42.70	69.70	117.10	691.40
2007	102.70	55.80	135.80	42.10	7.60	0.00	1.70	0.00	4.90	32.70	66.90	83.30	533.50
2008	154.30	151.50	61.50	8.50	5.90	3.60	0.70	3.20	9.80	46.80	64.10	133.90	643.80
2009	89.90	89.40	66.20	14.10	0.20	0.00	3.10	0.80	20.40	8.20	118.10	115.30	525.70
2010	270.10	145.10	155.80	6.00	6.50	1.10	1.40	11.40	1.80	72.70	26.30	204.20	902.40
2011	100.70	170.60	109.20	32.90	6.80	7.00	8.60	0.60	27.90	26.20	48.00	139.50	678.00
2012	67.00	157.00	54.20	30.10	1.20	0.00	0.80	0.50	24.10	8.60	127.00	146.80	617.30
2013	104.80	152.20	68.10	23.30	10.70	5.40	4.10	15.80	5.60	132.00	52.90	170.10	745.00
2014	143.80	82.60	68.70	50.00	12.80	0.00	4.63	7.57	6.90	111.57	26.50	121.47	636.53
2015	120.87	114.08	61.00	45.57	9.81	4.73	4.24	7.48	6.90	58.70	30.00	120.77	584.14
2016	78.44	116.53	48.41	31.58	6.51	0.70	13.36	6.41	12.74	28.36	39.16	87.48	469.68
2017	66.40	52.30	116.40	55.40	12.10	3.20	5.91	2.73	10.17	57.40	22.16	69.47	473.64
2018	124.30	121.10	107.00	32.00	3.90	14.20	13.60	15.00	11.80	80.90	92.60	70.00	686.40
2019	100.00	77.70	126.00	18.80	17.60	0.50	9.10	0.00	4.80	53.10	95.80	93.90	597.30
2020	132.10	107.70	87.70	0.00	0.00	0.40	0.90	0.00	0.10	16.30	19.80	79.80	444.80
2021	90.00	92.30	29.40	24.30	6.80	2.70	0.00	2.30	2.30	29.50	87.80	66.30	433.70
2022	102.90	43.40	73.40	1.30	1.10	0.20	0.00	10.50	13.20	0.60	27.60	72.40	346.60
2023	54.80	31.70	68.90	25.60	44.60	0.00	4.60	1.40	13.10	13.70	75.80	113.70	447.90
DATOS	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00
MEDIA	121.03	103.66	92.78	36.61	7.29	5.03	4.77	6.59	11.32	39.68	58.71	89.10	576.57

Nota. Fuente: Elaboración propia en base de los datos de SENAMHI

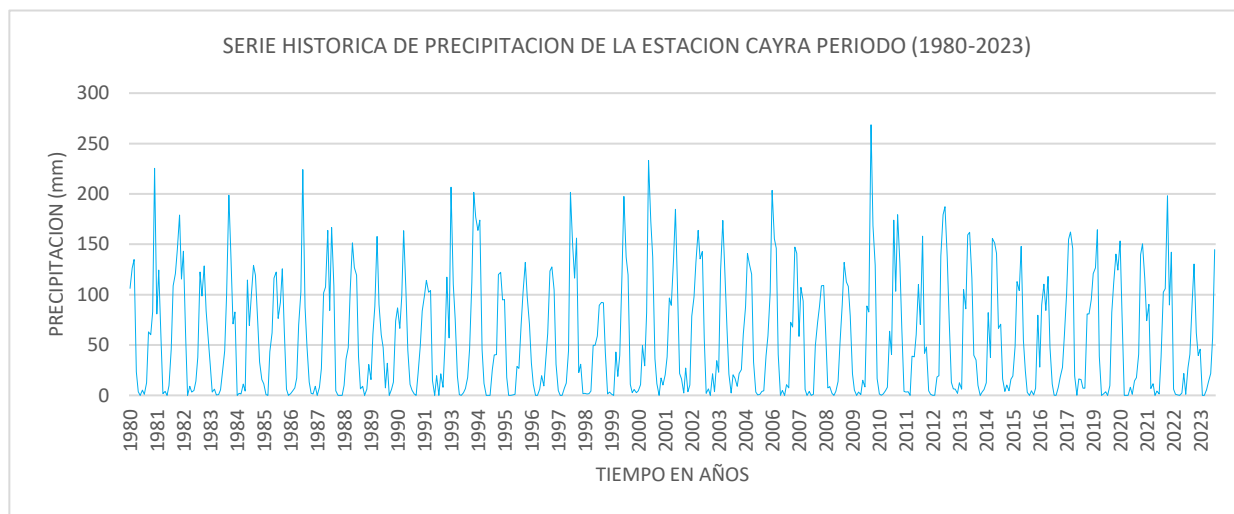
2.3.4.2. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

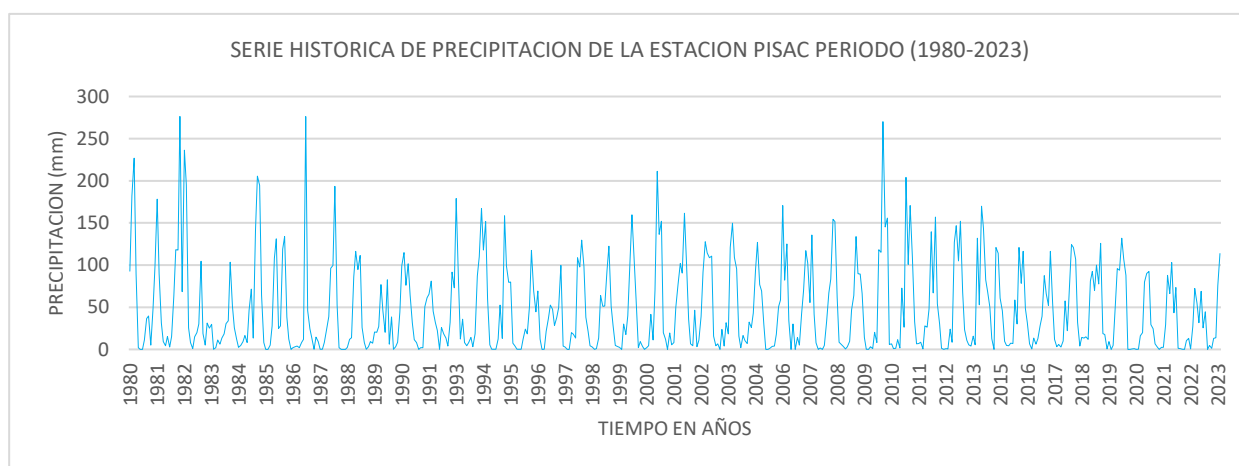
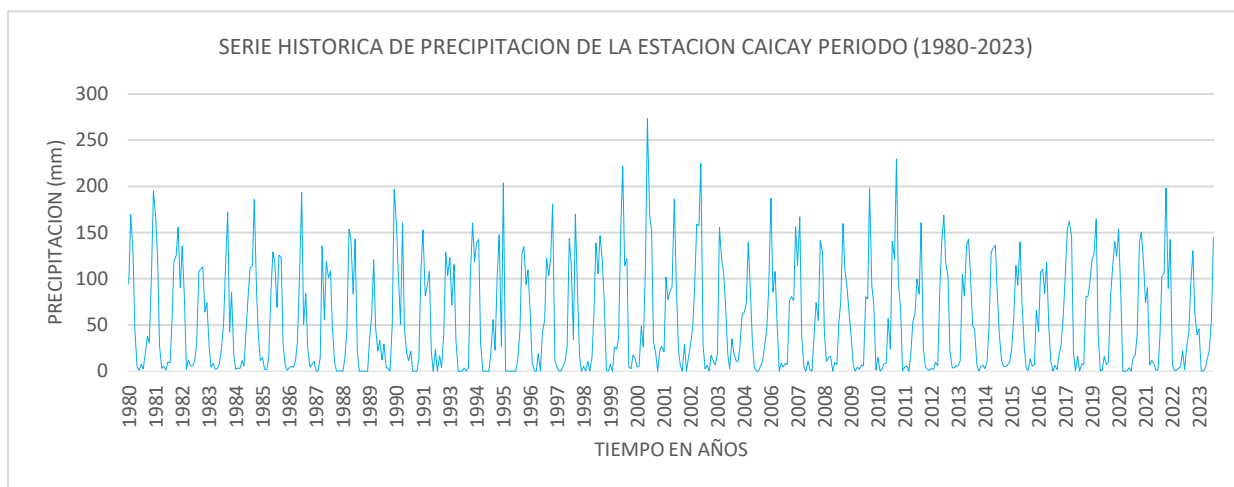
a. Análisis Visual Grafico

Según Villón Béjar (2006), Este gráfico facilita la visualización para analizar la consistencia de la información hidrológica en forma visual, e indicar el período o períodos en los cuales la información es dudosa, lo cual se puede reflejar como " picos" muy altos o valores muy bajos, saltos y tendencias, los mismos que deberán comprobarse, si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido, o si son producto de errores sistemáticos. De acuerdo con la evaluación realizada a los hidrogramas de precipitaciones provenientes de diversas estaciones meteorológicas, se descarta la presencia de inconsistencias en los datos. No obstante, se observa la existencia de lagunas o falta de información en algunos casos.

Figura 21

Histogramas de precipitaciones de las estaciones utilizadas en las zonas de estudio.





Nota. Fuente: Elaboración propia basado en los datos del Senamhi

b. Análisis De Doble Masa

De acuerdo Villón Béjar (2006), Este análisis se utiliza para tener una cierta confiabilidad en la información, así como también, para analizar la consistencia en lo relacionado a errores, que pueden producirse durante la obtención de los mismos, y no para una corrección a partir de la recta doble masa. El análisis doble masa propiamente dicho, consiste en conocer mediante los "quiebres" que se presentan en los diagramas, las causas de los fenómenos naturales, o si estos han sido ocasionados por errores sistemáticos. En este último caso, permite determinar el rango de los

periodos dudosos y confiables para cada estación en estudio, la cual se deberá corregir utilizando ciertos criterios estadísticos

Tabla 21

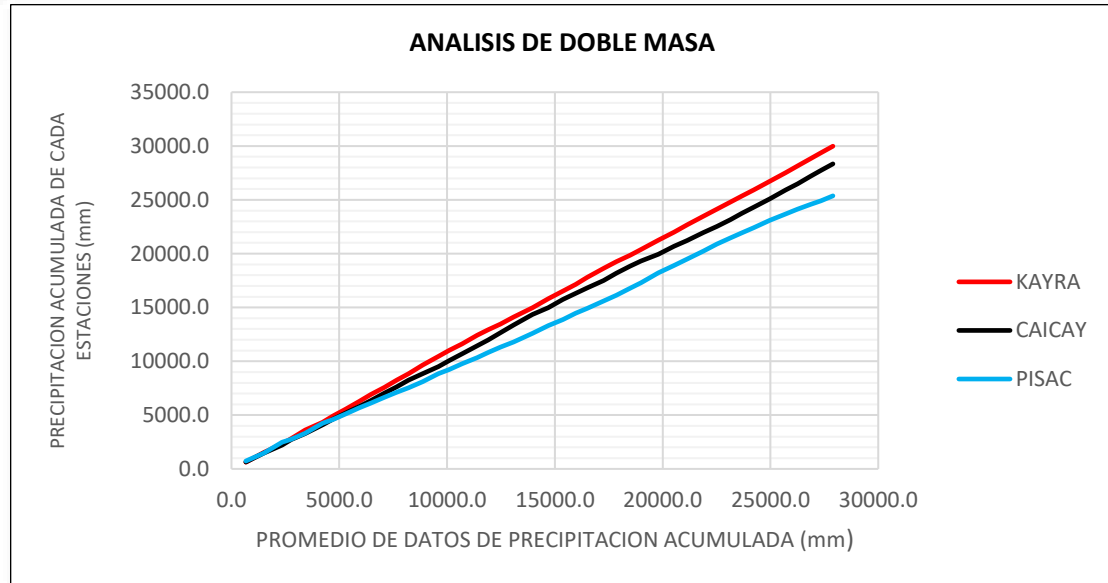
Análisis de doble masa de las precipitaciones anuales (mm).

AÑOS	ESTACIONES						PROMEDIO	
	KAYRA		CAICAY		PISAC			
	X P. Anual	X Ac. P. Anual	X P. Anual	X Ac. P. Anual	X P. Anual	X Ac. P. Anual	X P. Anual	X Ac. P. Anual
1980	619.60	619.60	645.67	645.67	735.07	735.07	666.78	666.78
1981	922.90	1542.50	838.14	1483.81	744.25	1479.32	835.10	1501.88
1982	786.80	2329.30	743.87	2227.68	999.49	2478.81	843.39	2345.26
1983	483.70	2813.00	487.61	2715.29	279.50	2758.31	416.94	2762.20
1984	800.50	3613.50	580.28	3295.57	571.35	3329.66	650.71	3412.91
1985	728.30	4341.80	800.12	4095.69	910.80	4240.46	813.07	4225.98
1986	569.10	4910.90	524.15	4619.84	363.61	4604.07	485.62	4711.60
1987	630.60	5541.50	580.95	5200.79	510.64	5114.71	574.06	5285.67
1988	725.50	6267.00	595.22	5796.01	557.57	5672.28	626.10	5911.76
1989	653.30	6920.30	563.57	6359.58	444.07	6116.35	553.65	6465.41
1990	641.10	7561.40	676.46	7036.04	540.00	6656.35	619.19	7084.60
1991	682.40	8243.80	589.05	7625.09	475.15	7131.50	582.20	7666.80
1992	609.30	8853.10	620.54	8245.63	421.51	7553.01	550.45	8217.25
1993	799.90	9653.00	613.27	8858.90	563.44	8116.45	658.87	8876.12
1994	798.40	10451.40	632.94	9491.84	738.93	8855.38	723.42	9599.54
1995	560.00	11011.40	562.98	10054.82	376.15	9231.53	499.71	10099.25
1996	606.83	11618.23	648.75	10703.57	538.75	9770.28	598.11	10697.36
1997	805.30	12423.53	725.03	11428.60	576.76	10347.04	702.36	11399.72
1998	493.90	12917.43	535.94	11964.54	476.00	10823.04	501.95	11901.67
1999	543.10	13460.53	699.70	12664.24	501.11	11324.15	581.30	12482.98
2000	652.00	14112.53	694.43	13358.67	468.50	11792.65	604.98	13087.95
2001	864.10	14976.63	983.16	14341.83	794.20	12586.85	880.49	13968.44
2002	822.10	15798.73	623.80	14965.63	724.50	13311.35	723.47	14691.91
2003	713.70	16512.43	788.40	15754.03	559.30	13870.65	687.13	15379.04
2004	632.00	17144.43	548.90	16302.93	601.80	14472.45	594.23	15973.27
2005	642.28	17786.71	514.00	16816.93	439.00	14911.45	531.76	16505.03
2006	856.30	18643.01	695.40	17512.33	691.40	15602.85	747.70	17252.73
2007	621.40	19264.41	661.11	18173.44	533.50	16136.35	605.34	17858.07
2008	592.40	19856.81	657.40	18830.84	643.80	16780.15	631.20	18489.27
2009	525.50	20382.31	480.90	19311.74	525.70	17305.85	510.70	18999.97
2010	876.70	21259.01	619.30	19931.04	902.40	18208.25	799.47	19799.43
2011	740.50	21999.51	760.30	20691.34	678.00	18886.25	726.27	20525.70
2012	679.60	22679.11	519.52	21210.86	617.30	19503.55	605.47	21131.17
2013	796.60	23475.71	763.51	21974.37	745.00	20248.55	768.37	21899.54
2014	660.70	24136.41	551.68	22526.05	636.53	20885.09	616.31	22515.85
2015	661.7	24798.11	628.4	23154.47	584.14	21469.23	624.75	23140.60
2016	542.8	25340.91	581.4	23735.87	469.7	21938.91	531.29	23671.90
2017	587.3	25928.21	587.4	24323.26	473.6	22412.54	549.44	24221.34
2018	785.3	26713.51	770.4	25093.66	686.4	23098.94	747.37	24968.70
2019	800.4	27513.91	819.6	25913.26	597.3	23696.24	739.10	25707.80
2020	623.4	28137.34	574.4	26487.66	444.8	24141.04	547.54	26255.35
2021	702.2	28839.54	707.1	27194.76	433.7	24574.74	614.33	26869.68
2022	531.5	29371.04	536.3	27731.06	346.6	24921.34	471.47	27341.15
2023	612.5	29983.54	609.3	28340.36	447.9	25369.24	556.57	27897.71

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 22

Análisis de Doble Masa.



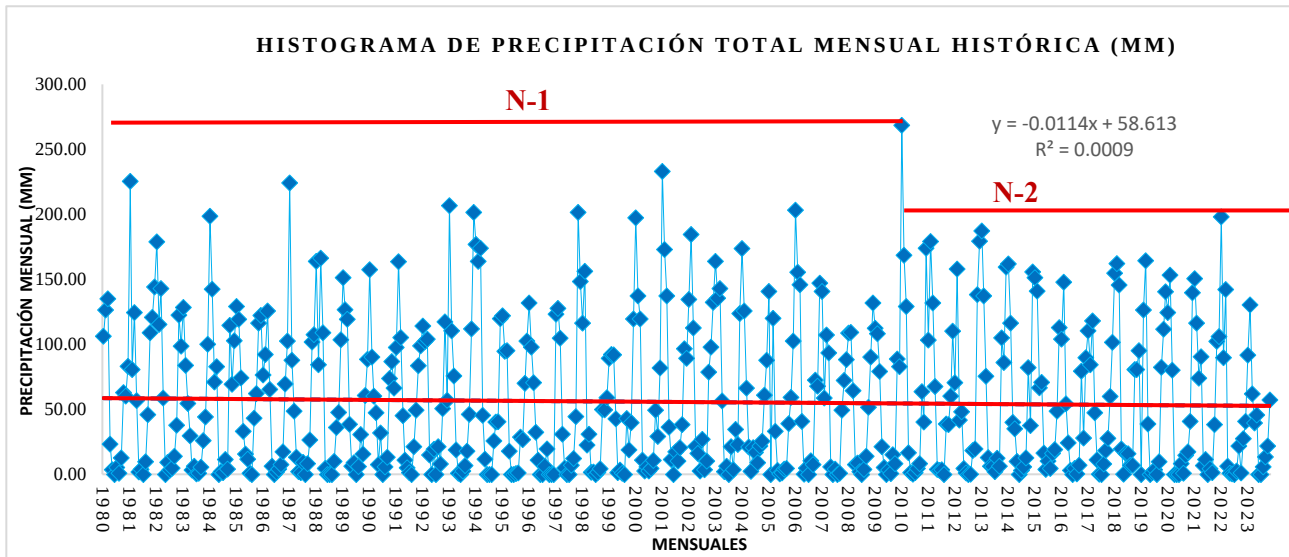
Nota. Fuente: Se observa la mayor consistencia de datos en la estación Granja Kayra, la cual se usa como estación base. Fuente: Elaboración propia.

c. Análisis Estadístico

De acuerdo a Villón Béjar (2006), posteriormente luego de obtener de los gráficos contruidos para el análisis visual y de los de doble masa, los períodos de posible corrección, y los intervalos de datos que se mantendrán con sus valores originales, realizamos un análisis estadístico de saltos, tanto en la media como en la desviación estándar.

Figura 23

Diagrama de análisis de doble masa estación Granja Kayra



Nota. En el gráfico se observa un quiebre que divide la serie en dos periodos n1 y n2. Fuente: elaboración propia.

1. Análisis de Saltos

Consistencia de la Media

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba t (prueba de hipótesis), si los valores medios (x_1 , x_2) de las submuestras, son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o con 5% de nivel de significación. (Villón, 2006).

Tabla 22

Cálculo de la media y de la desviación estándar para las submuestras.

DATOS DUDOSOS	DATOS CONFIABLE
Periodos Muestrales, entre los años 1980- 2010	Periodos Muestrales, entre los años 2010- 2023
Tamaño de la muestra (n1) = 360	Tamaño de la muestra (n2) = 166
Media de la muestra X: 55.59	Media de la muestra X= 57.35
Desviación Stand (S1) = 56.69	Desviación Stand (S2) = 59.34
Grados de libertad (GL1)= 359	Grados de libertad (GL2) = 165

Nota. Fuente: Elaboración propia

PRUEBA "T" DE STUDENT

Desviación estándar ponderada

$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Sp = 57.54

Desviación de las diferencias de los promedios

$$S_{\bar{d}} = S_p * \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Sd = 5.40

Cálculo del T, calculado (Tc) según:

$$t_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_d}$$

$$T_c = -0.33$$

$$|T_c| = 0.33$$

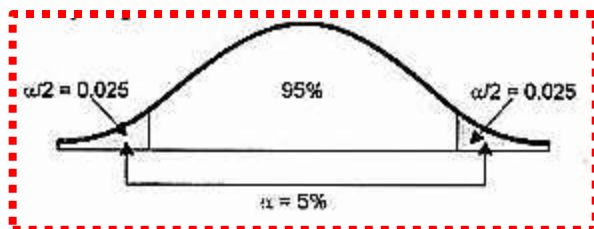
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:

Grados de libertad

$$GL = GL_1 + GL_2$$

$$GL = 524$$

Probabilidad al 95%, con un nivel de significación del 5%



$$\alpha = 5\%$$

$$T_t = 1.9645$$

Comparación del Tc con el Tt.

$$\text{Si } |t_c| \leq t_t (95\%) \longrightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2 \text{ (estadísticamente)}$$

En este caso, siendo las medias $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ estadísticamente, no se debe realizar proceso de corrección.

Si $|t_c| > t_t (95\%) \longrightarrow \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ (estadísticamente)

En este caso, siendo las medias $\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$, estadísticamente, se debe corregir la información.

Conclusión: $|t_c| = 0.33 < |t_t| = 1.9645 \implies$ **HOMOGENEIDAD OK**

PRUEBA "F" DE FISHER

Cálculo de F calculado (F_c) según:

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}, \text{ si } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}, \text{ si } S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

$$F_c = \frac{3521.35}{3213.52} = 1.10$$

Cálculo del F tabular (valor critico de F_t).

Para una probabilidad del 95%, es decir, con un nivel de significación $\alpha = 5\%$ y grados de libertad:

$$\begin{aligned} \text{G.L.N} &= n_1 - 1 \uparrow, \text{ si } S_1^2(x) > S_2^2(x) \\ \text{G.L.D} &= n_2 - 1 \downarrow \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{G.L.N} &= n_2 - 1 \uparrow, \text{ si } S_2^2(x) > S_1^2(x) \\ \text{G.L.D} &= n_1 - 1 \downarrow \end{aligned}$$

$$\text{GL1} = 360 - 1$$

$$\text{GL2} = 166 - 1$$

$$a = 5\%$$

$$= +\text{INV.F.CD}(a; GL1; GL2) \quad F_t = 1.25$$

comparación del F_c con el F_t .

Si $F_c \leq F_t$ (95%) $\longrightarrow S1(x) = S2(x)$ (estadísticamente)

Si $F_c > F_t$ (95%) $\longrightarrow S1(x) \neq S2(x)$ (estadísticamente), por lo que se debe corregir

Conclusión: $F_c = 1.10 < F_t = 1.25$ **HOMOGENEIDAD OK**

2.3.5. REGIONALIZACIÓN Y EXTRAPOLACIÓN

2.3.5.1. PRECIPITACIÓN DE LA INTERCUENCA

Es aquella precipitación hidrológica que cae sobre una cuenca determinada. Esta precipitación se puede calcular mediante los métodos aritméticos, polígonos de Thiessen, las Isoyetas, polígonos de Thiessen modificado y el inverso de la distancia al cuadrado, los más usados en hidrología. En el presente estudio se utilizó técnica determinística (regresión lineal)

Método del U.S. National Weather Service.

Este procedimiento ha sido verificado tanto teórico como empíricamente y consiste que el dato faltante en una cierta estación A, puede ser estimado en base a los datos observados en las estaciones circundantes. El método puede ser aplicado para estimar valores diarios, mensuales o anuales faltantes.

El método consiste en ponderar los valores observados en una cantidad W, igual al recíproco del cuadrado de la distancia (D) entre cada estación vecina y la estación A.

$$P_x = \frac{\sum (P_i w_i)}{\sum w_i}$$

Pi = Precipitación observada para la fecha de la faltante, en las estaciones auxiliares circundantes (pueden ser como mínimo 2), en milímetros.

w_i= 1/Di² Siendo Di la distancia entre cada estación circundante y la estación incompleta, en km.

Tabla 23

Precipitación regionalizada para la Intercuenca de estudio.

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL DE LA INTERCUENCA MEDIO BAJO DEL VILCANOTA (mm)														
Departamento		Cusco			Provincia			Calca		Distrito		San Salvador		
N°	AÑO	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	1980	97.4	162.6	185.9	63.0	2.8	0.1	2.6	6.9	26.7	47.1	25.9	66.3	687.4
2	1981	150.4	145.3	104.7	39.2	6.2	4.3	8.7	6.0	24.6	77.1	119.0	127.3	813.0
3	1982	231.0	86.2	194.5	137.5	14.6	8.8	2.3	10.7	16.9	32.8	110.8	55.2	901.3
4	1983	82.7	52.1	55.7	29.5	1.6	4.1	6.6	4.0	10.2	21.5	37.3	64.3	369.6
5	1984	142.3	118.6	71.7	91.5	3.1	2.8	2.0	14.3	6.6	68.2	72.0	53.8	646.8
6	1985	133.8	175.3	143.3	51.1	11.0	5.5	0.6	3.0	31.4	90.5	126.2	67.3	838.9
7	1986	48.3	111.0	130.1	46.3	9.7	0.1	2.2	3.9	5.2	8.2	31.1	52.7	448.7
8	1987	250.0	60.1	39.2	14.5	1.2	9.5	9.3	0.1	2.7	14.9	93.1	63.1	557.6
9	1988	120.7	94.8	175.0	70.1	3.7	0.0	0.0	0.1	4.5	20.1	28.1	99.4	616.4
10	1989	130.7	103.9	117.6	29.4	6.6	3.0	1.7	7.2	14.0	20.4	38.1	53.0	525.7
11	1990	108.0	60.3	33.5	65.5	7.3	35.3	0.4	4.0	9.0	54.5	106.5	104.2	588.4
12	1991	80.3	128.5	75.8	34.5	11.3	8.6	0.5	1.2	8.1	46.0	74.4	86.3	555.5
13	1992	91.9	69.2	64.0	19.9	0.0	23.6	0.3	16.3	5.3	39.1	104.3	71.3	505.2
14	1993	181.5	90.6	44.8	30.1	4.9	2.4	5.5	10.6	7.5	25.7	96.9	145.4	645.9
15	1994	164.9	135.3	157.8	51.8	6.8	0.0	0.0	0.0	17.6	49.0	23.2	139.8	746.2
16	1995	111.9	78.4	99.1	9.8	2.4	0.0	0.2	0.4	16.2	23.7	38.2	76.8	457.2
17	1996	124.2	81.4	60.3	56.5	11.5	0.0	0.0	16.3	14.0	51.3	55.2	102.5	573.4
18	1997	108.6	117.7	110.5	13.8	3.7	0.0	0.0	14.2	15.4	24.8	142.9	116.3	667.9
19	1998	114.5	125.5	38.2	24.1	2.9	2.9	0.0	2.2	9.0	53.8	51.9	63.8	488.6
20	1999	93.4	115.3	72.6	38.5	3.3	3.6	2.6	0.0	33.8	18.7	39.6	116.0	537.4
21	2000	179.1	116.8	85.6	5.3	6.3	5.9	2.4	3.1	6.6	44.9	18.7	79.3	553.9
22	2001	225.4	152.0	147.5	26.7	12.7	0.0	19.1	9.5	13.5	52.1	83.7	96.2	838.4
23	2002	104.9	171.7	107.4	29.7	9.7	3.2	38.3	3.1	11.3	51.1	88.7	125.7	744.7
24	2003	135.6	122.9	134.2	30.5	3.4	6.6	0.0	22.1	4.6	29.8	20.0	125.8	635.6
25	2004	154.3	114.3	83.5	17.8	2.2	19.8	13.5	8.1	26.5	25.8	51.0	88.7	605.6
26	2005	125.3	102.6	87.5	30.9	1.5	0.1	1.2	4.0	5.0	26.1	52.9	76.4	513.6
27	2006	183.2	106.4	129.8	38.7	0.1	19.4	0.5	12.4	6.2	56.3	70.3	122.2	745.4
28	2007	121.2	63.4	130.1	58.3	6.7	0.0	3.5	0.2	3.1	39.0	69.5	81.7	576.6
29	2008	138.1	135.2	60.2	8.5	7.8	4.5	0.4	4.1	10.8	49.0	73.9	136.2	628.6
30	2009	99.5	95.5	70.0	18.9	2.6	0.0	3.3	0.9	17.1	7.9	104.3	100.5	520.5
31	2010	261.4	146.7	137.7	8.9	5.8	0.6	1.5	8.8	4.7	67.9	30.6	187.2	861.8
32	2011	103.9	180.2	115.0	48.2	5.1	5.5	6.7	0.3	30.5	33.2	53.7	125.4	707.7
33	2012	70.0	157.7	46.8	33.1	2.4	0.5	0.8	0.5	20.6	11.8	125.8	156.4	626.4

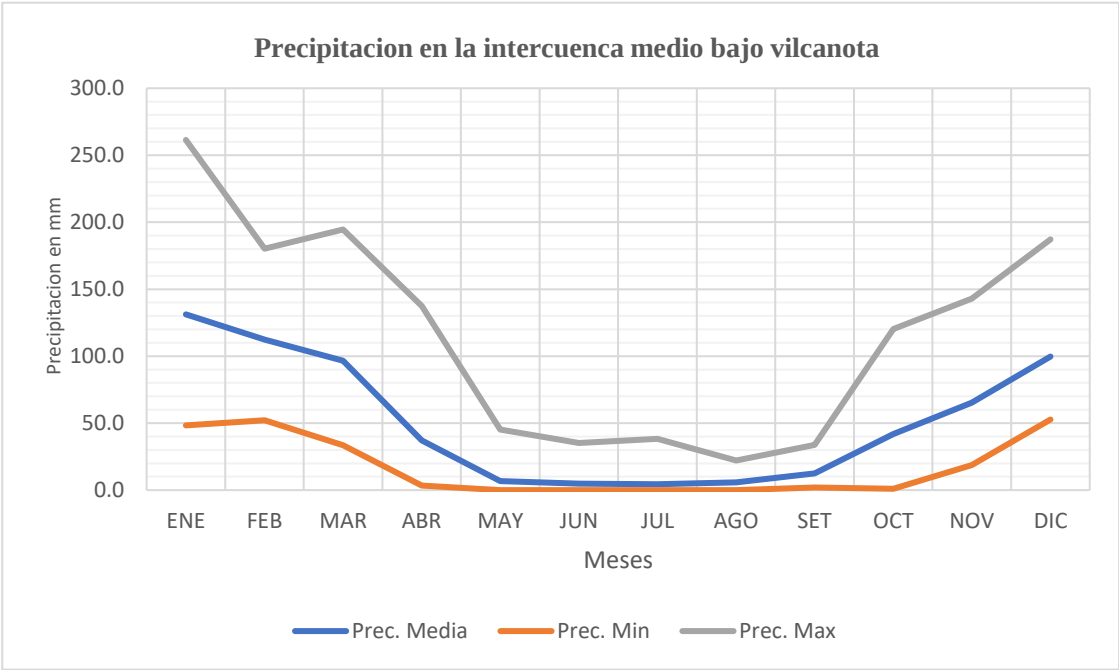
34	2013	138.9	143.3	74.4	19.8	8.5	5.4	3.6	13.5	6.5	120.2	66.9	162.8	763.9
35	2014	149.6	96.2	57.1	44.7	11.4	0.0	4.2	6.9	8.3	90.5	32.5	133.5	634.7
36	2015	132.1	125.3	65.5	53.3	12.2	4.5	6.3	6.4	10.3	42.0	39.0	117.5	614.4
37	2016	88.4	129.3	53.4	28.7	5.1	0.5	10.5	4.4	10.2	49.3	35.9	90.5	506.2
38	2017	85.7	66.3	117.1	51.9	11.7	1.8	4.0	4.3	13.7	44.4	38.8	83.6	523.5
39	2018	137.7	139.1	124.0	26.6	2.3	15.1	12.8	11.6	9.7	80.8	87.4	81.1	728.1
40	2019	109.2	99.2	142.9	27.6	9.9	0.9	8.1	0.8	7.0	66.0	102.8	114.3	688.6
41	2020	128.8	127.7	84.4	13.0	1.2	0.2	3.6	0.3	6.5	16.8	29.1	106.1	517.6
42	2021	116.6	102.9	49.0	53.4	6.8	6.6	0.9	2.8	1.9	33.3	94.2	83.8	552.1
43	2022	144.7	63.7	103.6	3.5	1.1	0.3	0.3	7.2	17.0	0.9	27.6	58.5	428.3
44	2023	71.0	75.0	65.9	31.7	45.1	0.0	2.6	2.9	13.2	17.3	67.7	127.3	519.8
Suma		5771	4946	4247	1626	296	216	194	260	544	1844	2879	4385	27207
NºDatos		44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Desv. Estándar		46.4	33.5	41.9	24.7	7.1	7.4	6.7	5.4	8.1	25.1	34.0	32.8	123.8
Media		131.2	112.4	96.5	37.0	6.7	4.9	4.4	5.9	12.4	41.9	65.4	99.7	618.3
Prec. Min		48.3	52.1	33.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.9	18.7	52.7	369.6
Prec. Max.		261.4	180.2	194.5	137.5	45.1	35.3	38.3	22.1	33.8	120.2	142.9	187.2	901.3
Coef.Variacion		0.4	0.3	0.4	0.7	1.1	1.5	1.5	0.9	0.7	0.6	0.5	0.3	0.2

Nota. Fuente: Elaboración propia

Un posterior análisis nos permite comprender la variación de precipitación a lo largo de los meses del año, que se podrá observar y comprender de una mejor manera con el siguiente gráfico.

Figura 24

Gráfico del análisis de precipitación



Nota. Fuente: Elaboración propia

2.3.5.2. Método Regresión Lineal

Este método analiza dos variables Precipitación y Altitud, los cuales nos permitirá predecir los valores de $P=f(A)$ con un cierto grado de aproximación. El análisis de la precipitación en relación a la altitud nos conlleva a generar precipitaciones en zonas y/o puntos requeridos con una determinada altitud.

En el cuadro y gráfico siguientes se puede apreciar a las estaciones utilizadas en el análisis regional para la microcuenca, donde se muestran las constantes y el coeficiente de correlación (r) obtenido:

$$y = 0.4124x - 638.07$$

$$R^2 = 0.9949$$

Siendo:

P = Precipitación total anual (mm).

H = Altitud (msnm).

r = Coeficiente de correlación.

El coeficiente de correlación $r = 0.9949$, nos indica una ALTA correlación y dependencia entre la altitud con la precipitación. La precipitación media de la intercuenca medio bajo del Vilcanota es de 618.32 mm/año.

Tabla 24

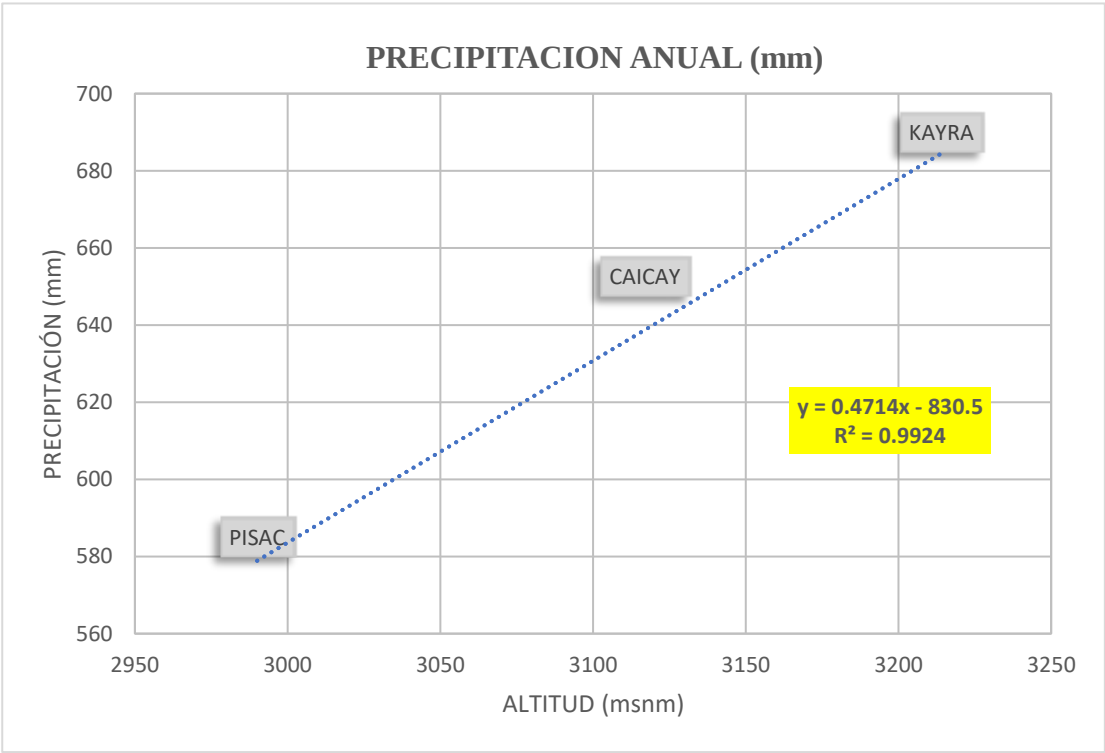
Precipitación media con datos de las estaciones Kayra, Caicay y Pisac

ESTACION	ALTITUD (msnm)	LATITUD Sur	LONGITUD Oeste	PRECIPI. ANUAL (mm)
KAYRA	3214	13°33´24.29"	71°52´30.61"	681.44416
CAICAY	3117	13°35´59.96"	71°42´1"	644.09905
PISAC	2990	13°25´10.2"	71°51´3.1"	576.57369

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 25

Tenencia regional de la precipitación.



Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

Regionalización anual de precipitación por regresión lineal

PARAMETROS DE REGRESION LINEAL		COEFICIENTE DE CORRELACION	ALTITUD MEDIA DE LA ZONA ESTUDIADA	PRECIPITACION MEDIA ANUAL
a	b	r	H (msnm)	(mm)
-830.5025291	0.471368361	0.99617615	3011	588.7876051
-830.5025291	0.471368361	0.99617615	3463	801.8461041
-830.5025291	0.471368361	0.99617615	3915	1014.904603

Nota. Fuente: Elaboración propia

Ecuación de la Regionalización Anual:

$$P = a + b * H$$

Siendo:

P = Precipitación total anual (mm) H =Altitud (msnm) r = Coeficiente de Correlación a y

b= parámetros de regresión lineal.

2.3.5.3.REGIONALIZACIÓN TEMPERATURA

Para el presente análisis en la zona de estudio se ha contado con información proveniente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).de lo cual se utilizó información de las estaciones circundantes a nuestra zona de estudio, las cuales fueron las estaciones: CAYCAY, KAYRA, Y PISAC.

Tabla 26

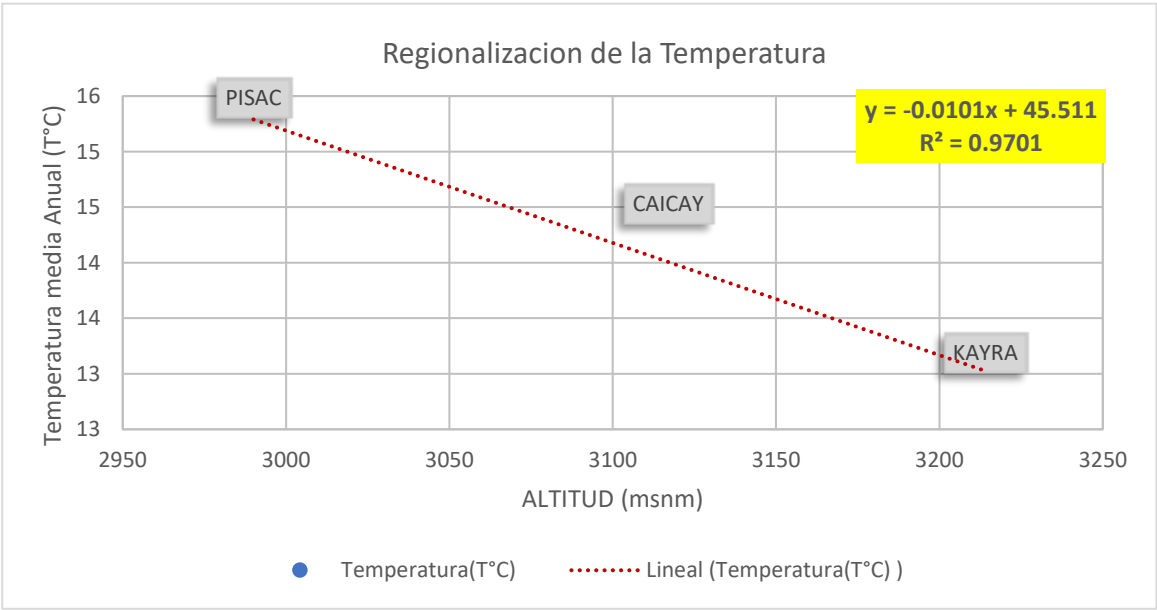
Descripción de puntos meteorológicos con datos de temperatura media anual

ESTACIÓN	ZONA	ALTITUD (msnm)	LATITUD Sur	LONGITUD Oeste	Temperatura (T°C)
KAYRA	19 L	3214	13°33´24.29"	71°52´30.61"	12.90
CAICAY	19 L	3117	13°35´59.96"	71°42´1"	14.24
PISAC	19 L	2990	13°25´10.2"	71°51´3.1"	15.19

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Gráfico de ecuación de regionalización de temperatura.



Nota. Fuente: Elaboración propia

La temperatura media mensual de la microcuenca de estudio es de 15.08 °C, en tanto la temperatura media máxima es de 22.99 °C y por último la temperatura media mínima es de 7.16°.

Tabla 27

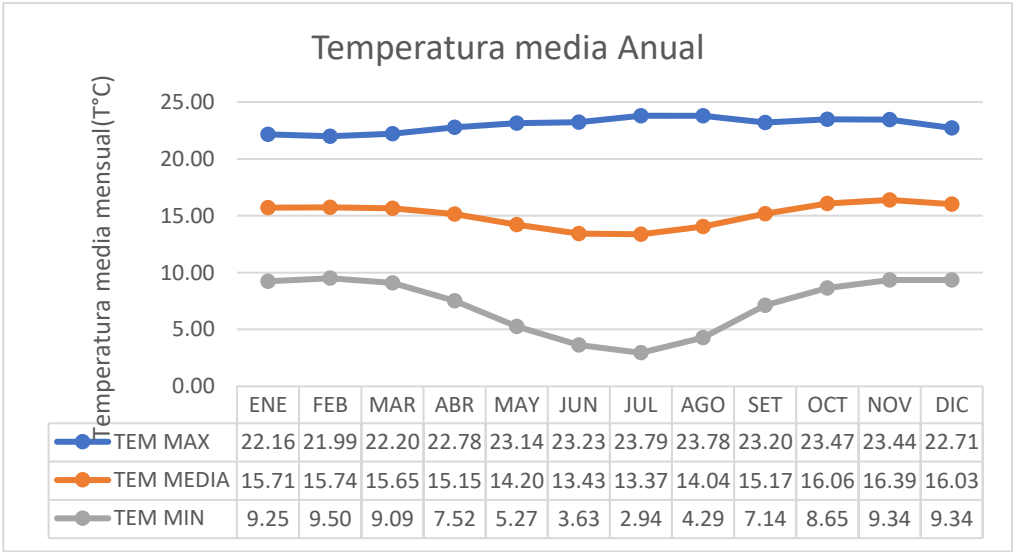
Temperatura media mensual vs elevación

INTERCUENCA MEDIO BAJO DE VILCANOTA													
Distrito		San Salvador		Este		197001		8508024		Temperatura C°			
Provincia		Calca		Norte		3011							
Región		Cusco		Altitud									
TEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
TEM MAX	22.16	21.99	22.20	22.78	23.14	23.23	23.79	23.78	23.20	23.47	23.44	22.71	22.99
TEM MEDIA	15.71	15.74	15.65	15.15	14.20	13.43	13.37	14.04	15.17	16.06	16.39	16.03	15.08
TEM MIN	9.25	9.50	9.09	7.52	5.27	3.63	2.94	4.29	7.14	8.65	9.34	9.34	7.16

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 27

Gráfico del análisis de temperatura



Nota. Fuente: Elaboración propia

2.3.6. EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración se describe como el volumen de agua que se transforma en vapor.

Este cambio puede ocurrir mediante evaporación directa o la transpiración de las plantas. Comúnmente se expresa en milímetros para un periodo específico. Es evidente que la evapotranspiración depende esencialmente del suministro de agua y, por lo tanto, de la humedad del suelo, la cual a menudo limita su efectividad.

La tasa de evapotranspiración se encuentra determinada por diversos factores que regulan tanto la evaporación como la transpiración, abarcando aspectos físicos y biológicos. Thornthwaite introdujo el término "evapotranspiración potencial", definiéndolo como la cantidad de agua que perdería una superficie completamente cubierta de vegetación en crecimiento activo, suponiendo que siempre existiera humedad suficiente en el suelo para el uso máximo por parte de las plantas. Esto se contrasta con la "evapotranspiración real", que representa la cantidad de agua efectivamente evaporada y transpirada en la realidad.

La evapotranspiración es un proceso mediante el cual retorna a la atmosfera el agua que precipito, ya sea, por evaporación, sublimación, transpiración de las plantas, cumpliendo el ciclo hidrológico.

2.3.6.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL:

La Evapotranspiración real (E_r) representa el flujo de agua que se eleva hacia la atmósfera en forma de vapor, resultado tanto de la evaporación directa como de la transpiración de las plantas. Este fenómeno está directamente vinculado al volumen de agua presente y disponible en el entorno.

La Er está condicionada por la cantidad de agua que se encuentra disponible en un momento específico, lo cual comprende tanto la precipitación como el contenido de humedad en el suelo. Turc ha desarrollado diversas fórmulas que se basan en la temperatura media y la altura de la precipitación media anual o mensual. La ecuación es:

La evapotranspiración real (ETR) es la cantidad real de agua que se pierde de la superficie del suelo hacia la atmósfera y está limitada por la disponibilidad de agua en el suelo. Este proceso es influenciado por factores como la capacidad de retención de agua del suelo, la precipitación, la cantidad de agua almacenada en el suelo y las características específicas de la cubierta vegetal.

La ETR es un indicador crucial para entender la demanda real de agua en un área determinada y es esencial para la gestión sostenible de recursos hídricos. La diferencia entre la ETP y la ETR proporciona información valiosa sobre la humedad del suelo y la disponibilidad de agua para las plantas.

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

Donde:

Er = Evapotranspiración real (mm)

P = Precipitación media anual (mm)

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

T = Temperatura media anual (°C)

Esta es la fórmula en la que la T es la temperatura media anual del aire en °C, que expresa el

poder evaporante de la atmosfera y es aplicable a todos los climas: áridos, húmedos, fríos y cálidos.

Para calcular la evapotranspiración Real se realizó una regionalización de las precipitaciones promedio mensuales en las 3 estaciones, Kayra, Caicay y Pisac, el área de estudio corresponde a la intercuenca delimitada en nuestra zona de estudio, la fórmula que se utilizo fue con el método de turc.

A continuación, se muestra un cuadro de cálculo para estimar la evapotranspiración Real

Tabla 28
Evapotranspiración Real por el método de turc

EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL												
Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
tm mens	15.7	15.7	15.6	15.2	14.2	13.4	13.4	14.0	15.2	16.1	16.4	16.0
Precipitación Mensual	131.2	112.4	96.5	37.0	6.7	4.9	4.4	5.9	12.4	41.9	65.4	99.7
Coeficiente térmico(L)	705.0	706.0	703.4	690.3	665.2	644.8	643.1	660.8	690.7	714.5	723.1	713.5
Evapotranspiración (mm/año)	135.7	116.9	100.7	38.9	7.1	5.2	4.6	6.2	13.0	44.1	68.7	103.9
												644.94

Nota. Fuente: Elaboración propia

2.3.6.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

La evapotranspiración potencial (ETP) se refiere a la cantidad máxima de agua que podría evaporarse y transpirarse en un área determinada bajo condiciones climáticas ideales, es decir, en ausencia de limitaciones de agua en el suelo. Factores que afectan la ETP incluyen la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del viento y la duración del día.

La fórmula de Penman-Monteith es ampliamente utilizada para calcular la evapotranspiración potencial. Esta ecuación toma en cuenta diversos factores climáticos y es especialmente útil en la agricultura para estimar las necesidades hídricas de los cultivos.

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL SEGÚN THORNTHWAITE

Thornthwaite (1948) propone la fórmula: $e = 16 \times (10 \times t_m / I)^a$

Dónde:

e: evapotranspiración mensual sin ajustar en mm (mm/mes)

tm: temperatura media mensual en ° C

I : índice de calor anual

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j \quad j = 1, \dots, 12$$

(que se calcula sumando los doce índices de calor mensual).

$$i_j = (t_{mj}/5)^{1,514}$$

a: parámetro que se calcula a partir de **I** según la expresión:

$$a = 0,000000675 \times I^3 - 0,0000771 \times I^2 + 0,01792 \times I + 0,49239$$

Ejemplo:

Con los datos de temperaturas medias mensuales de la estación meteorológica, LHUMSS, 2000, determinar la ETo por el método de Thornthwaite

Para valores de temperatura media mensual superiores a 26,5 ° C, la ETP sin ajustar (en mm/mes) se obtiene directamente:

Para el cálculo de la ETP de un mes determinado será preciso corregir la ETP sin ajustar "e" mediante un coeficiente que tenga en cuenta el número de días del mes y horas de luz de cada día, en función de la latitud. Para lo cual se introduce el índice de iluminación mensual en unidades de 12 horas, que deberá multiplicar a la ETP sin ajustar para obtener la ETP según Thornthwaite (mm/mes) final:

$$ETP_{Tho} = e \times L \text{ (mm/mes)}.$$

e : evapotranspiración mensual sin ajustar en mm

L : factor de corrección del número de días del mes (Ndi) y la duración astronómica del día Ni - horas de sol:

$$Li = Ndi/30 \times Ni/12$$

Figura 28

Número máximo de horas de sol

Número máximo de horas de sol (Doorenbos y Pruitt, 1977)												
Lat. Norte	E	F	Mr	A	My	Jn	Jl	A	S	O	N	D
Lat Sur	D	N	O	S	A	Jl	Jn	My	A	Mr	F	E
50	8,5	10,0	11,8	13,7	15,3	16,3	15,9	14,4	12,6	10,7	9,0	8,1
48	8,8	10,2	11,8	13,6	15,2	16,0	15,6	14,3	12,6	10,9	9,3	8,3
46	9,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7	15,4	14,2	12,6	10,9	9,5	8,7
44	9,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4	15,2	14,0	12,6	11,0	9,7	8,9
42	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,9	11,1	9,8	9,1
40	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,5	11,2	10,0	9,3
36	10,1	11,0	11,9	13,1	14,0	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8
30	10,4	11,1	12,0	12,9	13,6	14,0	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2
25	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	13,7	13,5	13,0	12,3	11,6	10,9	10,6
20	11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3	13,2	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9
16	11,3	11,6	12,0	12,5	12,8	13	12,9	12,6	12,2	11,8	11,4	11,2
10	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5
5	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,0	12,3	12,1	12,0	11,9	11,8
0° Ecuador	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0

Nota. Fuente: Máximo Villon pag.308

El método de Thornthwaite es un método para estimar la evapotranspiración potencial (ETP) en función de la temperatura y la latitud. Este método es ampliamente utilizado en hidrología y climatología para estimar la cantidad de agua que se evapora y se transpira de una superficie vegetada.

El método de Thornthwaite utiliza la temperatura media mensual y la duración del día para estimar el potencial de evaporación de un área. Thornthwaite desarrolló una ecuación para calcular el potencial de evaporación en función de la temperatura y la latitud, que luego se convierte en una estimación mensual del potencial de evaporación para un lugar específico.

A pesar de sus limitaciones y simplificaciones, el método de Thornthwaite sigue siendo ampliamente utilizado debido a su simplicidad y facilidad de aplicación en áreas donde no se dispone de datos detallados sobre la humedad del suelo y la radiación solar. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este método no puede ser tan preciso en áreas con condiciones climáticas extremas o cambios significativos en la cobertura vegetal.

Para calcular la evapotranspiración potencial se realizó una regionalización de las temperaturas promedio en cada mes de las 3 estaciones, kayra, Caicay y Pisac, determinando así un promedio de las temperaturas medias mensuales en el área de estudio que corresponde a la intercuenca delimitada en nuestra zona de estudio, la fórmula que se utilizó fue con el método de Thornthwaite.

A continuación, se muestra un cuadro de cálculo para estimar la evapotranspiración potencial:

Tabla 29

Evapotranspiración Potencial por el método de Thornthwaite

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL												
Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
tm mens	15.7	15.7	15.6	15.2	14.2	13.4	13.4	14.0	15.2	16.1	16.4	16.0
ij=(tmj/5)	3.1	3.1	3.1	3.0	2.8	2.7	2.7	2.8	3.0	3.2	3.3	3.2
ij=(tmj/5) ^{1.514}	5.7	5.7	5.6	5.4	4.9	4.5	4.4	4.8	5.4	5.9	6.0	5.8
Sin corregir e =16× (10× tm/I) ^a	61.6	61.8	61.2	58.4	53.0	48.7	48.4	52.0	58.4	63.7	65.6	63.5
N° de horas Luz	10.9	11.2	11.7	12.3	12.8	13.2	13.3	13.1	12.6	12.0	11.5	11.0
N° de días mes	31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0
Factor de Corrección	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9
e corregido	57.8	53.8	61.7	59.8	58.4	53.6	55.4	58.7	61.3	65.8	62.9	60.1
												709.269

Nota. Fuente: Elaboración propia

2.3.1. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

Parte de las aguas de precipitación retorna a la atmósfera mediante procesos de evapotranspiración, mientras que otra fracción se filtra a través del suelo y subsuelo. El remanente genera avenidas y se desplaza por la superficie formando extensos cauces de escorrentías que, en última instancia, desembocan en ríos y riachuelos.

La cantidad de agua que escapa a la infiltración y a la evaporación durante la precipitación se expresa en términos porcentuales. En el análisis de la cuenca, empleamos el método de Justin, donde los valores de la Escorrentía Superficial se determinan mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

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

P = Precipitación promedio anual en (mm)

T = Temperatura media anual (°C)

S= Pendiente media de la cuenca (%)

Para calcular la evapotranspiración Real se realizó una regionalización de las precipitaciones y temperaturas anuales en las 3 estaciones, Kayra, Caicay y Pisac, determinando de esta forma la precipitación promedio anual y la temperatura media anual para el área de estudio que corresponde a la intercuenca delimitada en nuestra zona de estudio, la fórmula que se utilizo fue con el método de turc

A continuación, se muestra un cuadro de cálculo para estimar la escorrentía superficial mediante el método de turc.

Tabla 30

Escorrentía Superficial mediante el método de Jusstin

ESCORRENTÍA	
Escorrentía de la cuenca (mm)	447.14
Precipitación promedio anual (mm)	618.34
Temperatura media anual (C°)	15.08
Pendiente Media de la cuenca (%)	57.60

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los cálculos, se determinó que la escorrentía de la cuenca corresponde a 447.140 mm por año, lo que equivale a 44.7cm.

2.3.2. INFILTRACIÓN

Parte de las aguas de precipitación retorna a la atmósfera mediante procesos de evapotranspiración, mientras que otra fracción se filtra a través del suelo y subsuelo. El remanente genera avenidas y se desplaza por la superficie formando extensos cauces de escorrentías que, en última instancia, desembocan en ríos y riachuelos.

La cantidad de agua que escapa a la infiltración y a la evaporación durante la precipitación se expresa en términos porcentuales. En el análisis de la cuenca, empleamos el método de Justin, donde los valores de la Escorrentía Superficial se determinan mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

I = altura de agua infiltrada anual (mm).

Qm = Caudal medio (m³/s).

t = Tiempo (seg.).

A = Superficie de la cuenca (m²).

Para calcular la altura de agua infiltrada anual se obtuvo información de la página web (SENAMHI, 2023) del acerca de los caudales promedios anuales de la estación hidrometeorológica de Pisac.

Se tomo datos de los caudales promedios anuales de los últimos años y se obtuvo un promedio anual.

Aplicando la formula y los datos obtenidos de la estación Pisac, para la cuenca, se tiene la altura de agua infiltrada para cada año:

Tabla 31

Infiltración de agua calculada en la cuenca de estudio

INFILTRACIÓN	
Altura de agua infiltrada anual (mm)	4883.51
Caudal Medio (m3/s)	213.7
Tiempo (seg)	31536000
Superficie de la cuenca(m2)	138023000

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los cálculos, se determinó que la altura de agua infiltrada anual en mm corresponde a 4883.512mm, lo que equivale a 4.88 metros.

2.3.3. BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico de la cuenca tiene por objetivo realizar un conteo de los aportes y las pérdidas de agua en la cuenca hidrogeológica. El cálculo se basa en los datos relativos a los elementos hidrológicos. Todo fenómeno cíclico implica una igualdad de pérdidas y ganancias, por lo que el balance del agua los representamos con la siguiente formula.

$$P = Er + Ce + I$$

Donde:

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

Er =La evapotranspiración real.

Ce = Escorrentía superficial.

I = Infiltración.

Tabla 32

Cálculo del balance hídrico (totalidad de la capa de agua caída sobre la cuenca)

BALANCE HÍDRICO	
P (Totalidad de la capa de agua caída sobre la cuenca)	5803.92
Evapotranspiración real	473.3
Escorrentía superficial	447.14
Infiltración	4884

Nota. Fuente: Elaboración propia

2.3.4. BALANCE HIDRICO EN UNA CUENCA -CORRELACION DE LOS DATOS

DEL BALANCE HIDRICO EN LA RECARGA DE ACUIFEROS

ENTRADAS

- Precipitación (**P**)
- Agua de escorrentía entrante (**Q_{gin}**)
- Agua superficial (**Q_{in}**)
- Aguas subterráneas entrantes (**G_{in}**)

SALIDAS

- Evaporación (**E_s**)
- Transpiración (**T_s**)
- Agua de escorrentía saliente (**Q_{gout}**)
- Agua superficial (**Q_{out}**)
- Infiltración (**I**)
- Aguas subterráneas salientes (**G_{out}**)

2.3.5. VARIACION EN EL AMACENAMIENTO

- La variación en el almacenamiento está definida como la diferencia entre lo que entra y lo que sale, definida para un volumen de control.
- Volumen de control: Porción de corteza terrestre a la cual se le va a determinar la variación en el almacenamiento.

La variación en el almacenamiento está definida como la diferencia entre lo que entra y lo que sale, definida para un volumen de control.

Volumen de control: Porción de corteza terrestre a la cual se le va a determinar la variación en el almacenamiento.

$$\Delta S / \Delta t = I - O$$

En esta ecuación, el diferencial representa el cambio en el almacenamiento, I representa el total de las entradas y O el total de las salidas.

Agua Superficial:

$$P + Q_{in} - Q^{out} + Qg_{in} - Qg_{out} - E_s - I = \Delta S_s$$

Agua Subterránea:

$$I + G_{in} - G_{out} + T_s = \Delta S_g$$

Infiltración-Aguas Subterráneas entrantes-Aguas Subterráneas Salientes+Transpiracion=Almacenamiento de agua subterránea

La cantidad total de agua infiltrada en el área de estudio local fue determinada en función de la permeabilidad y extensión de la zona. En toda la cuenca de estudio, se registra una infiltración promedio de 4883.51 mm. Considerando la extensión del área de estudio local y el rango de permeabilidades calculado, se estimó que esta zona presenta una infiltración de 548.5 mm.

La transpiración anual estimada en la cuenca es de 331.31 mm, y para el área de estudio local la transpiración es de 37.2 mm.

$$I = 548.5 \text{ mm}$$

$$G_{in} = 1810 \text{ mm}$$

$$G_{out} = 1780 \text{ mm}$$

$$T_s = 37.5 \text{ mm}$$

$$\Delta S_g = 616 \text{ mm}$$

Se logro determinar que la cantidad total de agua infiltrada en la zona de estudio local es de 646 mm que es equivalente a 0.616 m

Tomando en cuenta que el área de extensión de estudio local es de 15.5 km² y que los acuíferos tienen un espesor promedio de 15m entonces podríamos estimar un volumen aproximado de la cantidad de agua total presente en los acuíferos fluviales y aluviales.

Dando como resultado que estos acuíferos tendrían un aproximado de 143,220 m³.

2.4.HIDROGEOLOGÍA

La hidrogeología de los sectores Chuecamayo, Pillahura, Qosqo Ayllu, Huancapampa y Chillinkay, situados en la intercuenca del río Vilcanota, en el distrito de San Salvador, fue analizada a través de una caracterización hidrogeológica destinada a comprender las propiedades, dinámicas y comportamientos de los acuíferos. Este estudio incluyó un análisis de la litología, la estructura geológica y parámetros hidrogeológicos como la conductividad hidráulica, la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento, que permiten evaluar el potencial de almacenamiento y circulación del agua subterránea. Asimismo, se realizaron estudios hidrogeoquímicos para determinar la composición físico química del agua y su interacción con las unidades litológicas presentes. Paralelamente, se analizó la dinámica del flujo subterráneo, identificando patrones de recarga, descarga y dirección del flujo. Para este fin, se emplearon técnicas como la tomografía de resistividad eléctrica para identificar estructuras subsuperficiales, pruebas de bombeo para obtener parámetros hidráulicos, y un inventario sistemático de fuentes de agua. La integración de estos datos resulta esencial para evaluar de manera precisa la disponibilidad, calidad y sostenibilidad de los recursos hídricos subterráneos, garantizando una gestión adecuada en la zona de estudio.

2.4.1. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA

El inventario de fuentes de agua subterráneas y superficiales se presenta en la siguiente tabla la cual tiene un resumen detallado de las características de las muestras de agua subterránea y superficial recolectadas en el área de estudio. Las muestras fueron clasificadas según su tipo, incluyendo pozos, manantes y ríos. Se proporciona información sobre las coordenadas UTM (Este y Norte), la zona, la profundidad (en el caso de los pozos), la geología y la altitud del punto de muestreo en cada caso.

2.4.1.1.FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

Pozos: Representados con la letra "P", estos puntos muestran variaciones en la profundidad, el tipo de depósito cuaternario (fluvial o aluvial) y las altitudes correspondientes.

P-01 a P-10: En el sector de Qosqoayllu se encuentran los pozos P-01, P-02 y P-03; en el sector de Pillahura, el pozo P-04; en el sector de Chuecamayo, los pozos P-05, P-06, P-07, P-08 y P-09; y en el sector de Chillincay, el pozo P-10. Las profundidades de los pozos varían entre 3 y 45 metros. La mayoría están ubicados en depósitos cuaternarios fluviales, excepto el pozo P-02, que se encuentra en un depósito cuaternario aluvial.

Tabla 33

Inventario de Fuentes de Agua subterránea (Pozos De Agua) en el Área de estudio

Muestra	Este (m)	Norte (m)	Zona	Tipo	Profundidad	Geología	Altitud
P-01	195138	8509024	19 L	Pozo	18 m	Deposito cuaternario Fluvial	2998 m
P-02	194992	8508876	19 L	Pozo	40 m	Deposito cuaternario Aluvial	3023 m
P-03	194958	8509153	19 L	Pozo	16 m	Deposito cuaternario Fluvial	2996 m
P-04	194383	8511109	19 L	Pozo	3 m	Deposito cuaternario Fluvial	2983 m
P-05	195351	8509155	19 L	Pozo	45 m	Deposito cuaternario Fluvial	2988 m
P-06	196011	8508857	19 L	Pozo	17 m	Deposito cuaternario Fluvial	3002 m
P-07	196239	8508485	19 L	Pozo	7 m	Deposito cuaternario Fluvial	2992 m
P-08	196693	8508085	19 L	Pozo	12 m	Deposito cuaternario Fluvial	2996 m
P-09	198622	8507243	19 L	Pozo	30 m	Deposito cuaternario Fluvial	3011 m
P-10	199510	8506044	19 L	Pozo	18 m	Deposito cuaternario Fluvial	3014 m

Nota. Fuente: Elaboración propia

Manantes: Identificados con la letra "M". Se encuentran en depósitos cuaternarios (aluvial y fluvial) y en el Grupo Mitu.

M-1 a M-4: En el sector de Huancapampa se encuentra el manantial M-01, en el sector de Chillincay el manantial M-02, en el cerro Pachatusan el manantial M-03 y en el sector de

Qosqoayllu el manantial M-04. Estos manantiales están ubicados en diversas formaciones geológicas y a diferentes altitudes, destacando el manantial M-03, que se encuentra en el Grupo Mitu a una altitud de 3770 m.

Tabla 34

Inventario de Fuentes de Agua Subterránea (Manantes) en el Área de estudio

Muestra	Este (m)	Norte (m)	Zona	Tipo	Caudal	Geología	Altitud
M-1	197987	8507307	19 L	Manante	0.6 lt/s	Deposito cuaternario Aluvial	3008 m
M-2	200550	8505152	19 L	Manante	9.0 lt/s	Deposito cuaternario Fluvial	3028 m
M-3	198425	8505133	19 L	Manante	4.0 lt/s	Grupo Mitu	3770 m
M-4	194584	8509014	19 L	Manante	2.0 lt/s	Deposito cuaternario Aluvial	3061 m

Nota. Fuente: Elaboración propia

2.4.1.2.FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL

Ríos: Denotados con la letra "R", estas muestras representan puntos de muestreo en cuerpos de agua superficial sin una profundidad especificada.

R-01 a R-03: El R-01 representa el río Vilcanota, el R-02 el río Chuecamayo y el R-03 el río Tincocmayo. Estos ríos se encuentran en la misma zona (19 L) y las muestras fueron tomadas a altitudes que oscilan entre 3028 m y 3040 m.

Tabla 35

Inventario de Fuentes de Agua Superficial (Ríos) en el Área de estudio

Muestra	Este (m)	Norte (m)	Zona	Tipo	Caudal	Altitud
R-01	200632	8505079	19 L	Rio	213.7 m3/s	3028 m
R-02	197106	8508231	19 L	Rio	1 m3/s	3029 m
R-03	200372	8505423	19 L	Rio	0.5 m3/s	3040 m

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se realizó la medición del caudal del río Vilcanota midiendo la **velocidad media** de la corriente y el **área de la sección** transversal del río, en donde se determinó lo siguiente:

AFORO AL INICIO

Velocidad media (V) = 2.826 m/s

Profundidad promedio (P) = 1.8 m

Ancho (An) = 42 m

Dando como resultado que el caudal de Aforo al inicio en el río Vilcanota resultó ser de 213.7 m³/s

AFORO AL FINAL

Velocidad media (V) = 2.826 m/s

Profundidad promedio (P) = 1.77 m

Ancho (An) = 42 m

Dando como resultado que el caudal de Aforo al final en el río Vilcanota resultó ser de 210.084 m³/s

2.4.2. ENSAYO DE INFILTRACIÓN

Las pruebas de ensayo de infiltración, evalúan la cantidad de agua que penetra en el suelo en un período de tiempo determinado. Estas pruebas determinan la permeabilidad del suelo.

Las pruebas de infiltración son esenciales en un estudio hidrogeológico, ya que permiten evaluar la permeabilidad del suelo, estimar la recarga natural de los acuíferos y localizar zonas con mayor potencial de infiltración. Además, aportan información clave para planificar el uso del suelo, identificar barreras impermeables y modelar el flujo subterráneo.

La información recopilada a través de las pruebas de infiltración también influye en el dimensionamiento de las infraestructuras de riego. Desde la planificación de canales hasta la selección de tuberías, esta información garantiza que nuestro sistema tenga la capacidad necesaria para suministrar la cantidad adecuada de agua a las áreas de cultivo.

Se realizó el ensayo de infiltración en 20 puntos distintos de la zona de estudio, a continuación, se muestran los resultados de la permeabilidad del suelo.

Tabla 36

Permeabilidad en distintos puntos del Área de estudio

Punto	Permeabilidad(m/día)	Permeabilidad(cm/seg)	Coordenadas X	Coordenadas Y
P-1	2.2	2.546×10^{-3}	203814	8500319
P-2	2.6	3.009×10^{-3}	203498	8501977
P-3	2.3	2.662×10^{-3}	203116	8503450
P-4	2.5	2.894×10^{-3}	200413	8505021
P-5	4.2	4.861×10^{-3}	200059	8505714
P-6	4.5	5.208×10^{-3}	199308	8506613
P-7	4.9	5.671×10^{-3}	197948	8507490
P-8	4.3	4.977×10^{-3}	197005	8508067
P-9	5.5	6.366×10^{-3}	196242	8508475
P-10	5	5.787×10^{-3}	195554	8508647
P-11	3.4	3.935×10^{-3}	194731	8508984
P-12	5.8	6.713×10^{-3}	194691	8509858
P-13	6	6.944×10^{-3}	194528	8510349
P-14	5.7	6.597×10^{-3}	194528	8510727
P-15	5.9	6.829×10^{-3}	194416	8511113
P-16	8.5	9.838×10^{-3}	194250	8511232
P-17	9.5	1.099×10^{-2}	193786	8511466
P-18	10.2	1.181×10^{-2}	193416	8512174
P-19	10.5	1.215×10^{-2}	192912	8512581
P-20	10.9	1.262×10^{-2}	192368	8513417

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los valores de permeabilidad varían de 2.2 m/día a 10.9 m/día. Esta diferencia está relacionada con cambios en la granulometría del suelo, donde las zonas con mayor permeabilidad tienen una mayor proporción de arenas gruesas o gravas, mientras que las zonas con permeabilidad más baja podrían estar compuestas de sedimentos más finos, como arcillas o limos.

Los puntos con mayores valores de permeabilidad (P-16 a P-20) están hacia el nor-oeste del área de estudio, lo que sugiere que en esa zona el subsuelo tiene características más favorables para la infiltración, posiblemente con mayor presencia de gravas y arenas.

En cambio, los puntos P-1 a P-4, ubicados en dirección hacia el sur-este, presentan valores de permeabilidad más bajos, lo cual indica zonas con mayor contenido de sedimentos finos como arcillas y limos. Las zonas con permeabilidad más alta son más adecuadas para la recarga de acuíferos subterráneos.

De acuerdo al cuadro de comparación del coeficiente de permeabilidad según Casagrande y Fadum, podemos comprobar que los valores obtenidos en la zona de estudio oscilan entre 2.546×10^{-3} cm/s y 1.262×10^{-2} cm/s. Estos valores, según la variación del coeficiente de permeabilidad (Casagrande y Fadum, 1939), se encuentran dentro del rango de Mezclas de grava y arena limpia Y Mezclas de grava arena, limo y arcilla lo cual indican que estos suelos presentan una moderada permeabilidad y drenaje.

Figura 29

Cuadro de comparación según el coeficiente de permeabilidad del suelo y el tipo de suelo



Nota. Fuente: Casagrande y Fadum (1939)

2.4.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS EXISTENTES

En el área de estudio, hay un total de 10 pozos de agua subterránea. De estos, 9 están operativos, mientras que el pozo P-04 permanece inoperativo durante las temporadas de lluvias. Esto se debe a que, en dichas épocas, el agua utilizada para el riego de cultivos proviene directamente de las precipitaciones.

Los pozos están equipados con bombas sumergibles de capacidades de 2, 3, 5 y 7.5 Hp, las cuales funcionan con energía eléctrica continua. Sin embargo, el pozo P-4 opera con una motobomba que utiliza gasolina, y el pozo P-7 funciona con una bomba externa alimentada por energía eléctrica de un panel solar.

Durante la ejecución de la prueba de bombeo se registró caudales mediante el método volumétrico. Los niveles dinámicos de los pozos fueron medidos mediante una Sonda de nivel de agua (Waterlevel), el cual fue colocado antes de iniciar la prueba hidráulica en cada pozo de prueba.

2.4.4. PRUEBAS DE BOMBEO

Una prueba de bombeo es un método utilizado para analizar los pozos de captación de aguas subterráneas y el acuífero en el que se encuentran. Consiste en extraer agua del pozo a un caudal constante o variable, registrando la variación del nivel del agua en el mismo pozo y en otros pozos de observación cercanos, si los hay. Este ensayo permite estudiar las fluctuaciones de los niveles de agua y obtener información sobre las características tanto del pozo como del acuífero. Además, proporciona detalles sobre la calidad de la construcción del pozo, las pérdidas de carga por fricción, el caudal más adecuado para el bombeo y la ubicación óptima de la bomba. En cuanto al acuífero, ofrece datos sobre su transmisividad, coeficiente de almacenamiento, la comunicación entre las

zonas acuíferas cercanas y más distantes, la presencia de barreras impermeables y áreas de recarga. Con esta información, es posible obtener estimaciones de los parámetros clave y conocer el margen de error de los cálculos frente a las condiciones naturales.

2.4.4.1.PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE

La prueba de bombeo a caudal constante fue un método utilizado para evaluar las propiedades hidráulicas del acuífero en el área de estudio. Consistió en extraer agua de un pozo tubular y de anillos a un caudal constante, midiendo la respuesta del acuífero, generalmente en términos de la variación del nivel del agua en el pozo de bombeo. El caudal fue registrado mediante el método volumétrico, mientras que el nivel del agua se midió con el instrumento WATER LEVEL. Los resultados fueron registrados en un formato elaborado por los tesisistas.

2.4.4.2.Régimen variable

Fueron ensayos en los cuales no se interpretó únicamente el descenso total, sino la evolución de los niveles de agua a lo largo de la prueba. Estos ensayos presentaron una mayor complejidad en comparación con los de régimen permanente y requirieron una dedicación más significativa. En primer lugar, se midieron los niveles de agua, es decir, las profundidades a las que se encontraba el nivel estático, tanto en el pozo de bombeo como en los pozos de observación; sin embargo, en este caso, no se dispuso de pozos de observación.

Una vez iniciada la operación de la bomba en el pozo, se registró la evolución de los niveles de agua con el tiempo, tanto en el pozo de bombeo como en aquellos en los que se realizaron pruebas relacionadas. La frecuencia de las mediciones se distribuyó de manera uniforme en una escala logarítmica. Por ejemplo, los tiempos recomendados para realizar las mediciones, expresados en minutos desde el inicio del bombeo, fueron: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30,

40, 50, 60, 80, 100 y 120 durante las dos primeras horas. Posteriormente, las mediciones se realizaron a intervalos sucesivos de 30 minutos, 1 hora y así sucesivamente.

Durante la prueba de bombeo, se consideraron factores como las variaciones estacionales, el caudal constante de extracción y la comunicación con los involucrados. Se midieron continuamente los niveles de agua y el caudal, siguiendo el plan establecido sin interrupciones, salvo por problemas técnicos. Se registraron datos clave como la duración, niveles inicial y final, descenso del agua y caudales, presentándolos en tablas correspondientes.

Tabla 37

Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 01

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:	Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:	San Salvador
Propietario del Pozo:	Asociación Pacha		Pozo N°: P_01	Lugar: QosqoAyllu	
Coordenadas en UTM WGS_84:	Este: 195138		Norte: 8509024		Cota: 2998
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas	
Caudal de Bombeo (Q) l/s:	2.75		Prof inicial NE/PR (m):		13.12
Espesor Sat Acuif (m):	4.88		Prof final ND/PR (m):		15.99
Prof. del pozo/PR:	18		Tiempo de Bombeo (min):		240
Fecha Ejecución:	08/07/2024		Fecha Interpretación:		12/08/2024

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 38

Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 03

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:	Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:	San Salvador
Propietario del Pozo:	Asociación Pachatusan		Pozo N°: P_03	Lugar: QosqoAyllu	
Coordenadas en UTM WGS_84:	Este: 194958		Norte: 8509153		Cota: 2996
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas	
Caudal de Bombeo (Q) l/s:	3.15		Prof inicial NE/PR (m):		12.26
Espesor Sat Acuif (m):	4.24		Prof final ND/PR (m):		15.01
Prof. del pozo/PR:	16.5		Tiempo de Bombeo (min):		240
Fecha Ejecución:	09/07/2024		Fecha Interpretación:		13/08/2024

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 39

Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 06

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:	Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:	San Salvador
Propietario del Pozo:	Sr. Ardayglie		Pozo N°: P_06	Lugar: Chuecamayo	
Coordenadas en UTM WGS_84:	Este: 196011		Norte: 8508857		Cota: 3001
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas	
Caudal de Bombeo (Q) l/s:	2.15		Prof inicial NE/PR (m):		8.5
Espesor Sat Acuif (m):	8.5		Prof final ND/PR (m):		12.71
Prof. del pozo/PR:	17		Tiempo de Bombeo (min):		180
Fecha Ejecución:	12/07/2024		Fecha Interpretación:		14/08/2024

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 40

Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 07

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:	Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:	San Salvador
Propietario del Pozo:	Sr. Castillo Licona		Pozo N°: P_07	Lugar: Chuecamayo	
Coordenadas en UTM WGS_84:	Este: 196239		Norte: 8508485		Cota: 2994
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas	
Caudal de Bombeo (Q) l/s:	1.5		Prof inicial NE/PR (m):		5.75
Espesor Sat Acuif (m):	3.5		Prof final ND/PR (m):		7.25
Prof. del pozo/PR:	9.25		Tiempo de Bombeo (min):		120
Fecha Ejecución:	10/07/2024		Fecha Interpretación:		14/08/2024

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 41

Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 08

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:	Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:	San Salvador
Propietario del Pozo:	Sra. Andrea		Pozo N°: P_08	Lugar: Chuecamayo	
Coordenadas en UTM WGS_84:	Este: 196693		Norte: 8508085		Cota: 2998
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas	
Caudal de Bombeo (Q) l/s:	2.15		Prof inicial NE/PR (m):		9.2
Espesor Sat Acuif (m):	3.45		Prof final ND/PR (m):		10.55
Prof. del pozo/PR:	12.65		Tiempo de Bombeo (min):		120
Fecha Ejecución:	11/07/2024		Fecha Interpretación:		15/08/2024

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 09

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:	Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:	San Salvador
Propietario del Pozo:	Hidro Valle	Pozo N°:	P_09	Lugar:	AsnoCancha
Coordenadas en UTM WGS_84:	Este: 198622	Norte: 8507243		Cota: 3011	
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas	
Caudal de Bombeo (Q) l/s:	4.85		Prof inicial NE/PR (m):	16.25	
Espesor Sat Acuif (m):	13.75		Prof final ND/PR (m):	22.4	
Prof. del pozo/PR:	30		Tiempo de Bombeo (min):	240	
Fecha Ejecución:	16/07/2024		Fecha Interpretación:	16/08/2024	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 43

Resumen de la Prueba de Bombeo a Caudal Constante del pozo 10

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:	Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:	San Salvador
Propietario del Pozo:	Restaurante la Mestiza	Pozo N°:	P_10	Lugar:	Hatumpampa
Coordenadas en UTM WGS_84:	Este: 199510	Norte: 8506044		Cota: 3.16	
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas	
Caudal de Bombeo (Q) l/s:	1.95		Prof inicial NE/PR (m):	15.12	
Espesor Sat Acuif (m):	3.63		Prof final ND/PR (m):	18.37	
Prof. del pozo/PR:	18.75		Tiempo de Bombeo (min):	90	
Fecha Ejecución:	13/07/2024		Fecha Interpretación:	17/08/2024	

Nota. Fuente: Elaboración propia

2.4.5. PARÁMETROS HIDRÁULICOS SUBTERRÁNEOS

Para obtener los parámetros hidrogeológicos es de suma importancia realizar las pruebas de bombeo en el campo las cuales son la Transmisividad (T), Conductividad Hidráulica (K) y el coeficiente de almacenamiento. Los datos de prueba de bombeo a "caudal constante" se validaron y procesaron mediante el software AQTESOLV® para Windows, versión 4.50 (HydroSOLVE, Inc., 2007) y se eligió la solución adecuada dependiendo de las curvas teóricas transitorias clásicas que son comúnmente utilizadas en hidrogeología para interpretar los resultados de las pruebas de bombeo en acuíferos. Estas gráficas no son de un solo autor específico, sino que representan resultados teóricos basados en trabajos de varios investigadores. En el área de estudio las gráficas se asemejan más a "acuífero Semiconfinados". Se observaron y analizaron los datos de descenso y ascenso de los pozos para determinar la transmisibilidad del acuífero y el coeficiente de almacenamiento en aquellos pozos que fueron evaluados. Para ello, se empleó el procedimiento de gráficos semilogarítmicos de Theis (1935) y otras soluciones aplicables, como las de Cooper/Jacob (1946) y Tartakovsky/Neuman (2007), según el tipo de acuífero en el área de estudio. Como resultado, se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla 44

Resultado de los parámetros hidráulicos del acuífero en el área de estudio

Autores	Parámetros	Und	PRUEBAS DE BOMBEO EN LOS POZOS						
			Pozo_01	Pozo_03	Pozo_06	Pozo_07	Pozo_08	Pozo_09	Pozo_10
Theis (1935)	Transmisividad (T)	m ² /d	188.2	225.2	38.6	266.5	93.48	46.43	20.17
	Rendimiento específico (Re)	l/s/m	4.104	4.922	0.670	3.947	1.483	0.789	0.564
	Cof. Almacenamiento (S)		0.5430	0.0406	0.0071	0.0397	0.0368	0.0105	0.0017
	Espesor saturado (b)	m	4.88	4.24	8.5	3.5	3.45	13.75	3.63
	Conductividad hidráulica (K)	m/d	38.566	53.113	4.541	76.143	27.096	3.377	5.556
Cooper / Jacob (1946)	Transmisividad (T)	m ² /d	192.2	225.9	38.93	253.2	97.81	46.39	28.16
	Rendimiento específico (Re)	l/m/s	4.104	4.922	0.670	3.947	1.483	0.789	0.564
	Cof. Almacenamiento (S)		0.0507	0.3954	0.0068	0.5703	0.0369	0.0104	0.0056
	Espesor saturado (b)	m	4.88	4.24	8.5	3.5	3.45	13.75	3.63
	Conductividad hidráulica (K)	m/d	39.385	53.278	4.580	72.343	28.351	3.374	7.758
Tartakovsky / Neuman (2007)	Transmisividad (T)	m ² /d	166.2	167.4	25.24	101	53.04	4.771	51.63
	Rendimiento específico (Re)	l/m/s	4.104	4.922	0.670	3.947	1.483	0.789	0.564
	Cof. Almacenamiento (S)	%	0.0603	0.0492	0.0124	0.0544	0.1049	0.0018	0.0142
	Espesor saturado (b)	m	4.88	4.24	8.5	3.5	3.45	13.75	3.63
	Conductividad hidráulica (K)	m/d	34.057	39.481	2.969	28.857	15.374	0.347	14.223

Nota. Fuente: Elaboración propia

2.4.5.1. RADIO DE INFLUENCIA DE LOS POZOS

El radio de influencia es la distancia alrededor de un pozo donde sus efectos, como cambios en el nivel de agua o presión, son significativos. Se calcula para entender hasta qué punto un pozo afecta el acuífero circundante. Su determinación depende de factores como la conductividad hidráulica, la transmisividad del acuífero, el coeficiente de almacenamiento y el tiempo de extracción. Con los parámetros obtenidos mediante las pruebas de bombeo, se procedió a calcular los radios de influencia para los tiempos de 4, 8 y 12 horas, así como para 1, 2 y 10 días. Para ello, se utilizó la fórmula derivada de la ecuación general de Theis-Jacob, que se presenta a continuación:

$$R = \sqrt{\frac{2.5 * T * t}{S}}$$

Donde:

- R: Radio de influencia (m)
- T: transmisividad (m²/d)
- t: tiempo transcurrido después del principio de bombeo (d)
- S: Coeficiente de almacenamiento

Dado que los valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento pueden variar según los autores, para calcular los radios de influencia en diferentes tiempos se utilizaron los valores promedio aritméticos. Estos valores de radios de influencia se presentan en la Tabla 45.

Tabla 45

Valores de radio de influencia de los pozos en el área de estudio

Parámetros	Radio de influencia de los pozos						
	Pozo_01	Pozo_03	Pozo_06	Pozo_07	Pozo_08	Pozo_09	Pozo_10
Transmisividad (m ² /d)	182.200	206.167	34.257	206.900	81.443	32.530	33.320
Coeficiente de almacenamiento	0.2180	0.1617	0.0088	0.2214	0.0595	0.0076	0.0072
4 horas	17.704	21.863	38.262	18.718	22.651	40.139	41.693
8 horas	25.037	30.919	54.110	26.472	32.033	56.765	58.963
12 horas	30.664	37.868	66.271	32.421	39.233	69.522	72.215
1 día	43.366	53.554	93.722	45.850	55.483	98.320	102.127
2 días	61.328	75.737	132.543	64.842	78.465	139.045	144.430
10 días	137.135	169.353	296.374	144.992	175.454	310.914	322.955

Nota. Fuente: Elaboración propia

2.4.6. EFICIENCIA DE LOS POZOS

La eficiencia del pozo es una medida de la pérdida de eficiencia debido a factores como el diseño del pozo, la operación, y las características geológicas. Se calcula como la relación entre el descenso real en el pozo (s_r) y el descenso teórico (s_t) esperado en un pozo ideal. La fórmula es:

$$\text{Eficiencia del pozo (E)} = S_t / S_r$$

Donde:

S_t : Es el descenso teórico calculado basado en las propiedades del acuífero y las características del flujo.

El descenso teórico S_t se puede calcular utilizando las propiedades hidráulicas del acuífero (como la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento) y aplicando métodos analíticos o numéricos para modelar el flujo de agua hacia el pozo. Un modelo comúnmente usado es el modelo de Theis, que se basa en la ecuación de flujo de agua hacia un pozo en un acuífero confinado o no confinado.

La ecuación de Theis es:

$$S_t = \frac{Q}{4\pi T} * W(\mu)$$

Donde:

- S_t : es el descenso teórico en el pozo (m)
- Q : es el caudal de bombeo del pozo (m^3/d).
- T : es la transmisividad del acuífero (m^2/d)
- $W(\mu)$: es la función de pozo de Theis, que depende de la variable μ

La variable μ está definida como:

$$\mu = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

- r: es la distancia radial desde el centro del pozo hasta el punto de observación (en este caso, el radio del pozo en m).
- S es el coeficiente de almacenamiento del acuífero (adimensional).
- t es el tiempo desde el inicio del bombeo (horas)

Para encontrar $W(u)$, se utiliza una tabla o una calculadora especial diseñada para la función del pozo de Theis. Cuando $u < 0.01$, se puede emplear la aproximación:

$$W(u) \approx -\ln(u) - \gamma$$

Donde γ es la constante de Euler-Mascheroni, cuyo valor aproximado es 0.5772. Esta aproximación se sustituye en la ecuación para $W(u)$ cuando no se dispone de tablas o herramientas para calcular el valor exacto.

Para el cálculo de eficiencia del pozo se utilizaron los formulas mencionados las cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 46

Calculo de la eficiencia de los pozos en el área de estudio

Parámetros	Rendimientos específicos de los pozos						
	Pozo_01	Pozo_03	Pozo_06	Pozo_07	Pozo_08	Pozo_09	Pozo_10
Q (l/s)	2.75	3.15	2.15	1.5	2.15	4.85	1.95
Q (m3/d)	237.6	272.16	185.76	129.6	185.76	419.04	168.48
Tiempo (días)	0.167	0.167	0.083	0.083	0.083	0.167	0.054
μ	0.00454	0.001175	0.00565	0.0005	0.00219	0.00297	0.00973
$W(\mu)$	4.8186	6.167	4.5973	7.0237	5.5455	5.2392	4.0576
S teórico (m)	0.554	0.607	1.99	0.355	1.01	5.55	1.87
S real (m)	0.67	0.64	3.21	0.38	1.45	6.15	3.46
Eficiencia (%)	82.69	94.84	61.99	93.42	69.66	90.24	54.05

Nota. Fuente: Elaboración propia

2.4.7. DIRECCIÓN DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA

Se llevaron a cabo mediciones del nivel freático mediante el inventariado de pozos existentes distribuidos en los márgenes izquierda y derecha del río Vilcanota en el área de estudio. Paralelamente, se obtuvo un mapa topográfico del área para comprender la distribución de las elevaciones del terreno y la localización del río. A partir de los datos recolectados, se construyeron curvas equipotenciales que permitieron delinear líneas de igual elevación del nivel freático o potencial hidráulico. Estas líneas fueron fundamentales para determinar que la dirección del flujo de agua subterránea se orientaba perpendicularmente a las curvas equipotenciales, moviéndose en los puntos en los que tiene más energía hacia aquellos en los que tiene menor energía.

El análisis incluyó un estudio de la interacción entre el nivel freático y el río, con el fin de identificar si el flujo subterráneo se dirigía hacia el río, indicando un proceso de descarga, o si, por el contrario, el río estaba recargando el acuífero subyacente. Para corroborar la dirección del flujo identificado, se realizaron pruebas de bombeo en los pozos. Adicionalmente, se evaluaron las condiciones geológicas del subsuelo y la variabilidad estacional, factores que podrían alterar la dirección del flujo de agua subterránea.

Este enfoque permitió obtener una comprensión precisa y coherente de la dinámica del flujo subterráneo en el área de estudio, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la gestión de recursos hídricos.

2.4.8. RECARGA Y DESCARGA DEL ACUÍFERO

En el área de estudio, ubicada en los márgenes del río Vilcanota en el distrito de San Salvador, los procesos de recarga y descarga del acuífero son cruciales para el equilibrio hídrico de la región. La recarga se produce principalmente por la infiltración de precipitaciones moderadas

a altas y el aporte de cuerpos de agua locales, que alimentan el acuífero en zonas de alta permeabilidad. La descarga, por su parte, se manifiesta a través de manantiales y filtraciones hacia el río, especialmente cuando el nivel freático supera el nivel del terreno o del río. Estos procesos, influenciados por la geología, la permeabilidad del suelo y las variaciones estacionales, son fundamentales para la gestión sostenible del recurso hídrico en la región.

2.4.9. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

En el distrito de San Salvador, ubicado en el Valle Sagrado de los Incas, se pueden identificar varias unidades hidrogeológicas que desempeñan un papel crucial en la dinámica del agua subterránea. Estas unidades varían según la geología local y las características del terreno. A continuación, se describen las principales unidades hidrogeológicas presentes en la región:

2.4.9.1. Acuíferos Porosos No consolidados

a. Acuíferos Fluviales

Los depósitos fluviales son considerados como acuíferos porosos no consolidados constituidos por gravas y bloques de diferentes tamaños, con una matriz de arenas que le dan una alta permeabilidad

Los acuíferos fluviales ocupan los cauces del río Vilcanota, presentan alta porosidad, transmisividad y permeabilidad. Estos tienen una profundidad considerable y están alimentados continuamente por el mismo río, tienen un gran volumen de almacenamiento, constituyéndose en acuíferos de alto potencial.

b. Acuíferos Aluviales

Son depósitos de sedimentos no consolidados, que está conformado por bolonerías, gravas, arenas, limos y arcillas, que forman horizontes de espesores variables, presentado variabilidad vertical debido a los distintos eventos deposicionales del sistema fluvial y aluvial, los cuales encuentran en el channel belt del río Vilcanota en el área de estudio. Estos acuíferos tienen mediana porosidad, permeabilidad y transmisividad, lo que los convierte en acuíferos subterráneos medianamente potenciales. En San Salvador, los acuíferos aluviales están asociados con la llanura aluvial y sus terrazas fluviales.

2.4.9.2. Acuitardo Poroso no Consolidado Coluvial

Formados por materiales que han sido transportados y depositados por procesos gravitacionales, como deslizamientos y caídas de rocas. Estos depósitos se encuentran generalmente en las laderas y bases de las montañas y presentan variaciones en su permeabilidad dependiendo de la composición del material.

Estos depósitos, compuestos por gravas angulosas en una matriz fina de limo y arcilla, presentan baja permeabilidad, porosidad y transmisividad lo que limita la transmisión de agua subterránea, clasificándolos como acuitardos.

2.4.9.3. Acuífero fisurado Kárstico Copacabana

El acuífero kárstico Copacabana está formado por rocas carbonatadas como las calizas, las cuales tienen fracturas o espacios abiertos por el proceso de karstificación, lo que le da una alta permeabilidad. Las calizas de esta unidad son marinas de grano fino, también pueden ser oolíticas u onduladas, y se hallan intercaladas con lutitas negras y carbonosas. Tiene buen desarrollo de espesores que pueden alcanzar 600 m, por lo que son considerados de alta productividad

Este acuífero se encuentra en ambos flancos del valle, de acuerdo a los estudios realizados estos depósitos se encontrarían debajo de los depósitos cuaternarios, según los autores las calizas y dolomitas, se disuelven por la acción del agua a lo largo del tiempo. Este proceso crea un sistema de conductos y cavidades subterráneas que pueden almacenar y transportar grandes volúmenes de agua.

La disolución de las calizas puede liberar ciertos minerales que alteren la composición química del agua, la disolución de las calizas en acuíferos kársticos ocurre cuando el agua con ácido carbónico reacciona con el carbonato de calcio (CaCO_3), liberando minerales como calcio y bicarbonato. Esto aumenta la dureza del agua y la alcalinidad, afectando su calidad. Por otra parte, las calizas que están asociadas a dolomitas, liberan magnesio, lo que incrementa aún más la dureza. Este proceso natural puede comprometer la calidad del agua, haciéndola más vulnerable a la contaminación química y microbiológica debido a la alta permeabilidad del sistema kárstico.

2.4.9.4. Acuífero Fisurado Volcánico sedimentario Mitú

El acuífero Mitú se divide en dos unidades principales: Pisac y Pachatusan.

La unidad Pisac es de origen sedimentario y está compuesta por brechas y conglomerados, con algunas coladas basálticas. Este acuitardo ha sido clasificado como fisurado sedimentario de baja productividad debido a su baja porosidad, permeabilidad y transmisividad.

La unidad Pachatusan es de tipo volcano-sedimentario, constituido por coladas volcánicas y brechas de basalto, basalto andesítico y riolitas. Es un acuitardo fisurado de baja permeabilidad y productividad, con espesores que varían entre 300 y 500 metros. Este acuitardo forma parte de los dos flancos del anticlinal del Vilcanota, con estratos inclinados hacia el suroeste.

2.5.HIDROGEOQUÍMICA

En el área de estudio se analizaron un total de 17 muestras de agua provenientes de pozos, manantiales y cuerpos de agua superficial. De las 10 muestras de pozos, 3 provienen del sector de Qosqoyllu (P-01, P-02 y P-03), 1 del sector de Pillahura (P-04), 5 del sector de Chuecamayo (P-05, P-06, P-07, P-08 y P-09) y 1 del sector de Chillincay (P-10). Además, se analizaron 4 muestras de manantiales: M-01 del sector Huancapampa, M-02 del sector Chillincay, M-03 del cerro Pachatusan y M-04 del sector Qosqoyllu. Por último, se obtuvieron 3 muestras de cuerpos de agua superficial, representadas por los ríos: R-01 (río Vilcanota), R-02 (río Chuecamayo) y R-03 (río Tincocmayo). Estas muestras abarcan diversas fuentes hídricas de la zona, proporcionando una base integral para el análisis. A partir de estas muestras, se realizó un análisis fisicoquímico que permitió obtener elementos mayoritarios de cationes (calcio, magnesio y sodio) y aniones (cloruros, sulfatos y bicarbonatos), así como otros parámetros clave como la conductividad eléctrica, el pH, las sales solubles, los sólidos totales en suspensión, la acidez total. Los resultados de este análisis se encuentran detallados en los anexos correspondientes. A través del estudio hidroquímico, se evaluó la calidad de las aguas subterráneas en función de su idoneidad para diferentes usos.

2.5.1.PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

2.5.1.1. PH

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del agua, que indica la concentración de iones de hidrógeno (H^+) presentes en ella. Se expresa en una escala de 0 a 14, donde pH 7 es neutro, valores por debajo de 7 son ácidos y valores por encima de 8 son alcalinos o básicos.

En la siguiente tabla se presentan los valores de pH de las muestras de agua subterránea, los cuales varían entre 7,2 y 8,2. Estos resultados reflejan que las aguas en el área de estudio indica una ligera tendencia hacia la neutralidad y la alcalinidad.

Tabla 47

PH de las fuentes hídricas de la intercuenca en la zona de estudio

Muestra	pH	Sector
P_01	7.2	Qosqoayllu
P_02	7.25	Qosqoayllu
P_03	7.15	Qosqoayllu
P_04	7.8	Pillahuara
P_05	7.7	Chuecamayo
P_06	7.6	Chuecamayo
P_07	7.7	Chuecamayo
P_08	7.5	Chuecamayo
P_09	7.35	Chuecamayo
P_10	7.12	Hatumpampa
Mn_01	7.2	Huancapampa
Mn_02	7.4	Chillinkay
Mn_03	7.69	Hatumpampa
Mn_04	7.27	Qosqoayllu
R_01	7.8	Rio Vilcanota
R_02	8.2	Chuecamayo
R_03	7.75	Chillinkay

Fuente: Propia

Según las Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, el análisis de pH por sector muestra que todas las muestras están dentro del rango neutro a básico, oscilando entre 7.12 y 8.2. Los sectores con los valores más básicos son Chuecamayo (promedio 7.68) y Chillinkay (promedio 7.58), mientras que Qosqoayllu (promedio 7.22) y Huancapampa (7.2) presentan valores cercanos al neutro. Pillahuara y el Río Vilcanota tienen un pH moderadamente básico (7.8). En general, no se registraron valores ácidos, destacando una ligera variación espacial del pH con tendencia básica en ciertos sectores.

El pH ideal está entre 6.5 y 8.5 según el uso del agua. Las muestras (7.12 a 8.2) están dentro del rango aceptable, aunque 8.2 podría ser alto dependiendo del propósito.

2.5.1.2.CONDUCTIVIDAD

La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica. Se expresa en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

- Indica la cantidad total de sales disueltas en el agua. A medida que aumenta la concentración de sales, aumenta la conductividad eléctrica.
- Aguas con alta conductividad eléctrica pueden ser inadecuadas para el consumo humano, la agricultura y otros usos debido a la acumulación de sales en el suelo o en los sistemas de riego.

Tabla 48

Valores de conductividad eléctrica en $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la zona de estudio

Muestra	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sector
P_01	729 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Qosqoayllu
P_02	784 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Qosqoayllu
P_03	850 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Qosqoayllu
P_04	1341 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Pillahuara
P_05	1501 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Chuecamayo
P_06	752 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Chuecamayo
P_07	828 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Chuecamayo
P_08	625 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Chuecamayo
P_09	869 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Chuecamayo
P_10	854 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Hatumpampa
Mn_01	2502 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Huancapampa
Mn_02	2606 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Chillinkay
Mn_03	100 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Hatumpampa
Mn_04	341 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Qosqoayllu
R_01	1556 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Rio Vilcanota
R_02	409 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Chuecamayo
R_03	480 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Chillinkay

Fuente: Propia

Donde los pozos (P_01 al P_10), dos de los ríos (R_02 y R_03), y dos de los manantiales (Mn_03 y Mn_04) ubicados en el área de estudio presentan una conductividad eléctrica que varía entre 409 y 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ valores que corresponden a aguas dulces de baja a alta mineralización. De acuerdo con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, el valor máximo permisible de conductividad eléctrica es de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En consecuencia, tanto los pozos como algunos de los ríos y manantiales mencionados se clasifican en la categoría A1 según el (MINAM, 2017), lo que indica que las aguas son aptas para potabilización mediante un proceso de desinfección.

En contraste, los manantiales Mn_01 y Mn_02, junto con el río R_01, registran una conductividad eléctrica de 2502, 2606 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1556 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, lo que los clasifica como aguas salobres de muy alta mineralización y aguas dulces de mediana mineralización. Este rango de conductividad sitúa las aguas de estos manantiales y del río en las categorías A2 y A3 según el (MINAM, 2017), lo que implica la necesidad de tratamientos convencionales y avanzados para su potabilización.

2.5.2. FACIES HIDROQUIMICAS

Para profundizar en la comprensión de la composición química de las aguas subterráneas, se han procesado en el software Easy Quim estableciendo clasificaciones específicas basadas en los iones y cationes predominantes, empleando herramientas como los diagramas de Stiff, Piper y Scholler-Berkalov.

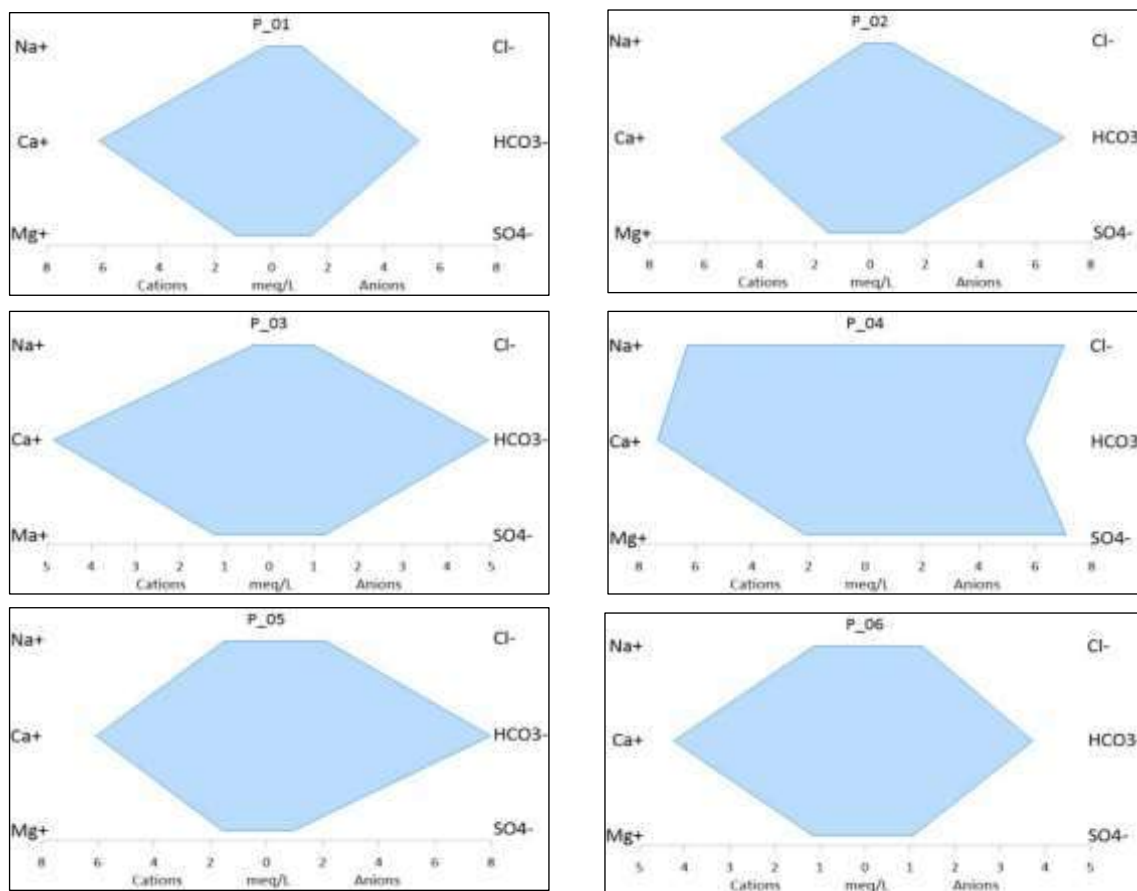
2.5.2.1. DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO

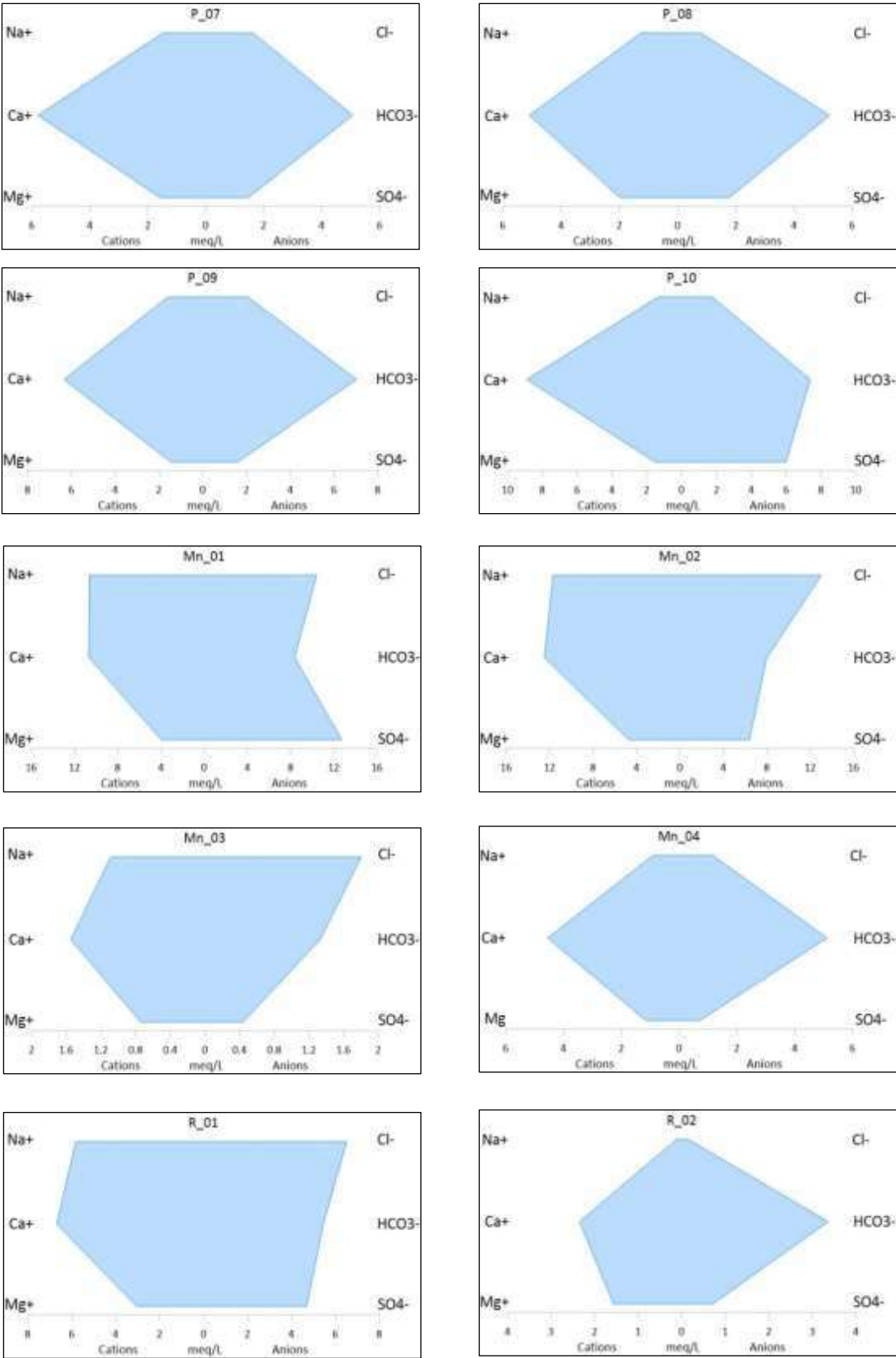
Es una representación gráfica que muestra la composición iónica de aguas subterráneas, basada en los principales cationes (Na, Ca y Mg) y aniones (cloruro, bicarbonato y sulfato). A diferencia del diagrama original, el modificado incorpora ajustes como cambios en las escalas o la inclusión de

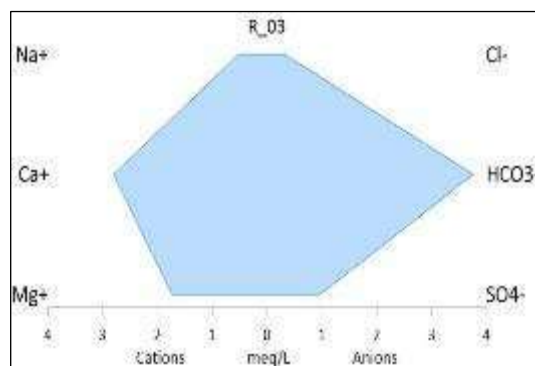
otros iones, facilitando la comparación entre diferentes muestras de agua y permitiendo una mejor evaluación de su calidad. Los diagramas de Stiff están compuestos por cuatro ejes horizontales sobre los que se grafican los cationes en miliequivalentes por litro a la izquierda de un eje vertical y los aniones a la derecha del mismo eje. Cuando los datos son graficados y los puntos son conectados, el resultado es un polígono cuya forma es representativa de un tipo de agua subterránea en particular (Custodio y Llamas, 1983).

Figura 30

Diagramas de Stiff de las fuentes hídricas del área de estudio







Fuente: Propia

El análisis de los gráficos de Stiff indica, en su mayoría, la presencia de aguas bicarbonatadas cálcicas, caracterizadas por concentraciones significativas de Ca^{2+} y HCO_3^- . Estas aguas mantienen, en general, un buen equilibrio entre cationes y aniones, aunque con algunas variaciones menores que apuntan a influencias adicionales en su composición. En ciertos casos, se observa un aumento leve en las concentraciones de Mg^{2+} o Na^+ , lo que sugiere la presencia de aguas bicarbonatadas cálcico-magnesianas o bicarbonatadas sódicas. Por ejemplo, el gráfico P_04 refleja una mayor concentración de Na^+ y SO_4^{2-} , indicando una posible mezcla con aguas más ricas en sodio y sulfatos. Del mismo modo, P_10 muestra una composición más compleja, con niveles elevados de Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , y SO_4^{2-} , lo que evidencia procesos de mezcla con aguas de mayor contenido salino.

En el caso de los manantiales, los gráficos Mn_01 (Sulfatada sódica cálcica), Mn_02 y Mn_03 (Clorurada cálcica), lo que apunta a aguas sulfatadas sódicas cálcicas, típicamente influenciadas por procesos de disolución de minerales. Estas aguas suelen ser características de áreas con alta mineralización, probablemente debido a la interacción con formaciones geológicas ricas en calceo y sulfatos. En contraste, Mn_04 presenta un perfil más equilibrado entre Ca^{2+} y HCO_3^- , lo que es típico de aguas bicarbonatadas cálcicas, con bajas concentraciones de Mg^{2+} y SO_4^{2-} .

Por su parte, los gráficos de los ríos R_01, R_02 y R_03 exhiben composiciones variables. R_01 destaca por sus altas concentraciones de Mg^{2+} y SO_4^{2-} , lo que lo clasifica como agua sulfatada magnesiana, asociada comúnmente con ambientes de alta mineralización por sulfatos. R_02, por otro lado, muestra un predominio de Mg^{2+} y HCO_3^- , lo que indica aguas bicarbonatadas magnesianas, con una ligera presencia de Cl^- , lo cual sugiere una influencia secundaria en la composición química del agua. Finalmente, R_03 presenta un balance entre Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- y SO_4^{2-} , aunque con concentraciones relativamente bajas en comparación con otros gráficos, lo que indica una composición de aguas bicarbonatadas cálcico-magnesianas con una leve influencia de sulfatos.

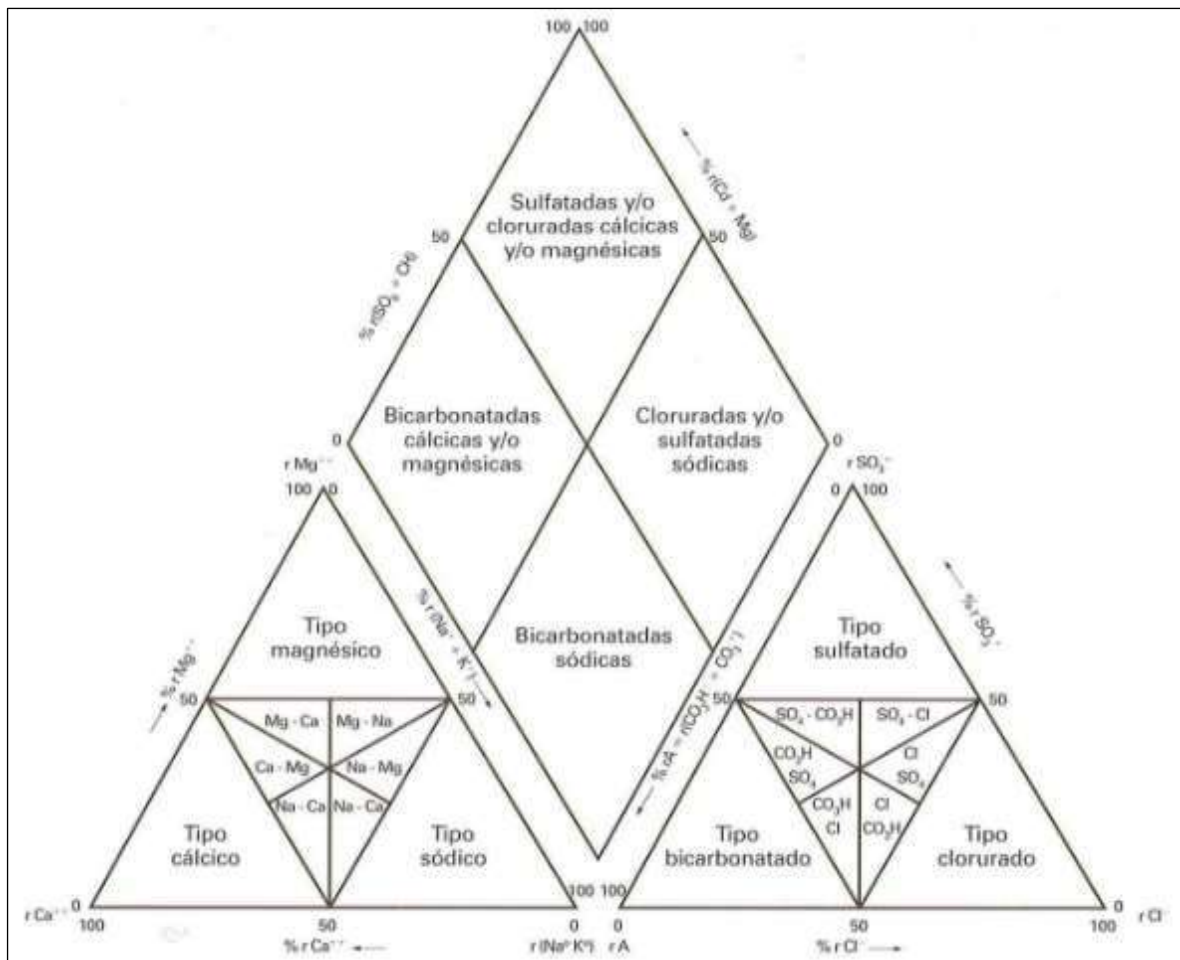
2.5.2.2.DIAGRAMA DE PIPER

Es una herramienta gráfica usada en hidrogeología para clasificar y analizar la composición química del agua subterránea, especialmente en términos de sus principales iones. Está compuesto por dos diagramas triangulares que representan las concentraciones relativas de los cationes (como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) y aniones (como Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}). Los datos de ambos triángulos se proyectan en un romboide central que clasifica el tipo de agua en función de sus características iónicas.

Este diagrama es clave para identificar la naturaleza del agua (por ejemplo, si es bicarbonatada cálcica, clorurada sódica, etc.), y entender procesos como la mezcla de aguas, la evolución química en acuíferos, o posibles fuentes de contaminación. El diagrama de Piper facilita la visualización de variaciones en la composición química del agua y ayuda a interpretar los procesos geológicos y químicos que afectan la calidad del agua subterránea.

Figura 31

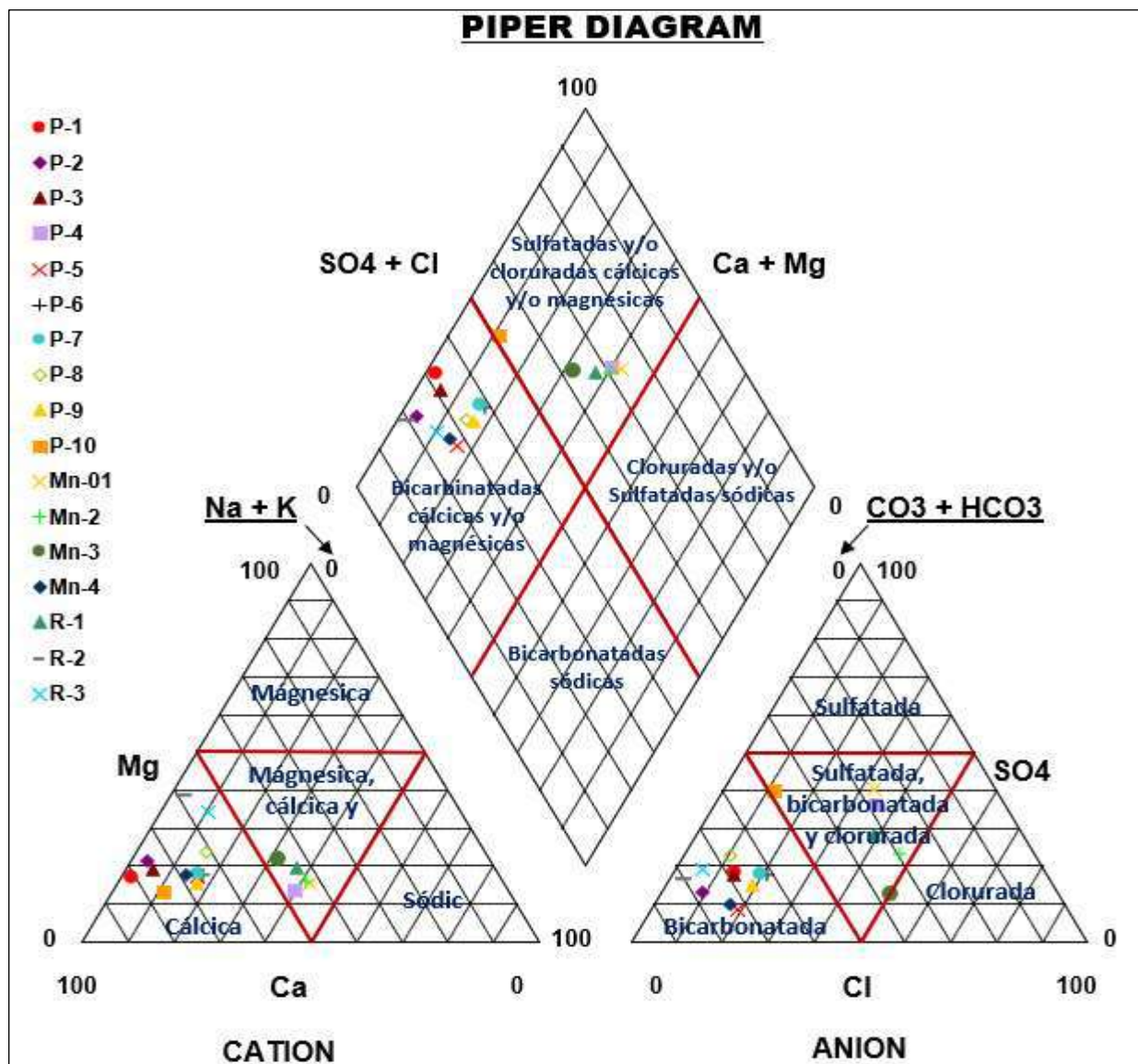
Diagrama de Piper para clasificación química de las fuentes de aguas en el área de estudio



Fuente: Martínez Alfaro, P., Martínez Santos P., Castaño Castaño S., (2005). *Fundamentos de Hidrogeología*. Ediciones Multi prensa. España. Pag 179.

Figura 32

Diagrama de piper de las fuentes hídricas de la intercuenca del área de estudio



Fuente: Propia

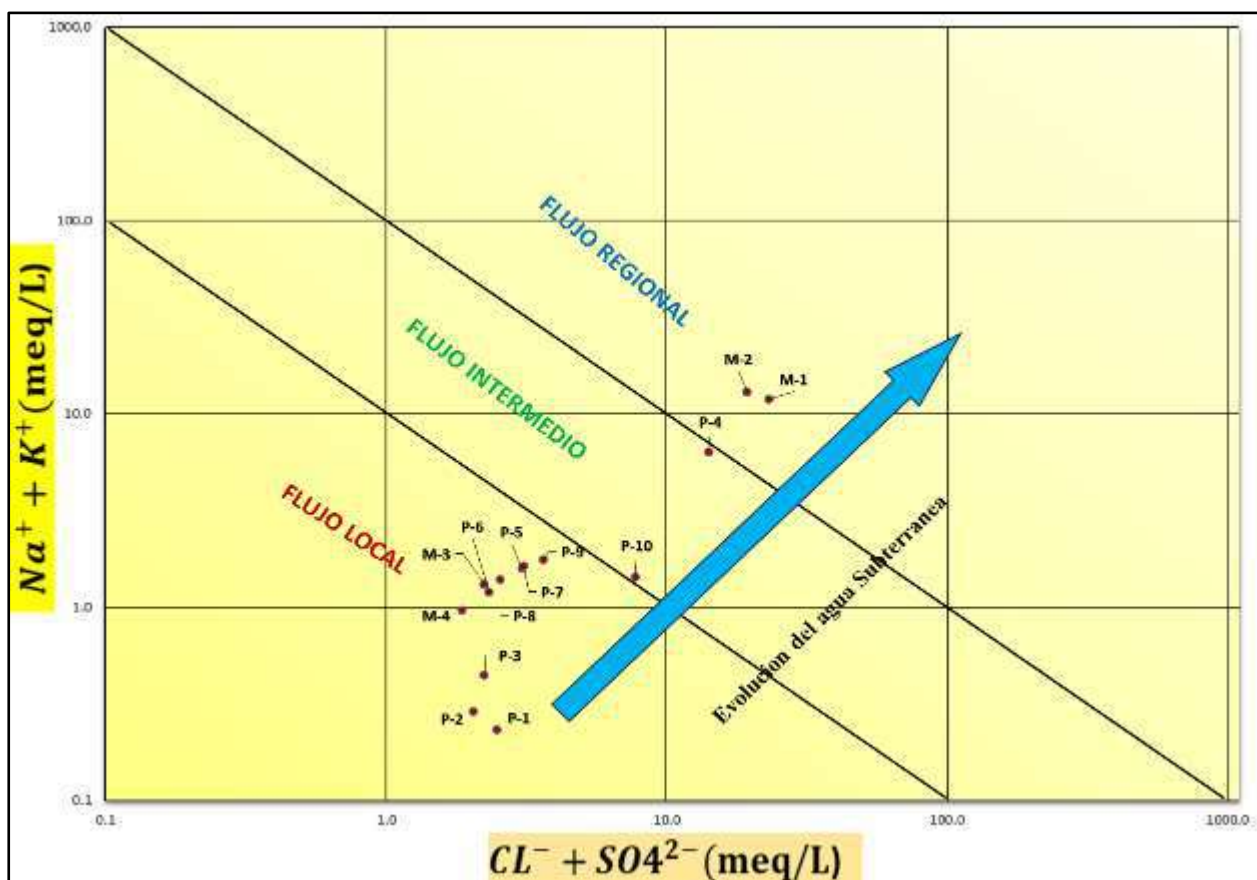
Con base en el análisis del diagrama de Piper, se identificó que 11 de las fuentes hídricas estudiadas (P_01, P_02, P_03, P_05, P_06, P_07, P_08, P_09, Mn_04, R_02 y R_03) corresponden a facies bicarbonatadas cálcicas. Por otro lado, las fuentes P_04, P_10, Mn_01, Mn_02, Mn_03 y R_01 presentan facies sulfatadas cálcicas.

2.5.2.3.DIAGRAMA DE SCATTER

El diagrama de dispersión, también conocido como diagrama de dispersión, es una herramienta esencial para identificar la relación o correlación entre dos variables de datos. Este gráfico es fundamental para comprender los posibles orígenes de la composición del agua subterránea. En 1988, Mifflin presentó una relación entre cationes (sodio y potasio) y aniones (cloruros y sulfatos) en miliequivalentes por litro en una escala logarítmica. El propósito era precisar los sistemas de flujo de agua subterránea basándose en la composición química.

Figura 33

Diagrama de Mifflin para la evolución de las fuentes de aguas en el área de estudio.



Fuente: Propia

Se analizo la composición química de 10 muestras de agua de pozos de agua subterránea y 4 muestras de fuentes de agua de manantes, en los cuales se realizó el diagrama de mifflin para determinar la evolución del agua subterránea en la intercuenca de estudio.

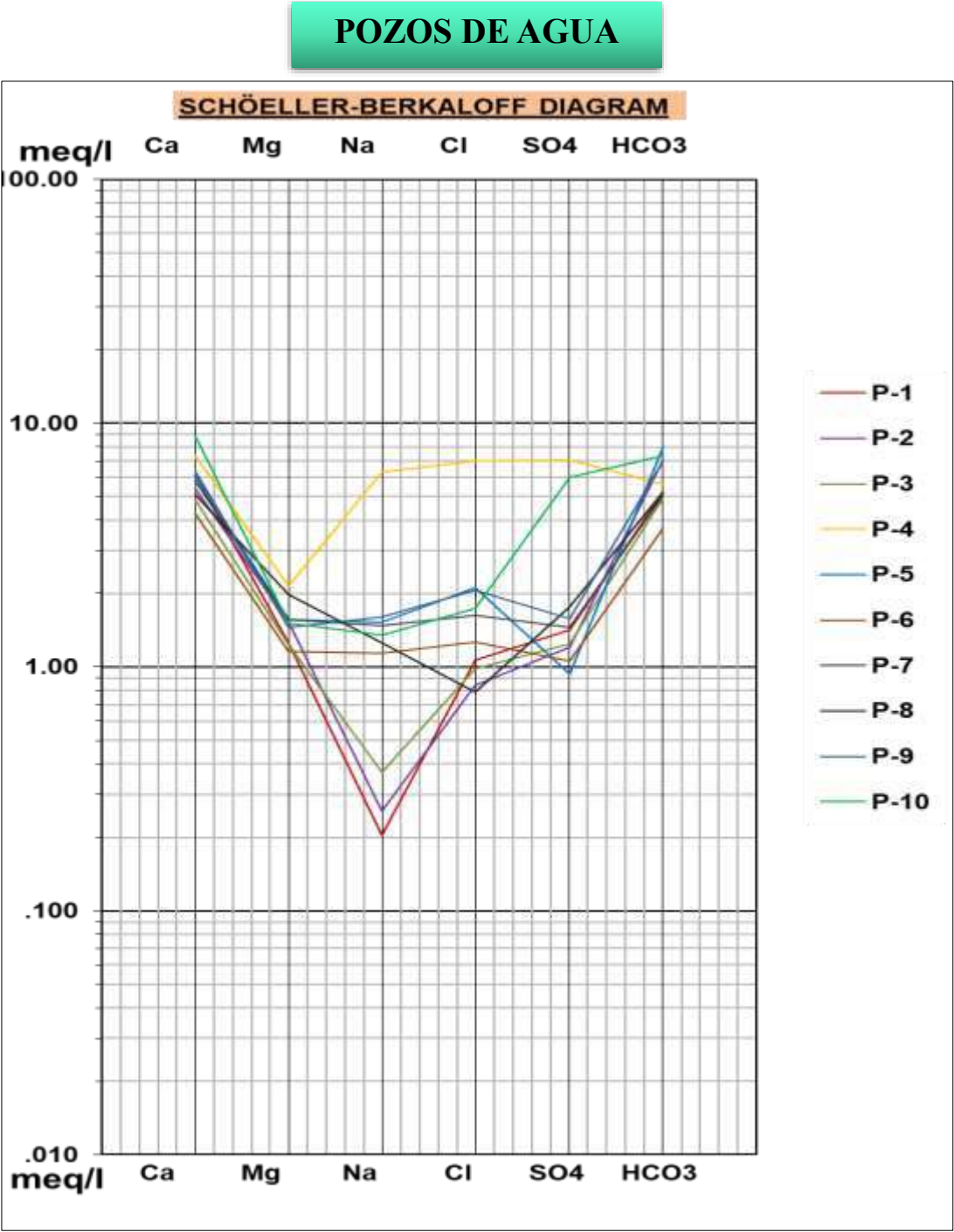
En el grafico podemos observar que los puntos tienen una tendencia de evolución hacia un flujo Local.

La gráfica muestra la evolución de las aguas subterráneas a través de diferentes zonas de flujo (local, intermedio, regional), reflejando cómo el agua se enriquece en sales a medida que viaja a través del subsuelo. Los manantiales están en zonas con menor evolución química (flujo local) a excepción de los manantiales M-2 y M-1 los cuales tienen una tendencia hacia un flujo regional, los pozos se ubican en una zona con una tendencia a flujo local a excepción del pozo P-4 y P-10 los cuales tienen una tendencia hacia un flujo Intermedio.

2.5.2.4.DIAGRAMAS DE SCHOLLER-BERKALOFF

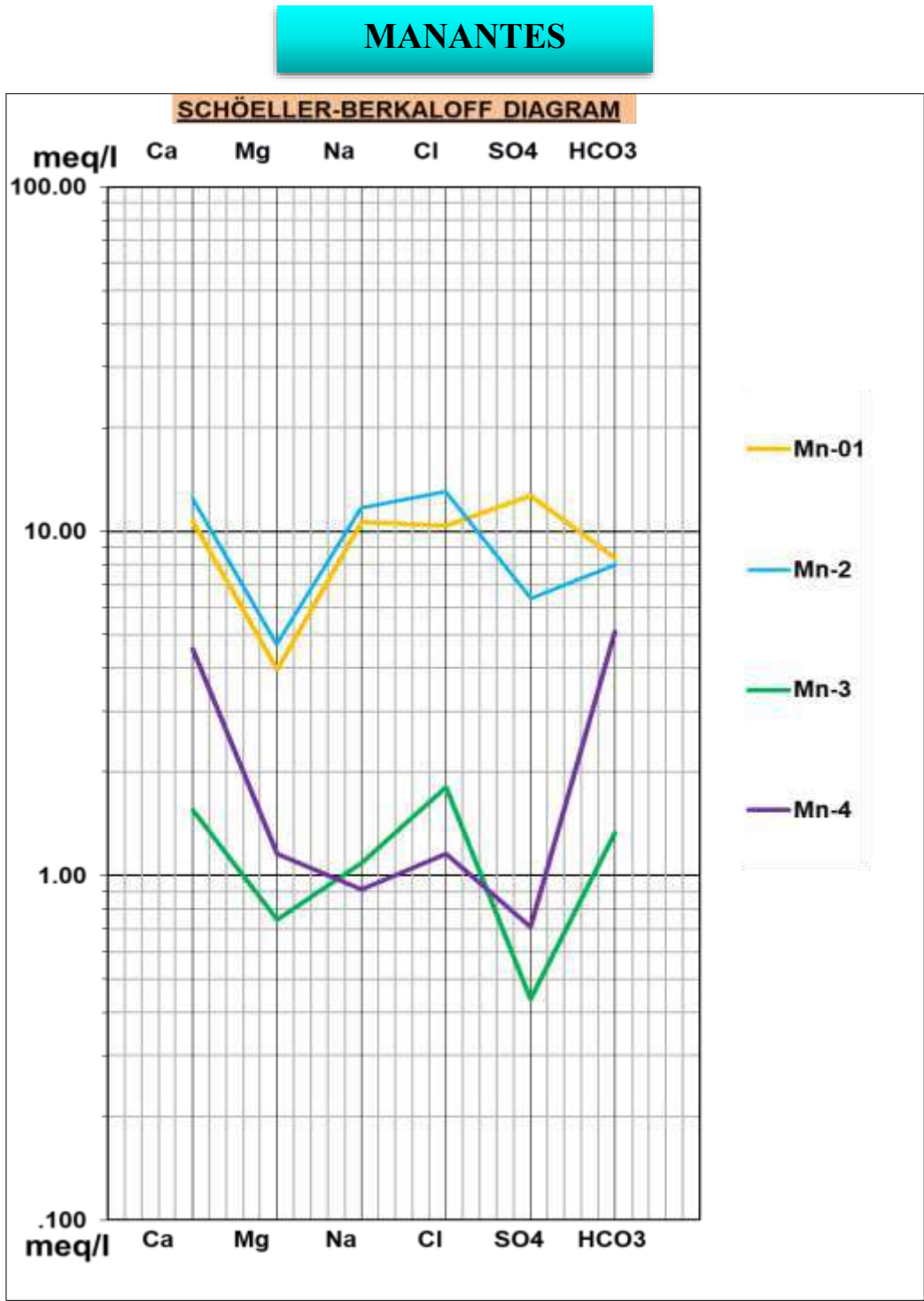
Este diagrama representa la relación entre los cationes (como calcio, magnesio, sodio,) y los aniones (como cloruro, sulfato, bicarbonato) en una muestra de agua subterránea. La disposición de los puntos en el diagrama proporciona información sobre la geoquímica del agua subterránea y puede ayudar a identificar procesos hidrogeológicos, como la influencia de la recarga o la presencia de aguas subterráneas afectadas por la actividad humana.

Figura 34
Diagrama de Scholler-Berkaloff para la evolución de las fuentes de agua (pozos subterráneos) en el área de estudio.



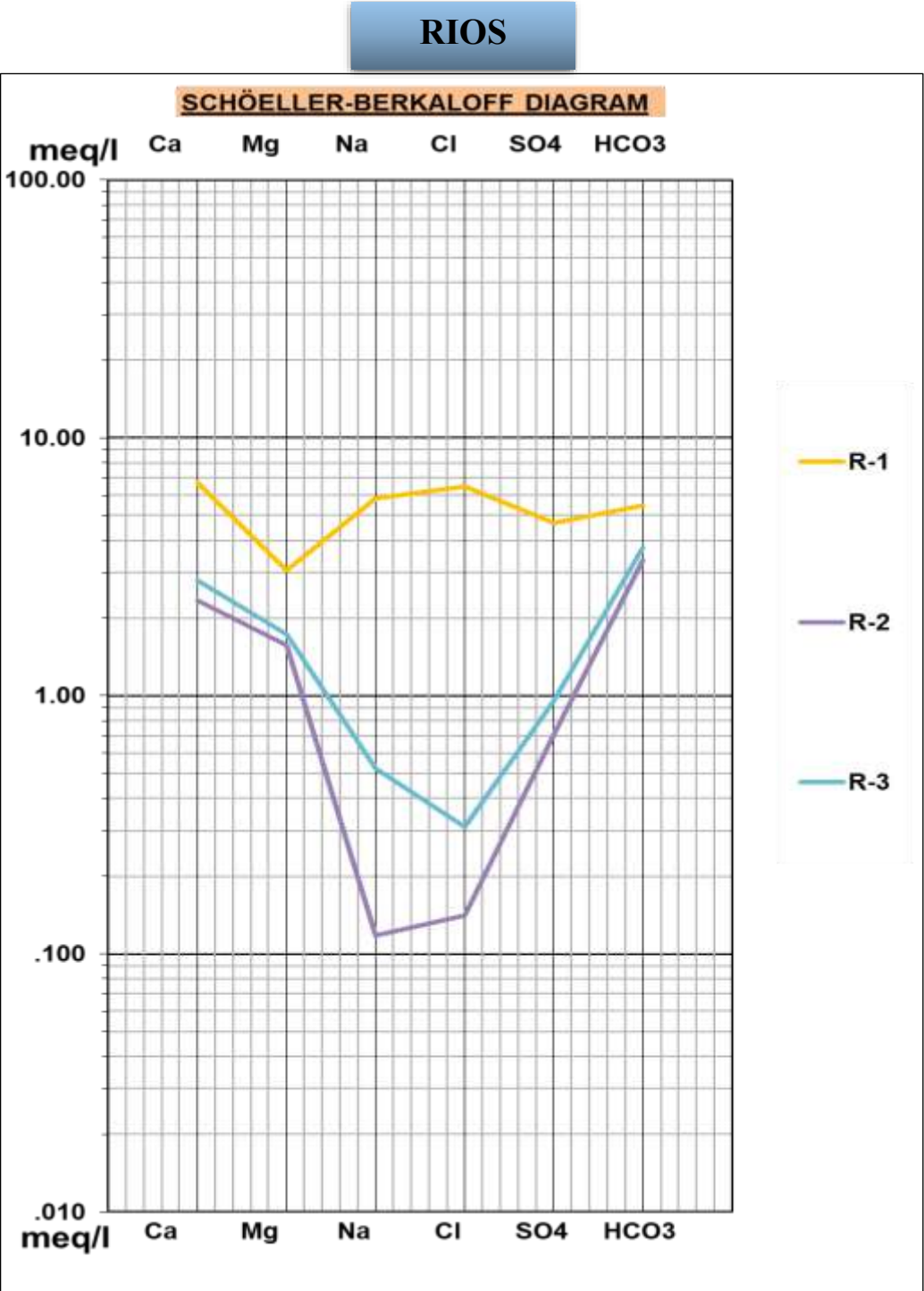
Fuente: Propia

Figura 35
Diagrama de Scholler-Berkaloff para la evolución de las fuentes de agua (Manantes) en el área de estudio.



Fuente: Propia

Figura 36
Diagrama de Scholler-Berkaloff para la evolución de las fuentes de agua (Ríos) en el área de estudio.



Fuente: Propia

Las fuentes hídricas P-01, P-02, P-03, P-05, P-06, P-07, P-08, P-09, Mn-04, R-02 y R-03 muestran una tendencia a clasificarse como aguas bicarbonatadas cálcicas, dominadas por las concentraciones de HCO_3^- y Ca^{2+} .

Por otro lado, las fuentes P-04, P-10, Mn-01, Mn-02, Mn-03 y R-01 presentan concentraciones elevadas de sulfatos y calcio, lo que confirma su clasificación como aguas sulfatadas cálcicas.

2.5.3. EVOLUCIÓN HIDROQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El tiempo que el agua subterránea permanece en el subsuelo, que puede variar desde días hasta miles de años, y el recorrido que realiza, influyen en su evolución química. Esta evolución depende de los minerales con los que el agua entra en contacto: si atraviesa yesos, adquiere sulfato y calcio; en contacto con sales cloruradas, incorpora cloruro, sodio y potasio; y en formaciones calcáreas, se enriquece con bicarbonato. Generalmente, las aguas con menos tiempo en el subsuelo son bicarbonatadas, seguidas por aguas sulfatadas, y las más salinas son cloruradas, un patrón conocido como la secuencia de Chevotarev. En cuanto a los cationes, se observa la transición de calcio a magnesio y sodio, aunque con más excepciones. Incluso en áreas con una litología similar, la química del agua puede variar según el flujo subterráneo que capture cada pozo.

2.5.4. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

El análisis del diagrama de Schoeller-Berkaloff de 17 fuentes hídricas revela que, en general, la calidad del agua se ajusta a los estándares del reglamento de la calidad del agua para consumo humano (MINSA), aunque algunas fuentes requieren atención especial.

Las fuentes presentan concentraciones moderadas de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), lo que podría generar problemas de dureza, pero sin riesgos significativos para la salud. Sin embargo, el sodio (Na^+) en las fuentes P-06 y Mn-02 es elevado y podría ser preocupante para personas con

dietas restringidas en sodio. En los aniones, las fuentes P-02 y Mn-04 muestran niveles altos de cloruros (Cl^-), mientras que P-04, P-10, Mn-01 y Mn-02 presentan sulfatos (SO_4^{2-}) en concentraciones que podrían exceder los límites recomendados, afectando el sabor y causando efectos laxantes.

Aunque la mayoría de las fuentes son aptas para consumo, algunas requieren tratamiento para reducir el sodio, cloruros y sulfatos, garantizando así la calidad del agua y su potabilidad.

Tabla 49

Valores de límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica en el área de estudio.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA						
Parámetros	pH	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Dureza Total CaCO_3 (mg/L)	Cloruros Cl (mg/L)	Sulfatos SO_4 (mg/L)	Sodio Na (mg/L)
Límite máximo permisible	6,5 a 8,5	1 500	500	250	250	200
P_01	7.2	729 Us/cm2	360	38	68	4.7
P_02	7.25	785 Us/cm2	520	30.0	58.00	3.90
P_03	7.11	750 Us/cm2	445	35.0	60.00	8.5
P_04	7.8	1341 Us/cm2	480	249.0	340.00	144.9
P_05	7.5	950 Us/cm2	510	75.0	45.00	35.0
P_06	7.6	752 Us/cm2	315	45.0	51.00	26.2
P_07	7.7	828 Us/cm2	370	58.0	70.00	34
P_08	7.55	785 Us/cm2	432	28.0	85.00	29.0
P_09	7.35	869 Us/cm2	831	73.0	76.00	37.0
P_10	7.12	854 Us/cm2	458	62.0	287.00	39.0
Mn_01	7.2	2205 Us/cm2	990	369.0	611.00	255
Mn_02	7.1	2606 Us/cm2	863	462.0	306.00	269
Mn_03	7.69	100 Us/cm2	80	64.0	21.00	33
Mn_04	7.27	341 Us/cm2	428	121.0	97.00	24
R_01	7.8	1556 Us/cm2	495	231.0	225.00	134
R_02	8.2	409 Us/cm2	198	5.0	34.00	2.7
R_03	7.8	415 Us/cm2	352	11.0	46.00	12.05

Fuente: Propia

2.5.5. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA

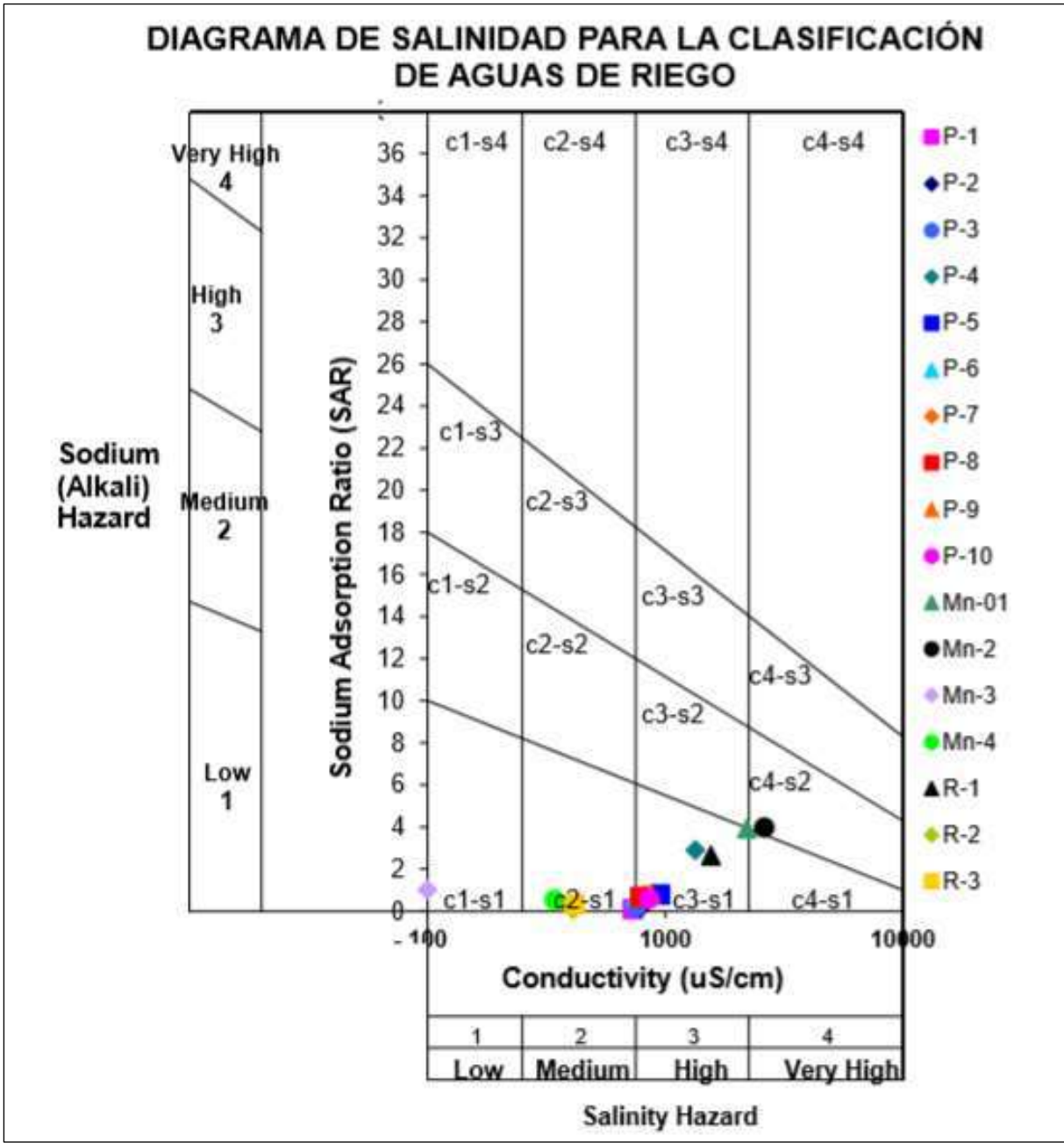
El análisis de la calidad del agua para uso agrícola en el área de estudio se realizó a través de indicadores como la Relación de Adsorción de Sodio (SAR, por sus siglas en inglés). Este parámetro es fundamental para determinar el riesgo de sodificación del suelo, es decir, la acumulación excesiva de sodio que puede reducir su permeabilidad y afectar el crecimiento de los cultivos. El **SAR** se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$S.A.R. = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

El diagrama de salinidad, también conocido como diagrama de Wilcox, es una herramienta utilizada en la clasificación de aguas de riego según su contenido de sales disueltas. Este diagrama ayuda a determinar si un agua es adecuada para ser utilizada en actividades de riego, especialmente en la agricultura, donde el exceso de sales puede afectar negativamente el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Figura 37

Diagrama de Wilcox para la clasificación de aguas de riego según su contenido de sales disueltas.



Fuente: Propia

De acuerdo a los resultados del diagrama de Wilcox podemos determinar lo siguiente:

- La muestra Mn_03 se ubica en la zona C1-S1, indica una baja conductividad y una baja concentración de sodio, esto lo clasifica como aguas de buena calidad aptas para el riego.

-La muestra P_01, P_02, P_03, P_06, Mn_04, R_02 y R_03, se ubican en la zona C2-S1, Indica una mediana conductividad y una baja concentración de sodio, esto lo clasifica como aguas de buena calidad aptas para el riego.

-La muestra P_04, P_05, P_07, P_08, P_09, P_10, y R_01, se ubican en la zona C3-S1, Indica una alta conductividad y una baja concentración de sodio, esto lo clasifica como aguas utilizables para el riego, pero con precauciones.

-La muestra Mn_01 y Mn_02 se ubican en la zona C4-S1, Indica una muy alta conductividad y una baja concentración de sodio, esto lo clasifica como aguas utilizables para el riego, pero con precauciones

2.6.PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

2.6.1.TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

La Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) es un método que investiga cómo cambia la resistividad del subsuelo tanto en profundidad como lateralmente. Se recopilan datos tanto en vertical como en horizontal y se combinan en un solo proceso para generar imágenes 2D de resistividad. Esto proporciona información indirecta que ayuda a investigar y entender estructuras geológicas complejas con cambios significativos en resistividad en dirección lateral y vertical.

2.6.2.ADQUISICIÓN DE DATOS EN CAMPO

Se realizaron 12 líneas de Tomografía de Resistividad Eléctrica con longitudes diferentes: una línea de 270 metros, nueve líneas de 300 metros, una línea de 400 metros y una línea de 600 metros. Estas líneas se ubicaron en los sectores de Chuecamayo, Pillahuara, Huancapampa, Hatumpampa y Qosqo Ayllu. Los electrodos se colocaron equidistantes cada 10 metros, procurando que formaran una línea recta y buscando una topografía plana para evitar anomalías en las mediciones de resistividad.

Los electrodos se clavaron en el terreno para garantizar un buen contacto y se conectaron al cable mediante conectores. Antes de iniciar, se verificó que todas las conexiones funcionaran correctamente y que la resistividad entre el electrodo y el suelo fuera baja. Si era necesario, se ajustaron los electrodos o se humedeció el terreno para mejorar la conductividad.

Los datos obtenidos en campo se almacenaron en la memoria del receptor, donde se registraron la ubicación de cada línea, los electrodos de medida y los de emisión de corriente, así como los valores de la intensidad de corriente emitida, el voltaje primario, el número de repeticiones de intervalos de lecturas y el tiempo de dominio de las lecturas (2000 ms). Además,

se registraron los valores de resistividad aparente. Con esta información, se generaron los primeros resultados como Pseudosecciones, lo que permitió realizar un control de calidad de los datos observando los errores de la desviación estándar del potencial primario en cada dipolo. Se aceptaron valores menores al 4% para el procesamiento de estos datos. Finalmente, los datos se descargaron en el portátil para su procesamiento e interpretación con el software correspondiente. La profundidad de investigación alcanzada es variable debido a la longitud desarrollada en las tomografías eléctricas.

2.6.2.1.ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO UTILIZADO

El dispositivo utilizado es el GEOMATIVE modelo GD10 SUPREME, el cual cuenta con una potencia máxima de salida de 7500w, lo que garantiza la máxima eficiencia en las lecturas. Tiene una capacidad de alcance de hasta 500 metros de profundidad, dependiendo de la anisotropía y el efecto de la capa superficial. Es un equipo fácil de usar y su manejo es funcional para la lectura precisa de los parámetros, ya que está equipado con dos instrumentos digitales de última generación. Por lo tanto, el perfil del terreno estudiado refleja los resultados esperados.

Fotografía 13

Realización del ensayo de tomografía de resistividad eléctrica en la zona de estudio



Nota. Fuente: elaboración propia

a. TRANSMISOR

- ❖ Potencia máxima de Tx: 7200W
- ❖ Voltaje máximo de Tx: 1200V
- ❖ Corriente máxima de Tx: 6A
- ❖ Precisión actual: mejor que 0,3%
- ❖ Protección: IP65, sobrecorriente, sobretensión, cortocircuito
- ❖ Tipo de pulso: onda cuadrada
- ❖ Ancho de pulso: 1 s 、 2 s 、 4 s 、 8 s 、 16 s 、 32 s 、 64 s
- ❖ Impedancia de entrada: $\geq 200\text{M}\Omega$
- ❖ Voltaje de carga: 120 ~ 250VAC (50HZ / 60HZ)
- ❖ Pantalla de visualización: pantalla LCD a todo color de 5,7 pulgadas, 640 * 480
- ❖ Energía externa: DC24 ~ 60V
- ❖ Batería: batería incorporada de litio de 16,8 V / Compatible con batería externa de 24 V
- ❖ Puerto de E / S: USB, RS485Modo Recepción de voltaje digital, retorno en los terminales M – N.

b. RECEPTOR

- ❖ Iteración manual: 1 ~ 255 veces
- ❖ Iteración automática: 1-10 veces

- ❖ Rango de voltaje: ± 24 V
- ❖ Compensación de SP: ± 10 V
- ❖ Rechazo de ruido: ≥ 120 dB
- ❖ Promedio dinámico: conversión A / D de 24 bits
- ❖ Precisión: $0,3\% \pm 1\mu\text{V}$
- ❖ Precisión: $0,1\%$

c. OTROS

- ❖ Peso: 8KG
- ❖ Tamaño: 39 cm * 20 cm * 29 cm
- ❖ Temperatura de almacenamiento: $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ❖ Temperatura de trabajo: $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ❖ Humedad de funcionamiento: $\leq 95\%$
- ❖ Capacidad de memoria: 15 GB

2.6.2.2. UBICACIÓN DE LAS LÍNEAS PROPUESTAS DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

En este estudio se propusieron 12 líneas de tomografía de resistividad eléctrica (TRE) para identificar el nivel freático y acuíferos potenciales en sectores mencionados. Estas líneas se diseñaron considerando la geología local y la distribución potencial de los acuíferos, que a su vez

en su gran mayoría se ubicaron de manera perpendicular a la dirección de flujo de las quebradas, o rastros de flujos de agua observados en campo.

Tabla 50

Ubicación de los puntos de investigación de los ensayos de tomografía eléctrica

Línea Geofísica	Profundidad de investigación aproximada	Coordenadas UTM						Longitud
		Inicio			Final			
		Este	Norte	Altitud	Este	Norte	Altitud	
N°01	120m	196591.85	8508305.81	3039	196138.75	8508683.69	3029	600m
N°02	60m	196971	8507874	3043	196753.09	8508065.34	3039	300m
N°03	60m	197094	8508070	3058	197352.47	8507938.50	3048	300m
N°04	80m	198408	8507367	3052	198049.94	8507521.57	3048	400m
N°05	60m	201146	8504737	3058	200906.95	8504901.19	3057	300m
N°06	54m	200144.64	8505622.27	3065	199955.39	8505800.56	3054	270m
N°07	60m	197525	8507531	3051	197255.97	8507639.27	3046	300m
N°08	60m	195570	8508742	3038	195808.74	8508577.37	3037	300m
N°09	60m	195377.33	8508646.37	3053	195146.28	8508821.63	3061	300m
N°10	60m	194743.01	8508196.94	3176	195027.10	8508138.69	3184	300m
N°11	60m	194680	8508955	3091	194538.39	8509208.07	3104	300m
N°12	60m	194512.3	8510853.79	3032	194412.91	8511126.22	3026	300m

Nota. Fuente: elaboración propia

2.6.2.3.PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE PERFILES

a. LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°1

El Perfil 1, posee una longitud de 600 metros y una profundidad de prospección de 119.8 metros, el estudio geofísico por el método de Tomografía Eléctrica ha dado como resultado valores de resistividad y espesores los cuales se muestran en el siguiente perfil geoelectrico, se ha determinado un Depósito Cuaternario Fluvial hasta la profundidad explorada:

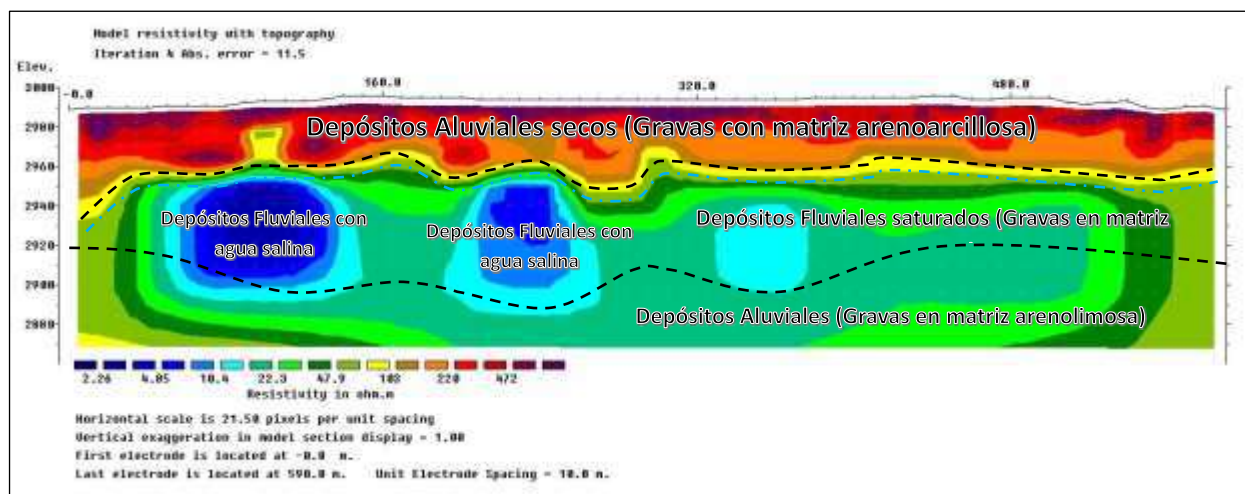
- La zona vadosa en esta sección se encuentra hasta una profundidad variable de 10 a 15 metros aproximadamente, en este sector se interpreta la presencia de depósitos aluviales compuestos por un material gravoso arenoarcilloso en este sector con resistividades superiores a $122 \Omega m$, hace notar que no hay agua subterránea hasta esta profundidad promedio. A los 10 metros de profundidad aproximadamente se encuentra el nivel freático, con resistividad eléctrica menor a $122 \Omega m$.
- Hasta una profundidad aproximada de 10 metros, se encuentra una zona de transición a un acuífero libre y detrítico, con resistividad menores a $122 \Omega m$ y anomalías de -450 mV que confirman flujos de aguas subterráneas, ver sección Geofísica N°01 interpretada en los anexos.
- Se encuentra un acuífero detrítico por debajo de 10 metros de profundidad, con resistividades menores a $122 \Omega m$, que hacen referencia a depósitos fluviales compuesto por materiales como gravas pequeñas y arenas, este es potencialmente explotable mediante pozo tubular u otro parecido.
- Es crucial mencionar que por debajo de los 40 metros se interpreta la presencia de una zona compuesta por depósitos fluviales que contienen agua contaminada por la

presencia de carbonatos, esto se debe a que a una corta distancia se encuentra el afloramiento de calizas de la formación Copacabana los cuales presentan fracturas, están en contacto y por debajo de los depósitos cuaternarios.

- Por debajo de los depósitos fluviales saturados aproximadamente a 70m de profundidad encontramos depósitos aluviales que están conformados por gravas en matriz arenolimososa los cuales presentan resistividades menores a $20 \Omega\text{m}$ y un bajo flujo de agua.
- No se identificó basamento rocoso hasta la profundidad explorada.

Figura 38

Interpretación de la Tomografía Eléctrica 1



Nota. Fuente: elaboración propia

Interpretación De Perfil De Potencial Espontaneo 01

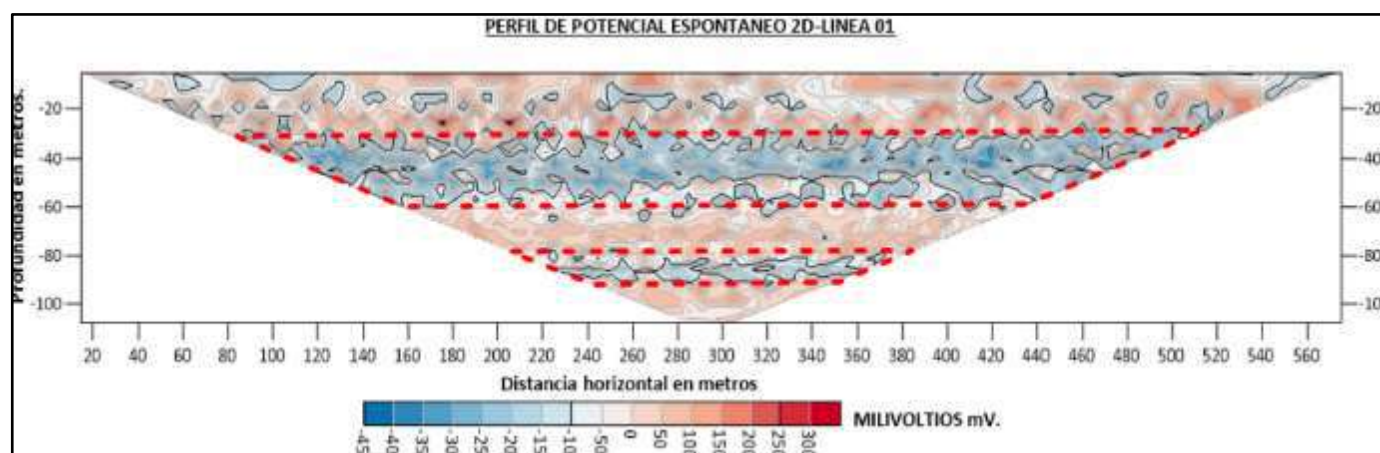
En este perfil de potencial espontaneo se logra distinguir distintas zonas en donde el valor del potencial es positivo y negativo, los valores negativos nos indican una alta probabilidad de encontrar flujos de agua subterráneos, mientras que los valores positivos indican una zona seca ,

se observa un potencial espontáneo negativo entre los 30-60 metros y a los 80-90 metros de profundidad.

En el perfil de Potencial Espontáneo 1 se distingue el comportamiento diferenciado del potencial de agua subterránea. Los valores por debajo de -100 mV indican flujos de agua en depósitos cuaternarios fluviales compuestos por gravas arenosas, los cuales son potencialmente explotables mediante pozos tubulares o de anillos, con caudales que varían según los parámetros hidráulicos y la profundidad del acuífero.

Figura 39

Interpretación del potencial espontaneo 01



Nota. Fuente: elaboración propia

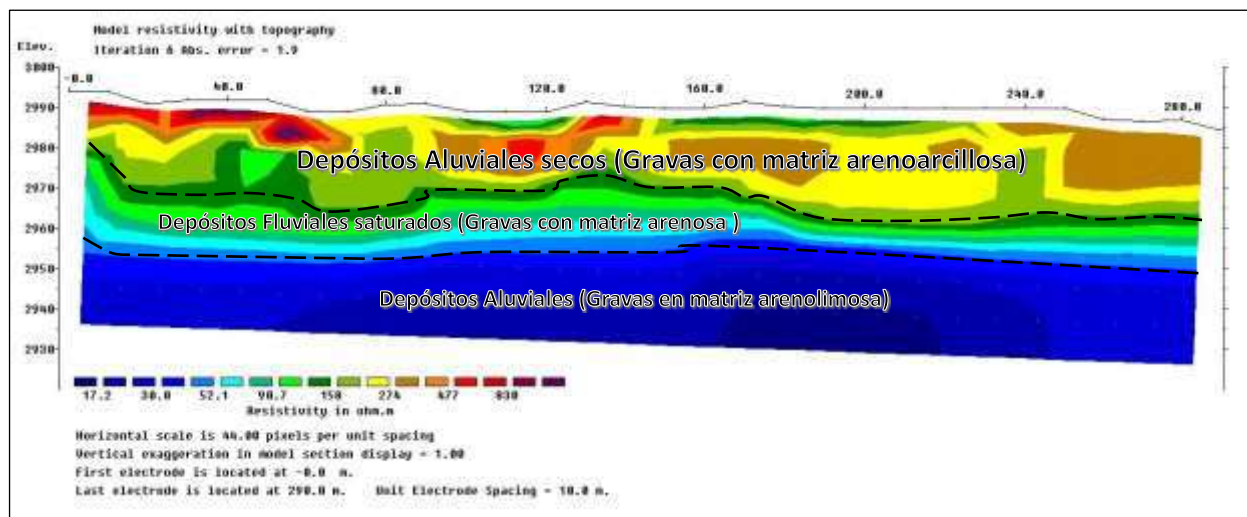
b. LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°2

El Perfil 2, tiene una longitud de 300 metros y una profundidad de prospección de 57.3 metros, el estudio geofísico por el método de Tomografía Eléctrica ha dado como resultado valores de resistividad y espesores variados los cuales se muestran en el siguiente perfil geoeléctrico, se ha determinado depósitos cuaternarios fluviales hasta la profundidad explorada:

- La zona vadosa en esta sección se encuentra hasta una profundidad de variable de 10 a 15 metros aproximadamente, la presencia de material gravoso arenoarcilloso en este sector con resistividades superiores a $121 \Omega m$ en la mayor parte de la zona superficial, hace notar que no hay agua subterránea hasta esta profundidad promedio excepto en ciertas zonas donde el valor del potencial espontaneo es de valores negativos. A los 15 metros de profundidad aproximadamente se encuentra el nivel freático, con resistividad eléctrica menor a $121 \Omega m$.
- Hasta una profundidad aproximada de 15 metros, se encuentra una zona de transición a un acuífero libre y detrítico, con resistividad menores a $121 \Omega m$ y anomalías de -400 mV que confirman flujos de aguas subterráneas, ver figuras y sección Geofísica N°2 interpretada en los anexos.
- Por debajo de 15 metros de profundidad, con resistividades menores a $121 \Omega m$, que hacen referencia a depósitos fluviales que están conformados por gravas con matriz arenosa saturadas, se trata de un acuífero detrítico potencialmente explotable mediante pozo tubular u otro parecido.
- Por debajo de los depósitos fluviales saturados aproximadamente a 40m de profundidad encontramos depósitos aluviales que están conformados por gravas en matriz arenolimosas los cuales presentan resistividades menores a $30 \Omega m$ y un bajo flujo de agua.
- No se identificó basamento rocoso hasta la profundidad explorada.

Figura 40

Interpretación de la Tomografía Eléctrica 2



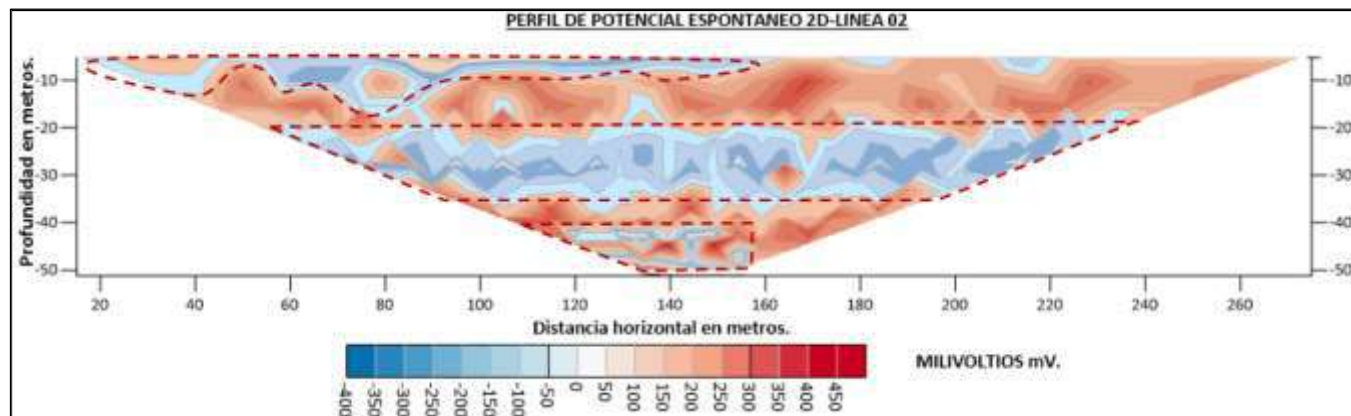
Nota. Fuente: elaboración propia

Interpretación De Perfil De Potencial Espontaneo 02

En este perfil de potencial espontaneo se logra distinguir distintas zonas en donde el valor del potencial es positivo y negativo, los valores negativos nos indican una alta probabilidad de encontrar flujos de agua subterráneos, mientras que los valores positivos indican una zona seca, se observa un potencial espontáneo negativo entre los 20-40 metros y a los 45-50 metros de profundidad. En el perfil de Potencial Espontáneo 2 se distingue el comportamiento diferenciado del potencial de agua subterránea. Los valores por debajo de -100 mV indican flujos de agua en los depósitos cuaternarios fluviales compuestos por gravas arenosas, los cuales son potencialmente explotables mediante pozos tubulares o de anillos, con caudales que varían según los parámetros hidráulicos y la profundidad del acuífero.

Figura 41

Interpretación del potencial espontaneo 02



Nota. Fuente: elaboración propia

c. LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°3

El Perfil 3, tiene una longitud de 300 metros y una profundidad de prospección de 57.3 metros, el estudio geofísico por el método de Tomografía Eléctrica ha dado como resultado valores de resistividad y espesores que a continuación se muestran en el siguiente perfil geoeléctrico, se ha determinado el Cuaternario Depósitos fluviales hasta la profundidad explorada:

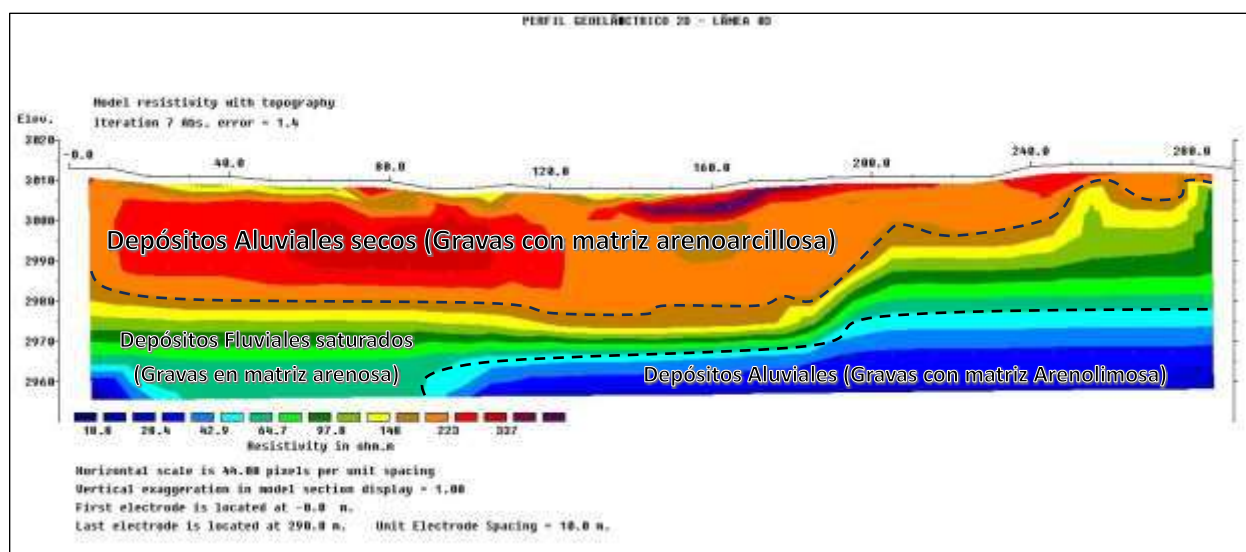
- La zona vadosa en esta sección se encuentra hasta una profundidad de variable de 25 metros aproximadamente, la presencia de depósitos aluviales compuestos por un material gravoso arenoarcilloso en este sector con resistividades superiores a 115 Ωm , hace notar que no hay agua subterránea hasta esta profundidad promedio. A los 25 metros de profundidad aproximadamente se encuentra el nivel freático, con resistividad eléctrica menor a 115 Ωm .
- Hasta una profundidad aproximada de 25 metros, se encuentra una zona de transición a un acuífero libre y detrítico, con resistividad menores a 115 Ωm y

anomalías de -350 mV que confirman flujos de aguas subterráneas, ver figuras y sección Geofísica N°3 interpretada en los anexos.

- Desde los 25-50 metros de profundidad se observan resistividades menores a $115 \Omega\text{m}$, que hacen referencia a depósitos fluviales saturados compuestos por materiales gravosos arenosos en donde se encuentra un acuífero detrítico.
- Dentro de la línea de prospección geofísica desde los 90m-280m en dirección horizontal y a una profundidad aproximada de 35 m, se observan resistividades cercanas a $18 \Omega\text{m}$ que hacen referencia a depósitos aluviales que están conformados por gravas con matriz limosa, estos se encuentran por debajo y en contacto con los depósitos fluviales saturados.
- No se identificó basamento rocoso hasta la profundidad explorada.

Figura 42

Interpretación de la Tomografía Eléctrica 3



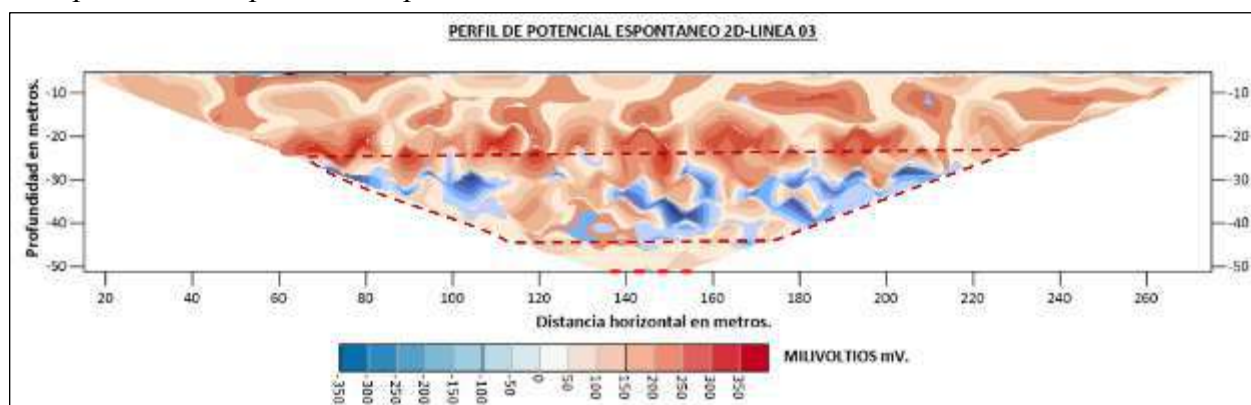
Nota. Fuente: elaboración propia

Interpretación De Perfil De Potencial Espontaneo 03

En este perfil de potencial espontaneo se logra distinguir distintas zonas en donde el valor del potencial es positivo y negativo, los valores negativos nos indican una alta probabilidad de encontrar flujos de agua subterráneos, mientras que los valores positivos indican una zona seca, se observa un potencial espontáneo negativo entre los 25-45 metros de profundidad. En el perfil de Potencial Espontáneo 3 se distingue el comportamiento diferenciado del potencial de agua subterránea. Los valores por debajo de -100 mV indican flujos de agua en depósitos cuaternarios fluviales compuestos por gravas arenosas, los cuales son potencialmente explotables mediante pozos tubulares o de anillos, con caudales que varían según los parámetros hidráulicos y la profundidad del acuífero.

Figura 43

Interpretación del potencial espontaneo 03



Nota. Fuente: elaboración propia

d. LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°4

El Perfil 4, tiene una longitud de 400 metros y una profundidad de prospección de 78.8 metros, el estudio geofísico por el método de Tomografía Eléctrica ha dado como resultado valores

de resistividad y espesores que se muestran en el siguiente perfil geoeléctrico, se ha determinado el Cuaternario Depósitos fluviales y Aluviales hasta la profundidad explorada:

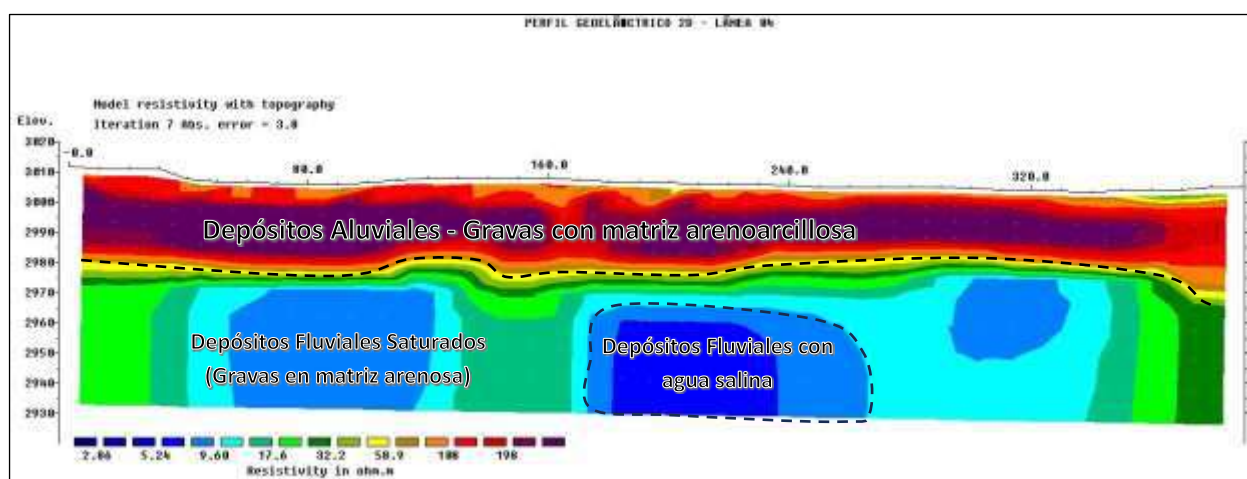
- La zona vadosa en esta sección se encuentra hasta una profundidad de variable de 30 metros aproximadamente, la presencia de depósitos aluviales compuestos por material gravoso arenoarcilloso en este sector con resistividades superiores a 118 Ωm , hace notar que no hay agua subterránea hasta esta profundidad promedio. A los 30 metros de profundidad aproximadamente se encuentra el nivel freático, con resistividad eléctrica menor a 118 Ωm .
- Hasta una profundidad aproximada de 30 metros, se encuentra una zona de transición a un acuífero libre y detrítico, con resistividad menores a 118 Ωm y anomalías de -350 mV que confirman flujos de aguas subterráneas, ver figuras y Sección Geofísica N°4 interpretada en los anexos.
- Desde los 30-80 metros de profundidad, con resistividades menores a 118 Ωm , que hacen referencia a depósitos fluviales compuestos por materiales gravosos arenosos, se encuentra un acuífero detrítico potencialmente explotable mediante pozo tubular u otro parecido.
- Es importante mencionar que entre 170-260 metros de distancia horizontal y a profundidades inferiores a 40 metros, se interpretó la presencia de una zona compuesta por depósitos fluviales que contienen agua contaminada por la presencia de carbonatos lo que lo convierte en aguas salinas, esto se debe a que a una corta distancia se encuentra el afloramiento de calizas de la formación Copacabana los

cuales se encuentran fracturados, en contacto y por debajo de los depósitos cuaternarios.

- No se identificó basamento rocoso hasta la profundidad explorada.

Figura 44

Interpretación de la Tomografía Eléctrica 4



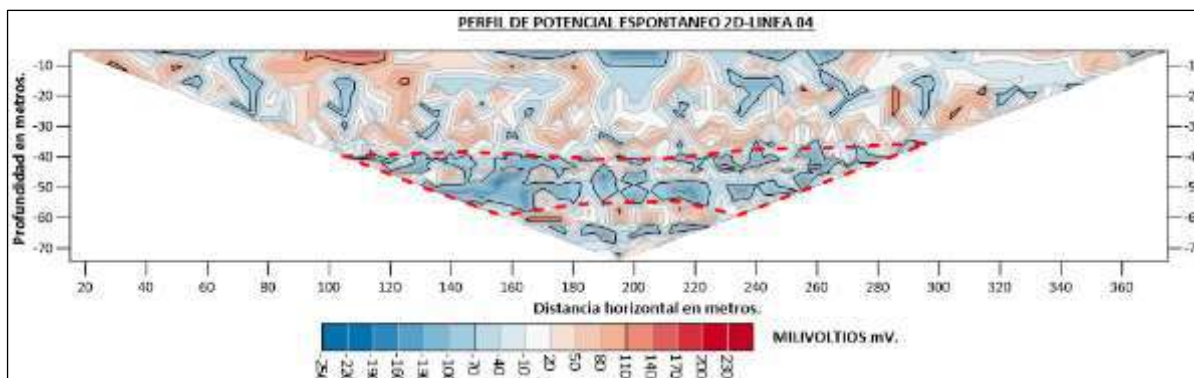
Nota. Fuente: elaboración propia

Interpretación De Perfil De Potencial Espontaneo 04

En este perfil de potencial espontaneo se logra distinguir distintas zonas en donde el valor del potencial es positivo y negativo, los valores negativos nos indican una alta probabilidad de encontrar flujos de agua subterráneos, mientras que los valores positivos indican una zona seca, se observa un potencial espontáneo negativo entre los 40-70 metros de profundidad. En el perfil de Potencial Espontáneo 4 se distingue el comportamiento diferenciado del potencial de agua subterránea. Los valores por debajo de -70 mV indican flujos de agua en los depósitos cuaternarios fluviales compuestos por gravas arenosas, los cuales son potencialmente explotables mediante pozos tubulares o de anillos, con caudales que varían según los parámetros hidráulicos y la profundidad del acuífero.

Figura 45

Interpretación del potencial espontaneo 04



Nota. Fuente: elaboración propia

e. LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°5

El Perfil 5, tiene una longitud de 300 metros y una profundidad de prospección de 57.3 metros, el estudio geofísico por el método de Tomografía Eléctrica ha dado como resultado valores de resistividad y espesores que se muestran en el siguiente perfil geoeléctrico, se ha determinado el Cuaternario Depósitos fluviales y Aluviales hasta la profundidad explorada:

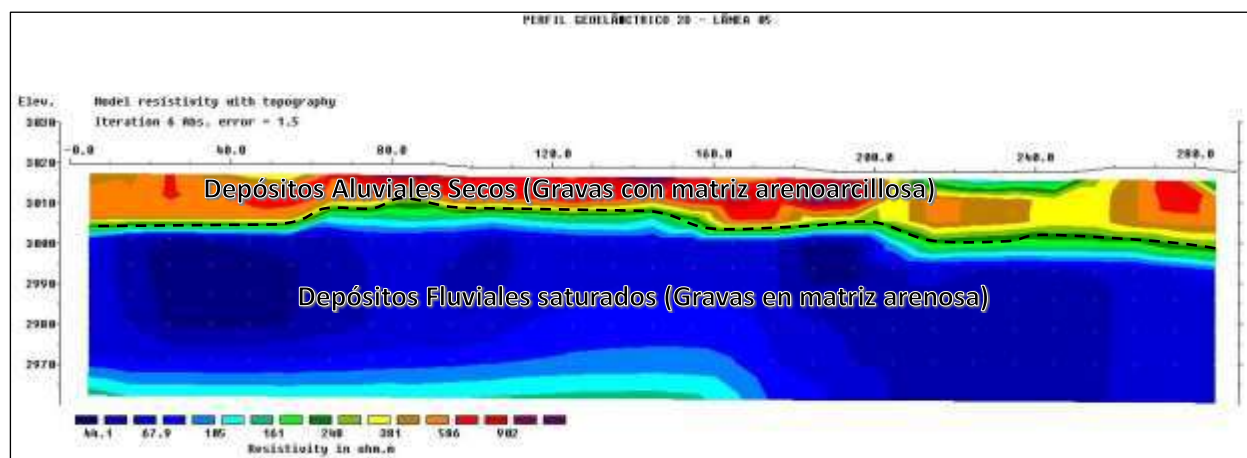
- La zona vadosa en esta sección se encuentra hasta una profundidad de variable de 15 metros aproximadamente, se observa la presencia de depósitos aluviales compuestos por un material gravoso arenoarcilloso en este sector con resistividades superiores a $150 \Omega\text{m}$, hace notar que no hay agua subterránea hasta esta profundidad promedio. A los 15 metros de profundidad aproximadamente se encuentra el nivel freático, con resistividad eléctrica menor a $150 \Omega\text{m}$.
- Hasta una profundidad aproximada de 15 metros, se encuentra una zona de transición a un acuífero libre y detrítico, con resistividad menores a $150 \Omega\text{m}$ y

anomalías de -300 mV que confirman flujos de aguas subterráneas, ver figuras y Sección Geofísica N°5 interpretada en los anexos.

- Por debajo de 15 metros de profundidad, con resistividades menores a 150 Ω m, que hacen referencia a depósitos fluviales compuestos por materiales gravosos arenosos se encuentra un acuífero detrítico potencialmente explotable mediante pozo tubular u otro parecido.
- No se identificó basamento rocoso hasta la profundidad explorada.

Figura 46

Interpretación de la Tomografía Eléctrica 5



Nota. Fuente: elaboración propia

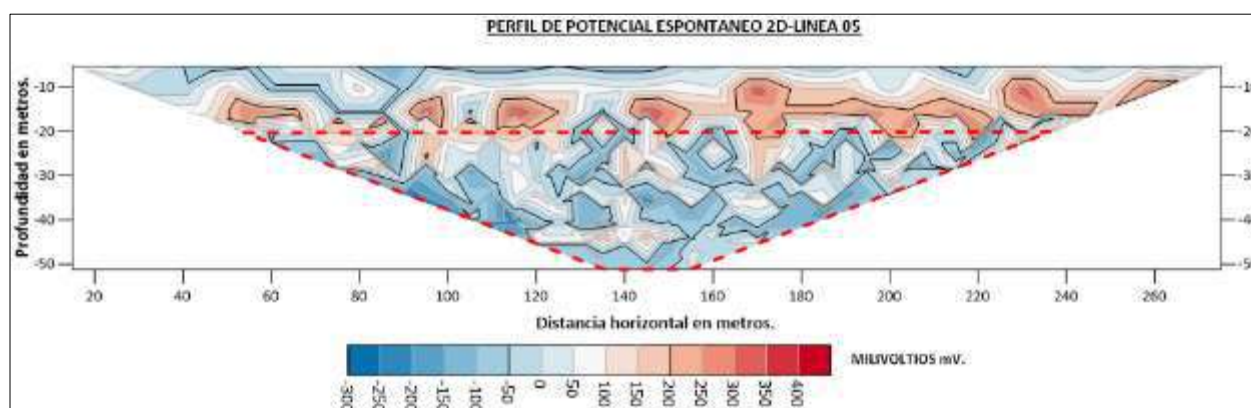
Interpretación De Perfil De Potencial Espontaneo 05

En este perfil de potencial espontaneo se logra distinguir distintas zonas en donde el valor del potencial es positivo y negativo, los valores negativos nos indican una alta probabilidad de encontrar flujos de agua subterránea, mientras que los valores positivos indican una zona seca, se observa un potencial espontáneo negativo entre los 20-50 metros de profundidad. En el perfil de

Potencial Espontáneo 5 se distingue el comportamiento diferenciado del potencial de agua subterránea. Los valores por debajo de -80 mV indican flujo de agua en depósitos cuaternarios fluviales compuestos por gravas arenosas, los cuales son potencialmente explotables mediante pozos tubulares o de anillos, con caudales que varían según los parámetros hidráulicos y la profundidad del acuífero.

Figura 47

Interpretación del potencial espontaneo 05



Nota. Fuente: elaboración propia

f. LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°6

El Perfil 6, tiene una longitud de 270 metros y una profundidad de prospección de 48.0 metros, el estudio geofísico por el método de Tomografía Eléctrica ha dado como resultado valores de resistividad y espesores que se muestran en el siguiente perfil geoelectrico, se ha determinado el Cuaternario Depósitos fluviales y Aluviales hasta la profundidad explorada:

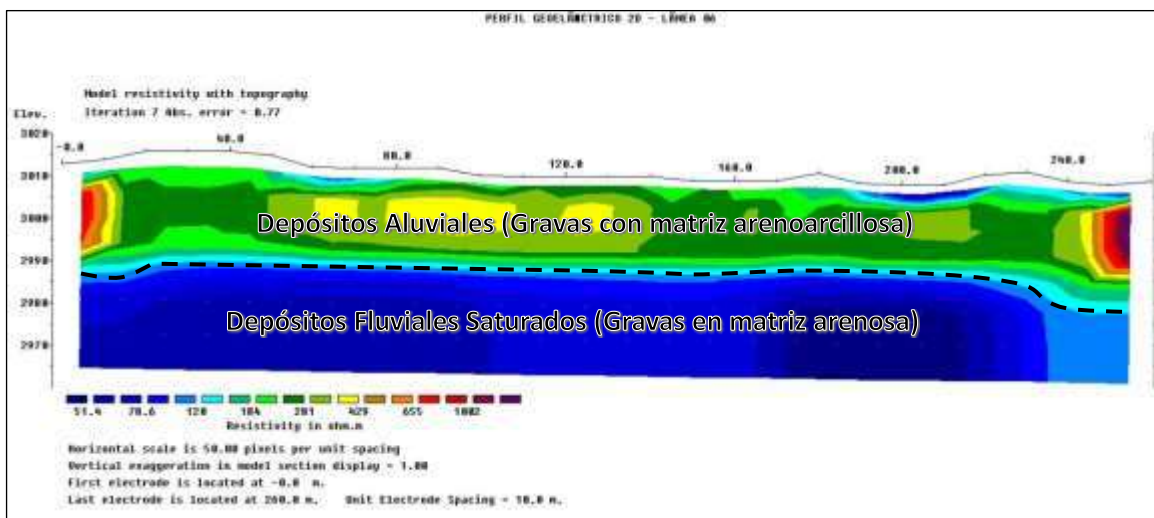
- La zona vadosa en esta sección se encuentra hasta una profundidad de variable de 23 metros aproximadamente, se encontró la presencia de depósitos Aluviales compuestos por un material gravoso arenoarcilloso en este sector con resistividades superiores a $139 \Omega m$, hace notar que no hay agua subterránea hasta esta profundidad

promedio. A los 23 metros de profundidad aproximadamente se encuentra el nivel freático, con resistividad eléctrica menor a $139 \Omega\text{m}$.

- Hasta una profundidad aproximada de 23 metros, se encuentra una zona de transición a un acuífero libre y detrítico, con resistividad menores a $139 \Omega\text{m}$ y anomalías de -150 mV que confirman flujos de aguas subterráneas, pero de poco caudal, ver figuras y Sección Geofísica N°6 interpretada en los anexos.
- Por debajo de 23 metros de profundidad, con resistividades menores a $139 \Omega\text{m}$, se interpretan depósitos fluviales que hacen referencia a materiales gravo-arenosos, este corresponde a un acuífero detrítico potencialmente explotable.
- No se identificó basamento rocoso hasta la profundidad explorada.

Figura 48

Interpretación de la Tomografía Eléctrica 6



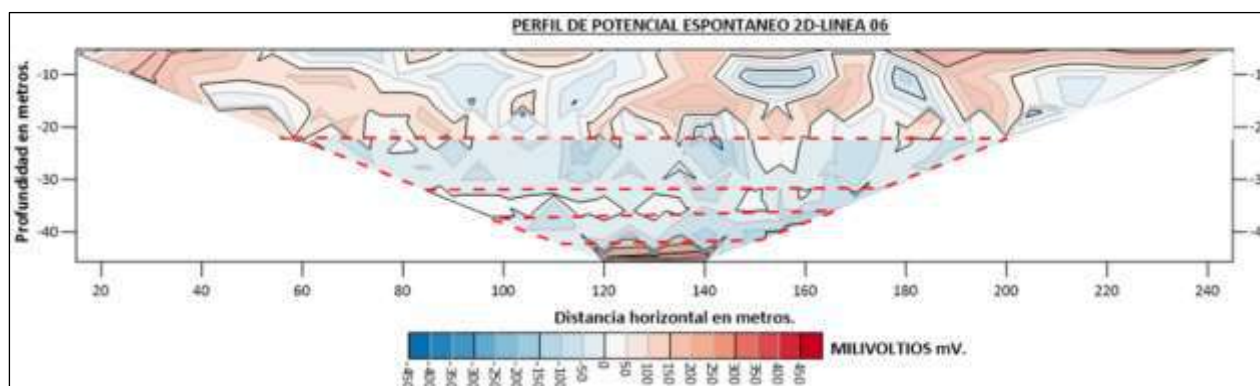
Nota. Fuente: elaboración propia

Interpretación De Perfil De Potencial Espontaneo 06

En este perfil de potencial espontaneo se logra distinguir distintas zonas en donde el valor del potencial es positivo y negativo, los valores negativos nos indican una alta probabilidad de encontrar flujos de agua subterráneos, mientras que los valores positivos indican una zona seca, se observa un potencial espontáneo negativo entre los 25-35 y 40-50 metros de profundidad. En el perfil de Potencial Espontáneo 5 se distingue el comportamiento diferenciado del potencial de agua subterránea. Los valores por debajo de -150 mV indican flujos de agua en los materiales gravosos, los cuales son potencialmente explotables mediante pozos tubulares o de anillos, con caudales que varían según los parámetros hidráulicos y la profundidad del acuífero.

Figura 49

Interpretación del potencial espontaneo 06



Nota. Fuente: elaboración propia

g. LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°07

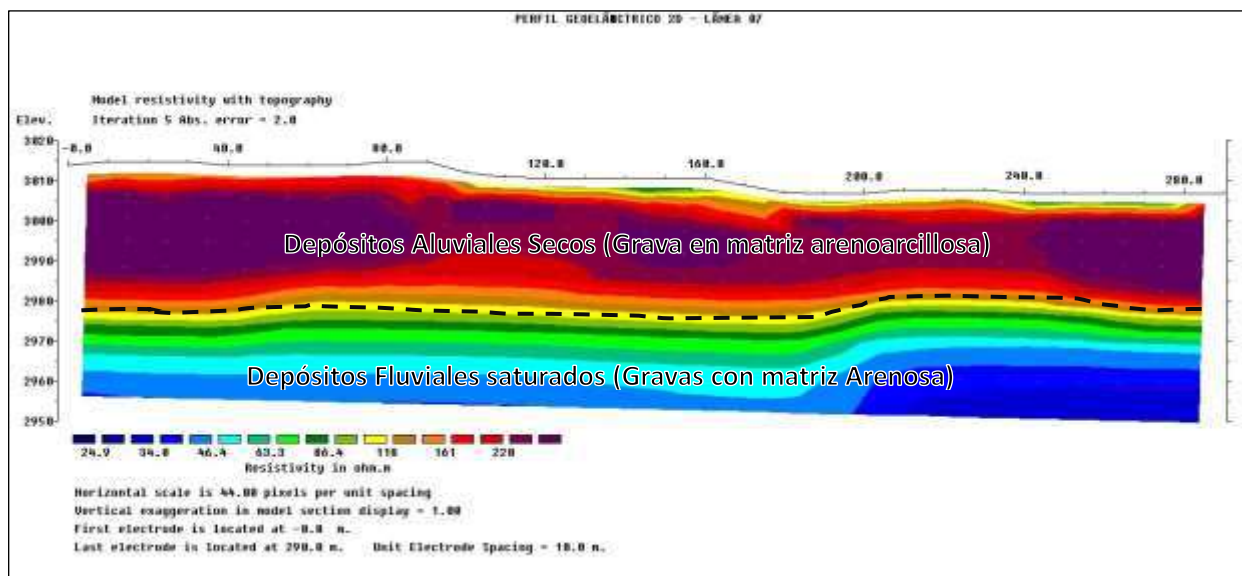
El Perfil 07 tiene una longitud de 300 metros y una profundidad de prospección de 57.3 metros. El estudio geofísico, realizado mediante el método de Tomografía Eléctrica, ha resultado valores de resistividad y espesores que se muestran en el perfil geoelectrico a continuación. Se ha

determinado que los depósitos fluviales del Cuaternario se extienden hasta la profundidad explorada.

- En esta sección, la zona vadosa se extiende hasta una profundidad variable de aproximadamente 30 metros. El análisis geofísico revela la presencia de material gravoso arenoarcilloso seco con resistividades superiores a $120 \Omega\text{m}$, lo que sugiere una ausencia de agua subterránea hasta esta profundidad. A partir de los 30 metros de profundidad aproximadamente, se identifica el nivel freático, caracterizado por una resistividad eléctrica menor a $120 \Omega\text{m}$, indicando la presencia de agua subterránea.
- Hasta una profundidad aproximada de 30 metros, se encuentra una zona de transición a un acuífero libre y detrítico, con resistividad menores a $120 \Omega\text{m}$ y anomalías de -60 mV que confirman flujos de aguas subterráneas, ver la siguiente figura y sección Geofísica N°7.
- Por debajo de los 30 metros de profundidad aproximadamente, las resistividades menores a $120 \Omega\text{m}$ hacen referencia a depósitos cuaternarios fluviales compuestos por gravas arenosas, indicando la presencia de un acuífero fluvial detrítico con un potencial de explotación.
- No se identificó basamento rocoso hasta la profundidad explorada.

Figura 50

Interpretación de la Tomografía Eléctrica 07



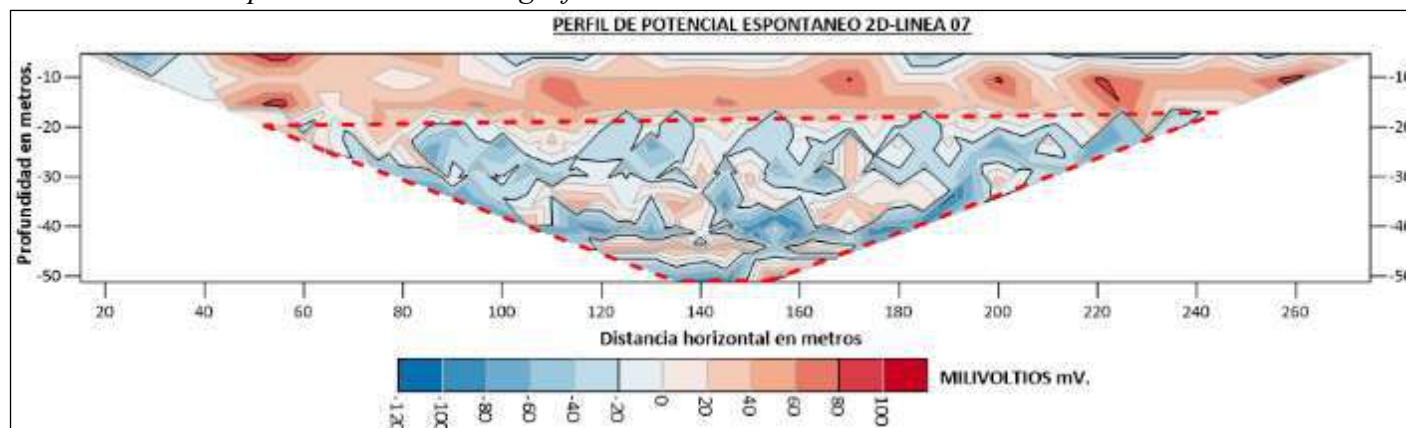
Nota. Fuente: elaboración propia

Interpretación De Perfil De Potencial Espontaneo 07

En el perfil de Potencial Espontáneo 07, se distingue claramente el comportamiento diferenciado del potencial de agua subterránea. Los valores por debajo de -60 mV indican flujos de agua significativos en materiales gravosos, los cuales son potencialmente explotables mediante pozos tubulares o de anillos, con caudales que varían según los parámetros hidráulicos y la profundidad del acuífero. En este séptimo perfil, se observa un potencial espontáneo notablemente distinto por debajo de los 30 metros de profundidad.

Figura 51

Potencial Espontaneo de la línea geofísica 07



Nota. Fuente: elaboración propia

h. LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°8

El Perfil 08 tiene una longitud de 300 metros y una profundidad de prospección de 57.3 metros. El estudio geofísico, realizado mediante el método de Tomografía Eléctrica, ha resultado valores de resistividad y espesores que se muestran en el perfil geoelectrico a continuación. Se ha determinado que los depósitos cuaternarios fluviales se extienden hasta la profundidad explorada.

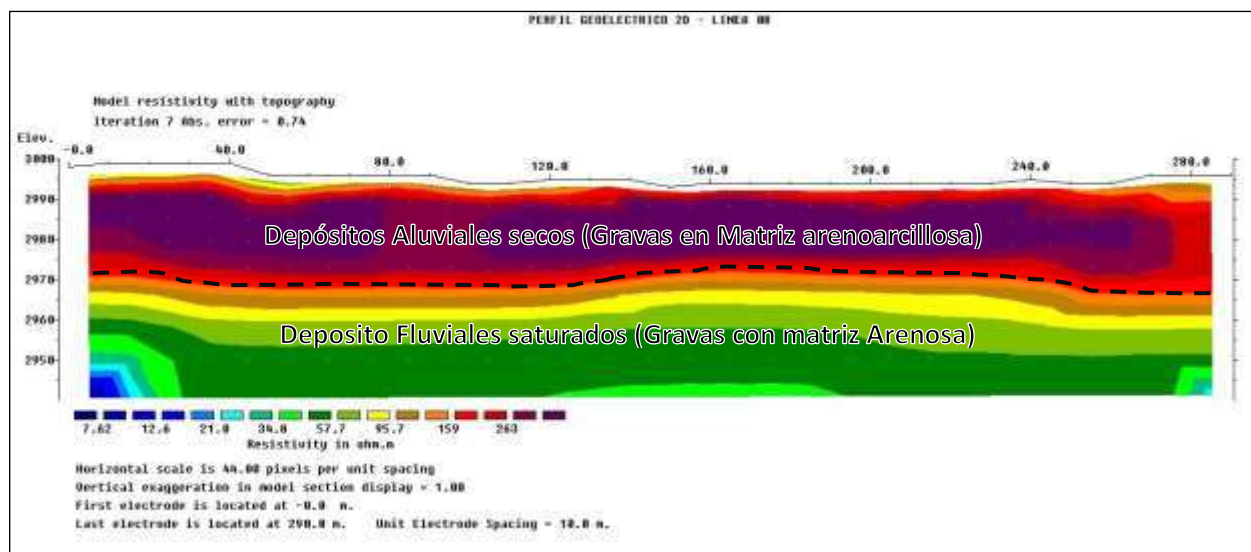
- En esta sección, la zona vadosa alcanza una profundidad variable de aproximadamente 20 metros. La presencia de material grava con matriz arenoarcillosa seca con resistividades superiores a $126 \Omega\text{m}$ indica la ausencia de agua subterránea hasta esta profundidad promedio. Aproximadamente a los 15 metros de profundidad se encuentra el nivel freático, con una resistividad eléctrica menor a $126 \Omega\text{m}$.
- Hasta una profundidad aproximada de 20 metros, se encuentra una zona de transición a un acuífero libre y detrítico, con resistividad menores a $126 \Omega\text{m}$ y

anomalías de -200 mV que confirman flujos de aguas subterráneas, ver siguiente figura y Sección Geofísica N°8

- Por debajo de 20 metros de profundidad, con resistividades menores a 126 Ω m, que hacen referencia a depósitos cuaternarios fluviales compuestos por gravas arenosas, en donde se encuentra un acuífero detrítico potencialmente explotable mediante pozo tubular u otro parecido.
- No se identificó basamento rocoso hasta la profundidad explorada.

Figura 52

Interpretación de la Tomografía Eléctrica 08



Nota. Fuente: elaboración propia

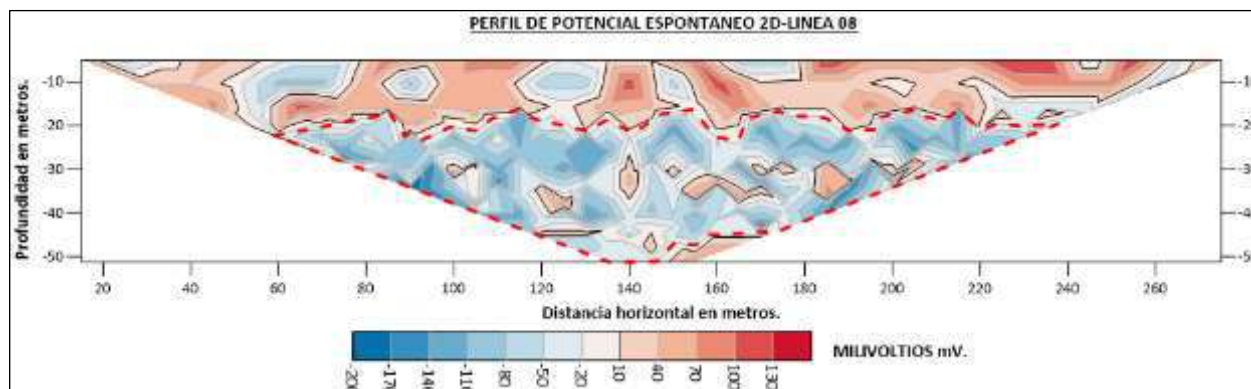
Interpretación De Perfil De Potencial Espontaneo 08:

En el perfil de Potencial Espontáneo 08, se distingue claramente el comportamiento diferenciado del potencial de agua subterránea. Los valores por debajo de -80 mV indican flujos de agua significativos en materiales gravosos, los cuales son potencialmente explotables mediante

pozos tubulares o de anillos, con caudales que varían según los parámetros hidráulicos y la profundidad del acuífero. En este octavo perfil, se observa un potencial espontáneo notablemente distinto por debajo de los 20 metros de profundidad aproximadamente.

Figura 53

Potencial Espontaneo de la línea geofísica 08



Nota. Fuente: elaboración propia.

i. LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°09

El Perfil 09 tiene una longitud de 300 metros y una profundidad de prospección de 57.3 metros. El estudio geofísico, realizado mediante el método de Tomografía Eléctrica, ha resultado valores de resistividad y espesores que se muestran en el perfil geoelectrico a continuación. Se ha determinado que los depósitos cuaternarios fluviales y Aluviales que se extienden hasta la profundidad explorada.

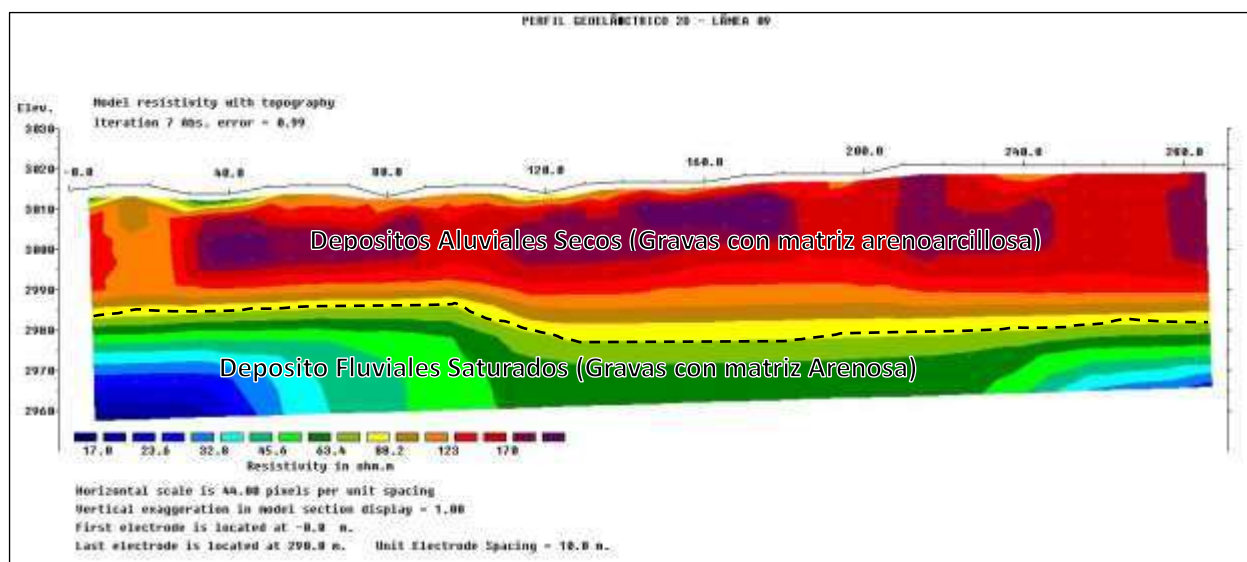
- La zona vadosa en esta sección se encuentra hasta una profundidad variable de 30 metros aproximadamente, se observa presencia de gravas con matriz arenoarcillosa secas con resistividades superiores a $91 \Omega m$, hace notar que no hay agua subterránea hasta esta profundidad promedio. A los 30 metros de profundidad

aproximadamente se encuentra el nivel freático, con resistividad eléctrica menor a $91 \Omega\text{m}$.

- A una profundidad aproximada de 30 metros, se encuentra una zona de transición a un acuífero libre y detrítico, con resistividad menores a $91 \Omega\text{m}$ y anomalías de -90 mV que confirman flujos de aguas subterráneas, ver siguiente figura y sección Geofísica N°9.
- Por debajo de 30 metros de profundidad, con resistividades menores a $91 \Omega\text{m}$, que hacen referencia a depositos cuaternarios fluviales compuestos por gravas arenosas, lo que indicaria la presencia de un acuífero detrítico potencialmente explotable mediante pozo tubular u otro parecido.
- No se identificó basamento rocoso hasta la profundidad explorada.

Figura 54

Interpretación de la Tomografía Eléctrica 09



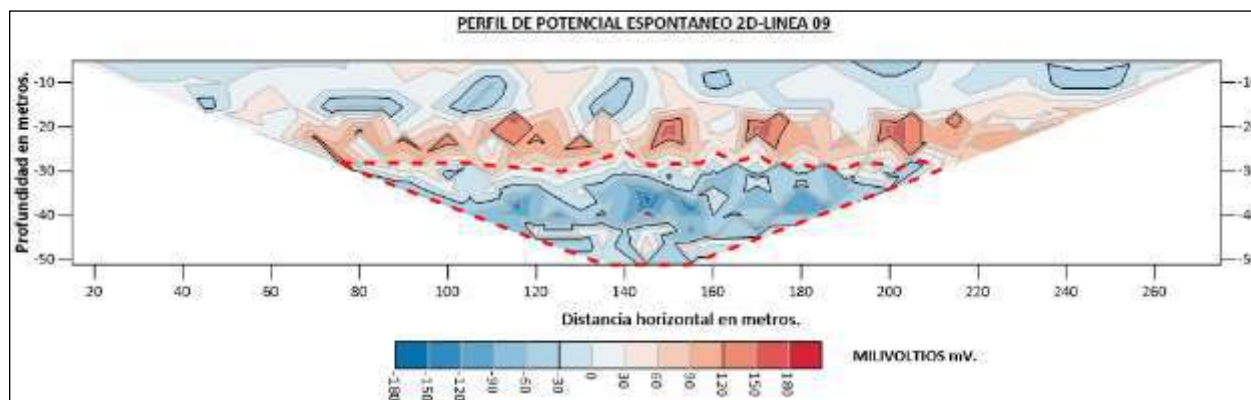
Nota. Fuente: elaboración propia

Interpretación De Perfil De Potencial Espontaneo 9:

En el perfil de Potencial Espontaneo 09, se observa potenciales menores a -100 mV, los cuales son acuíferos con grandes flujos de agua subterránea en depósitos cuaternarios fluviales, potencialmente explotable a través de pozos tubulares, se observa un potencial espontaneo diferenciado por debajo de los 30 metros de profundidad.

Figura 55

Potencial Espontaneo de la línea geofísica 09



Nota. Fuente: elaboración propia

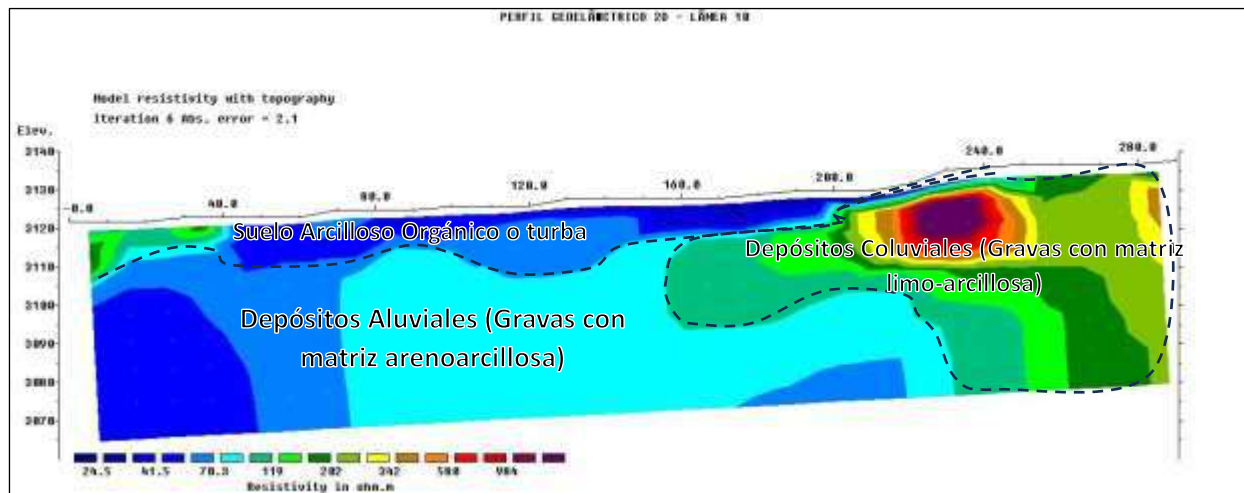
j. LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°10

El Perfil 10 abarca una longitud de 300 metros y una profundidad de investigación de 57.3 metros. El estudio geofísico, llevado a cabo mediante Tomografía Eléctrica, ha revelado valores de resistividad y espesores que se detallan en el perfil geoelectrico adjunto. Se ha identificado que los depósitos aluviales del Cuaternario se extienden hasta la máxima profundidad investigada.

- En esta sección, a lo largo de la línea de prospección entre 0 y 200 metros en dirección horizontal, y desde la superficie hasta una profundidad aproximada de 10 metros, se identificó la presencia de arcilla orgánica con resistividades bajas de 24 Ω m. Estas características corresponden a un ambiente de humedal y sugieren la ausencia de agua subterránea en esta zona.
- A lo largo de la línea de prospección, entre los 200 y 280 metros en dirección horizontal, y desde la superficie hasta una profundidad aproximada de 30 metros, se identificaron bloques de roca y depósitos coluviales compuestos por gravas en una matriz limo-arcillosa con resistividades mayores a 120 Ω m.
- A partir de una profundidad aproximada de 10 metros, se identificaron depósitos aluviales compuestos por gravas en una matriz arenolimososa, con resistividades eléctricas inferiores a 120 Ω m. En esta misma profundidad, se observa una zona de transición hacia un acuitardo, caracterizada por resistividades similares y anomalías de -60 mV, lo que indica la presencia de flujos de agua subterránea muy reducidos. Estos aspectos se detallan en la figura y la sección Geofísica N°10.
- No se identificó basamento rocoso hasta la profundidad explorada.

Figura 56

Interpretación de la Tomografía Eléctrica 10



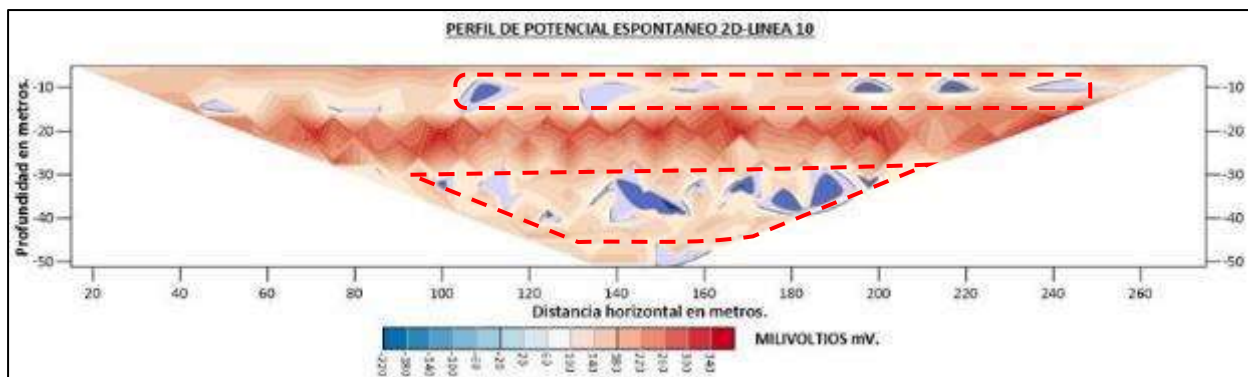
Nota. Fuente: elaboración propia

Interpretación De Perfil De Potencial Espontaneo 10:

En este perfil de potencial espontáneo, se distinguen claramente zonas con valores positivos y negativos. Los valores negativos sugieren una alta probabilidad de presencia de flujos de agua subterráneos, mientras que los positivos indican áreas con bajos o nulos flujos de agua. Se observa un potencial espontáneo negativo, inferior a -100 mV, entre los 5 y 15 metros, así como entre los 30 y 45 metros de profundidad. En contraste, la mayor parte del perfil presenta valores positivos, lo indicaría que esta zona presenta bajos flujos de agua.

Figura 57

Potencial Espontaneo de la línea geofísica 10



Nota. Fuente: elaboración propia

k. LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°11

El Perfil 11 abarca una longitud de 300 metros y una profundidad de prospección de 57.3 metros. El estudio geofísico, realizado mediante Tomografía Eléctrica, ha revelado valores de resistividad y espesores que se presentan en el perfil geoelectrico adjunto. Se ha determinado que los depósitos aluviales del Cuaternario, compuestos por gravas, arenas, limos, arcillas y bolones de roca, se extienden hasta la máxima profundidad investigada:

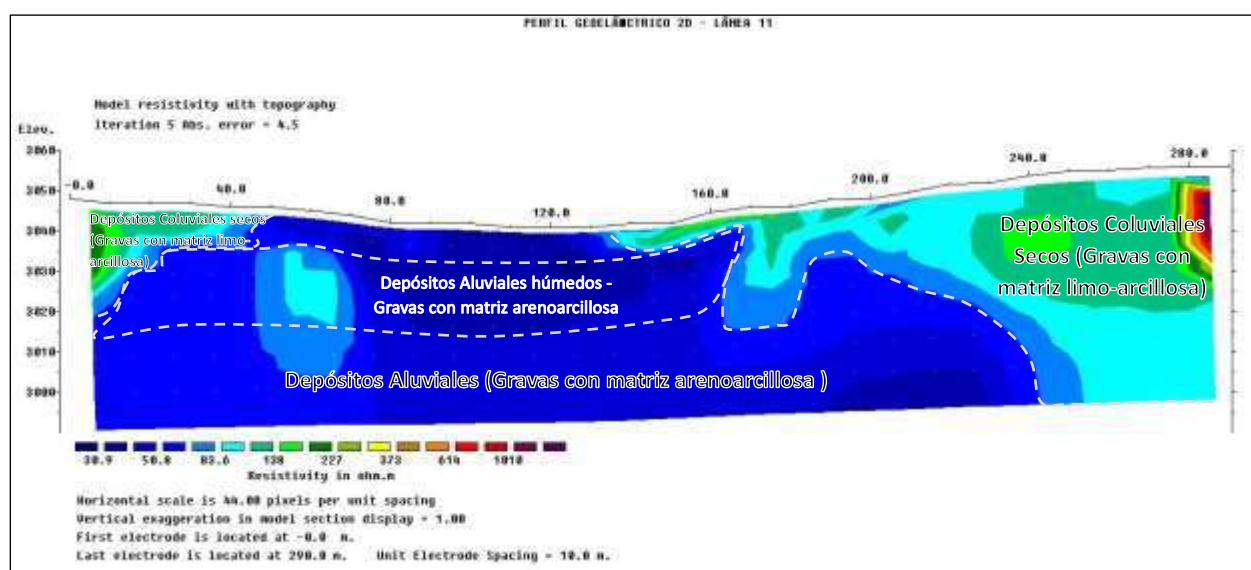
- En esta sección, se encontró depósitos Coluviales Secos en los extremos del perfil los cuales están conformados por Gravas con matriz limo-arcillosa con resistividades mayores a $120 \Omega m$, indicando la ausencia de agua subterránea.
- Por otra parte, a una profundidad de 3-16m se encontraron depósitos aluviales conformados por gravas en matriz arenoarcillosa con resistividades menores a $30 \Omega m$ lo cual indica que estos depósitos se encuentran húmedos o tienen flujo de agua.
- A una profundidad de 40 metros se identificaron depósitos aluviales compuestos por gravas en una matriz arenoarcillosa, con resistividades inferiores a $84 \Omega m$. En

esta misma profundidad, se evidencia una zona de transición hacia un acuitardo, caracterizada por resistividades similares y anomalías de -160 mV, lo que confirma la presencia de flujos de agua subterránea muy reducidos. Estos resultados se detallan en la figura y en la sección Geofísica N°11.

- No se identificó basamento rocoso e la profundidad investigada.

Figura 58

Interpretación de la Tomografía Eléctrica 11



Nota. Fuente: elaboración propia

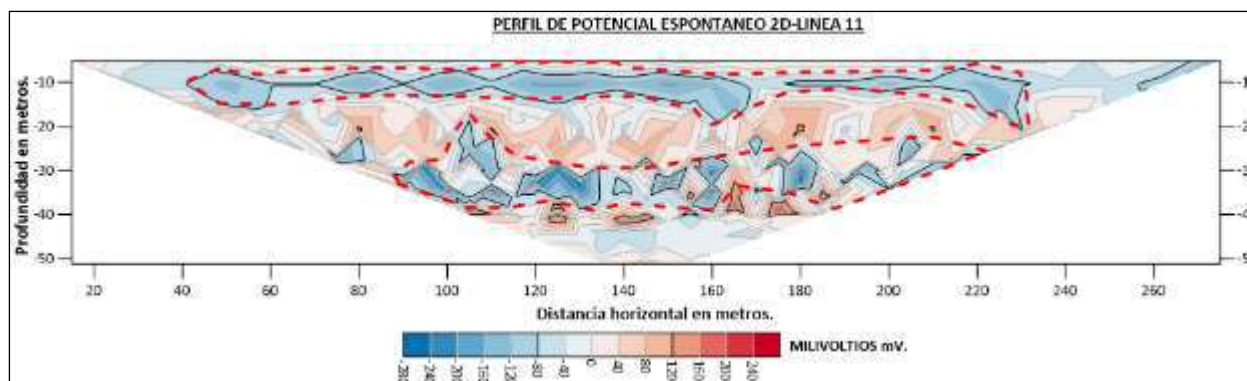
Interpretación De Perfil De Potencial Espontaneo 11:

En el perfil de Potencial Espontaneo 11, se observa potenciales mayores a -40 mV entre 3 y 16 metros de profundidad de manera irregular, los cuales son flujos de agua subterránea en depósitos cuaternarios aluviales conformados por gravas en matriz arenoarcillosa, provocado posiblemente por flujos de filtraciones del manantial que se encuentra en la parte central de la

sección, y un potencial con valores superiores a -120 mV para flujos ubicados por debajo de 30 metros de profundidad.

Figura 59

Potencial Espontaneo de la línea geofísica 11



Nota. Fuente: elaboración propia

I. LÍNEA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA N°12

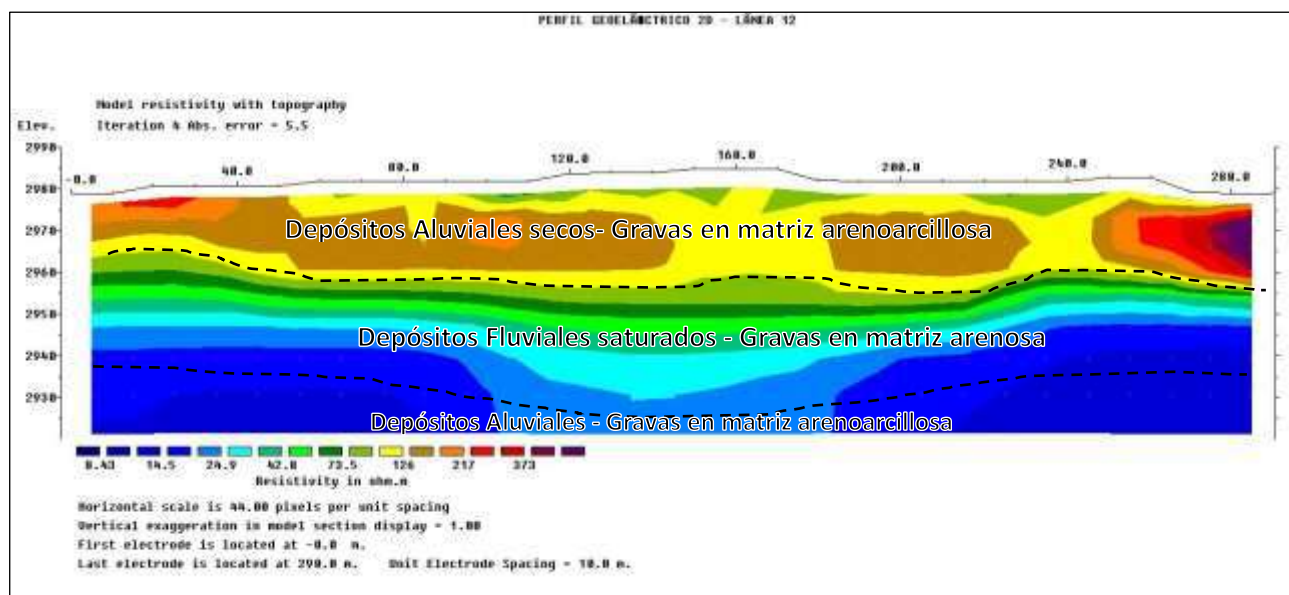
El Perfil 12, tiene una longitud de 300 metros y una profundidad de prospección de 57.3 metros, el estudio geofísico por el método de Tomografía Eléctrica ha dado como resultado valores de resistividad y espesores que a continuación se muestran en el siguiente perfil geoelectrico, se ha determinado el Cuaternario Aluvial y Fluvial hasta la profundidad explorada:

- La zona vadosa en esta sección se encuentra hasta una profundidad de 8.5 metros aproximadamente, esta zona presenta resistividades superiores a $109 \Omega m$ lo cual indica la presencia de depósitos cuaternarios aluviales conformados por gravas en matriz arenolimosas, esto también indica que no hay agua subterránea hasta esta profundidad promedio.

- Por debajo de 20 metros de profundidad, se observan resistividades menores a $109 \Omega m$ y anomalías de $-180 mV$ que confirman flujos de aguas subterráneas, lo cual indica que en esta zona se encuentran depósitos cuaternarios fluviales conformados por gravas en matriz arenosa, esto también indica que es un acuífero detrítico, potencialmente explotable. Ver siguiente figura y sección Geofísica N°12.
- No se identificó basamento rocoso hasta la profundidad explorada.

Figura 60

Interpretación de la Tomografía Eléctrica 12



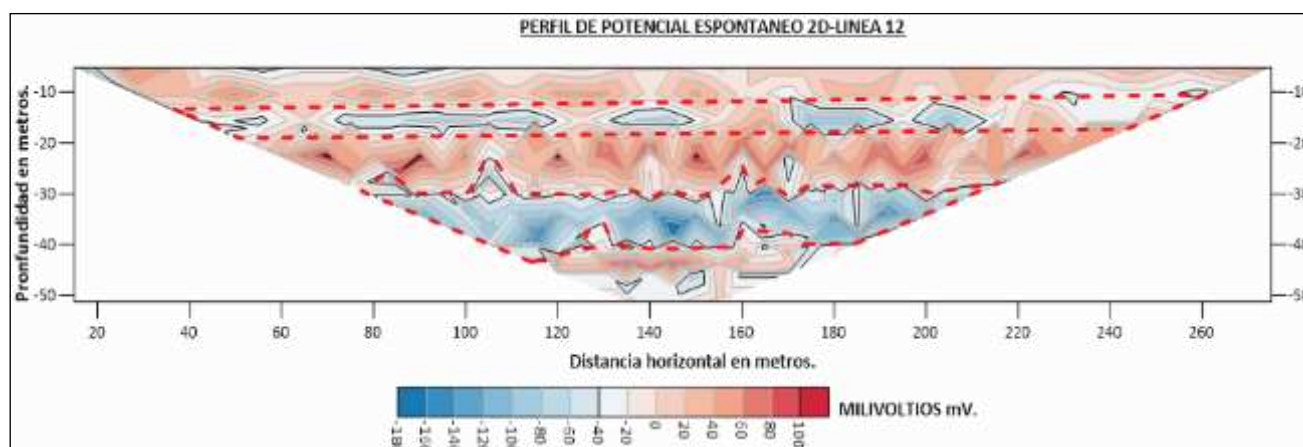
Nota. Fuente: elaboración propia

Interpretación De Perfil De Potencial Espontaneo 12:

En el perfil de Potencial Espontaneo 12, se observa potenciales menores a $-100 mV$, los cuales son acuíferos con grandes flujos de agua subterránea en depósitos cuaternarios fluviales, potencialmente explotable a través de pozos tubulares, se observa un potencial espontaneo diferenciado por debajo de los 30m hasta los 45m de profundidad.

Figura 61

Potencial Espontaneo de la línea geofísica 12



Nota. Fuente: elaboración propia

2.6.3. COMPARACIÓN DE PERFILES DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA EN LAS MÁRGENES DERECHA E IZQUIERDA DEL RÍO VILCANOTA

Los perfiles geofísicos de ambas márgenes presentan similitudes en cuanto a las técnicas utilizadas, con una longitud de investigación promedio de 300 metros y una profundidad de 57.3 metros. Sin embargo, las diferencias notables surgen en las características hidrogeológicas, los materiales presentes y las condiciones de los acuíferos.

2.6.3.1. Profundidad del nivel freático

- **Margen derecha:**

- El nivel freático oscila entre los 20 y 25 metros (Líneas N°1 a N°6).
- Estas profundidades están relacionadas con depósitos fluviales detríticos de moderada a alta permeabilidad.

- **Margen izquierda:**

- El nivel freático varía entre 15 metros (Línea N°8) y 30 metros (Líneas N°7 y N°9).
- Depósitos detríticos similares, pero con mayor variabilidad en resistividad, lo que sugiere cambios en la composición de los materiales.

Interpretación: La margen izquierda presenta un nivel freático más accesible en algunas secciones (Línea N°8) que podría facilitar la extracción de agua. La margen derecha tiene un nivel más homogéneo, lo cual favorece diseños uniformes de perforaciones.

2.6.3.2. Calidad y potencial de los acuíferos

- **Margen derecha:**

- Resistividades moderadas ($<100 \Omega m$) y anomalías de potencial espontáneo negativas (hasta -80 mV) en líneas como la N°2, N°4 y N°6, indicando flujos de agua significativos.
- Condiciones hidrogeológicas favorables para explotación, pero con zonas de posible contaminación natural debido a contacto con arcillas.

- **Margen izquierda:**

- Resistividades bajas ($<120 \Omega m$) y anomalías de potencial espontáneo significativas en las Líneas N°7, N°8 y N°9, indicando acuíferos detríticos con buenos caudales.
- Las Líneas N°10 y N°11 presentan condiciones limitadas debido a la presencia de acuitardos.

Interpretación: Ambas márgenes poseen acuíferos viables, pero la margen derecha es más uniforme en calidad, mientras que la izquierda tiene una mayor variabilidad en potencial de explotación.

2.6.3.3.Zona vadosa

- **Margen derecha:**

- Espesor promedio de 20 a 25 metros, compuesto por materiales gravosos con matriz arenoarcillosa seca.
- Buena transmisión vertical para recarga del acuífero.

- **Margen izquierda:**

- Espesor promedio entre 10 y 30 metros, dependiendo de la línea.
- Materiales variables: desde grava arenoarcillosa hasta arcillas orgánicas (como en la Línea N°10).

Interpretación: La margen derecha presenta una zona vadosa más uniforme y eficiente para recarga. La margen izquierda muestra mayor variabilidad, lo que podría afectar la recarga en ciertas áreas.

2.6.3.4.Presencia de acuitardos y limitaciones

- **Margen derecha:**

- Presencia ocasional de acuitardos en depósitos limosos profundos, identificados en las Líneas N°3 y N°6.
- En general, mayor continuidad de acuíferos detríticos.

- **Margen izquierda:**

- Acuitardos más frecuentes en las Líneas N°10 y N°11, reduciendo la capacidad de explotación en estas secciones.
- Mayor fragmentación del sistema acuífero.

Interpretación: La margen derecha tiene menos interrupciones en los acuíferos, mientras que la izquierda está más condicionada por la presencia de acuitardos.

2.6.3.5. Basamento rocoso

- En ambos márgenes, no se identificó el basamento rocoso hasta la profundidad investigada. Esto indica que los depósitos cuaternarios aluviales dominan el sistema hidrogeológico.

2.7.PROPUUESTA DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El estudio hidrogeológico realizado en la intercuenca del distrito de San Salvador en el área de estudio permitió establecer un diagnóstico del comportamiento de los recursos hídricos subterráneos en el área de estudio. A partir de este análisis, se formularon propuestas de intervención orientadas a optimizar el aprovechamiento y la gestión sostenible de dichos recursos. Entre las principales recomendaciones se destacó la captación de aguas subterráneas a través de la construcción de pozos tubulares o pozos de anillo, una estrategia que busca no solo mejorar el suministro de agua para distintos usos, sino también asegurar la conservación del acuífero a largo plazo, mitigando los riesgos de sobreexplotación y asegurando su sostenibilidad futura.

2.7.1. UBICACIÓN DE LOS POZOS

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación del área de estudio, que incluyen las secciones geoelectricas elaboradas mediante tomografías eléctricas, junto con los datos geológicos de campo y los parámetros hidráulicos obtenidos a partir de pruebas de bombeo, se ha logrado delimitar la superficie de la zona y definir tanto la ubicación como el espesor de la probable zona con buenas condiciones hidráulicas.

El análisis comparativo de las características georesistivas y los parámetros hidrogeológicos indica que las zonas con mayor potencial se encuentran a lo largo de las líneas de tomografía eléctrica, donde la litología es bien conocida. Por consiguiente, se recomienda realizar la perforación de un pozo de exploración y explotación en las coordenadas especificadas en la tabla siguiente:

Tabla 51

Ubicación de pozos tubulares

POZO TUBULAR	ESTE	NORTE	PROFUNDIDAD	DIÁMETRO
POZO_1	196521.94	8508370.71	30 metros	10 PULGADAS
POZO_2	197193.43	8508013.75	40 metros	10 PULGADAS
POZO_3	198102.32	8507454.67	35 metros	10 PULGADAS
POZO_4	197452.25	8507598.34	40 metros	10 PULGADAS
POZO_5	195685.64	8508660.44	30 metros	10 PULGADAS
POZO_6	194477.72	8510927.78	25 metros	10 PULGADAS
POZO_7	201147.99	8504740.33	25 metros	10 PULGADAS
POZO_8	200085.47	8505677.75	35 metros	10 PULGADAS

Nota. Fuente: elaboración propia

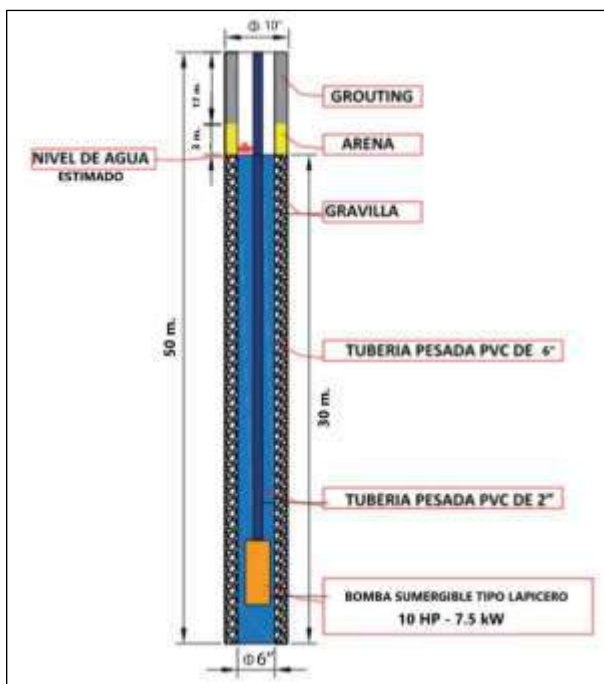
2.7.2.DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DEL POZO

La perforación que se proponen para la investigación hidrogeológica, se prevé que serán ocho (8) Pozo Pilotos, con un metraje variable de acuerdo a la tabla 48, estos serán de 10” Φ diámetro de perforación, tuberías de revestimiento de 6” y se utilizarán bombas sumergibles tipo punta de lapicero de 7HP o 10 HP (7.5 kW). De acuerdo a los perfiles de Tomografía eléctrica y los parámetros hidrogeológicos.

La perforación deberá de revestirse con entubado de tubería pesada SAP PVC de 6” Clase 10, de diámetro entre tubo ciego y filtro, esto dependerá de la profundidad a la que se encuentre el nivel estático, según diseño preliminar adjunto. Se muestra el diseño de perforación y litología probable en la siguiente desde la Figura.

Figura 62

Esquemática referencial de la estructura de un Pozo Tubular



Nota. Fuente: elaboración propia

El nivel freático es un punto de referencia determinado con base en la profundidad obtenida a partir de los perfiles de tomografía eléctrica y los antecedentes de los pozos existentes en el área de estudio. El grouting actúa como un sello protector del pozo, evitando que elementos cercanos contaminen el acuífero presente en la zona. Por su parte, la gravilla funcionará como un filtro final antes de proceder con el bombeo subterráneo. Cabe destacar que la construcción del pozo podría variar en función de la evidencia geológica que se descubra durante el proceso de perforación.

2.7.3. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Considerando el número de perforaciones exploratorias en superficie y la disponibilidad de un equipo de perforación, así como los rendimientos ya establecidos para suelo y roca, se estima que la ejecución de cada pozo propuesto tomará aproximadamente 30 días calendario. La ejecución

completa del proyecto, que incluye la perforación de los 8 pozos y la realización de pruebas hidráulicas, se proyecta en un plazo de 240 días calendario (8 meses). No obstante, si el cliente lo autoriza, el consultor podría disponer de hasta tres equipos de perforación, lo que permitiría optimizar los tiempos. A continuación, se presenta el cronograma de trabajo para un pozo exploratorio utilizando una sola máquina perforadora, abarcando desde la movilización del taller hasta la documentación y entrega del pozo.

2.7.4. PERFORACIÓN DEL POZO EN DIÁMETRO 10”

El pozo tubular, va ser perforado utilizando el método rotativo o percusión, en este tipo de técnicas el primer paso de desarrollo será el desplazamiento del fluido de perforación, haciendo circular agua clara a través de la tubería de perforación hasta el fondo de entubamiento,

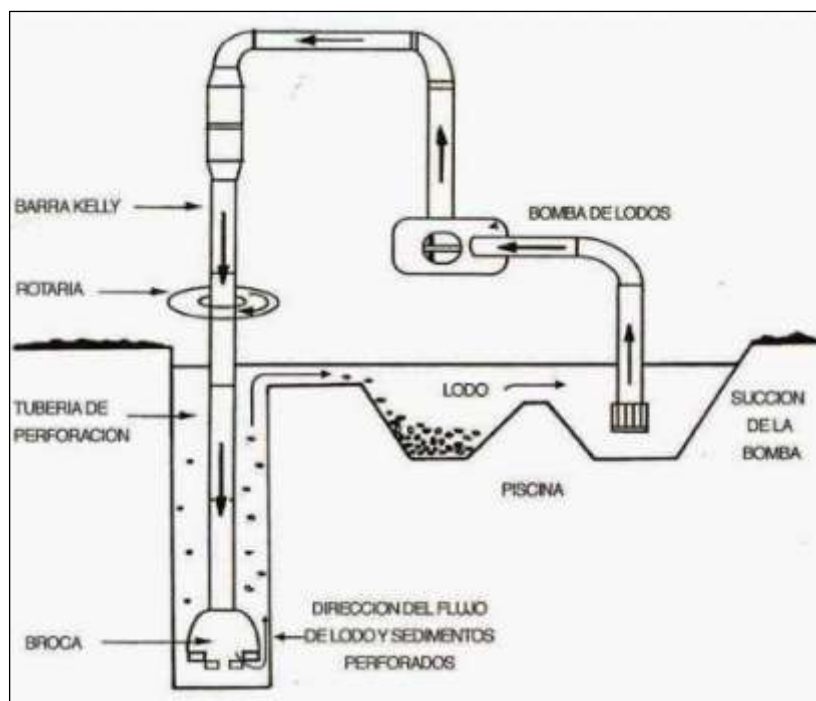
El pozo deberá ser perforado en toda su profundidad y en diámetro nominal no menor al señalado en el pre - diseño. Será necesario estudiar alternativas para el método de perforación y construcción con la intención de que el pozo pueda ser construido lo más eficiente posible en concordancia con las características geológicas, características y pre diseño del pozo, materiales con que se cuente, Los métodos de perforación utilizados son:

2.7.4.1.Método Rotativo

Consiste en perforar el agujero mediante la acción rotatoria de un trépano y remover los fragmentos que se producen con un fluido que continuamente se hace circular, conforme el trépano penetra en los materiales de la formación. Cuando se utilice el sistema rotativo deberá cuidarse que las bombas y el compresor proporcionen una adecuada circulación de retorno para los fluidos de acuerdo a la velocidad de ascenso del material perforado y una buena ejecución del trabajo en relación a la viscosidad de los fluidos y al diámetro perforado.

Figura 63

Método rotativo de circulación directa



Nota. Fuente: elaboración propia

En el sistema rotativo se usarán lodos bentónicos de peso específico o densidad adecuada, su medida se efectuará mediante la balanza de lodos utilizando unidades gramos/centímetro cúbico la viscosidad de los mismos será del orden de 36 a 50 seg/API, los datos sobre la viscosidad de los lodos serán registrados con exactitud durante la perforación, a cada 3 metros y cuando se registre cambio de formación. La variación de viscosidad se medirá con el embudo de MARSH.

La perforación del pozo tubular se realizará con una máquina perforadora CC-165 sobre orugas, capaz de perforar entre 0.00 – 200 metros en Ø 24”, un martillo de fondo y barrena con insertos de tungsteno, con operación de un compresor de buena capacidad se hará una inyección de una emulsión de jabón o detergente industrial, agua y aire.

El pozo a perforar por la maquina tendrá una profundidad variable, de 10 pulgadas de diámetro y vertical para abajo. Se aplicará polifosfatos al pozo como agente para dispersar el lodo adherido a las paredes del pozo y el lodo residual de perforación. En la construcción del pozo por el método rotatorio, las polifosfatos usadas serán hexametafosfato sódico, tripolifosfato sódico, eptafosfato sódico, piro fosfato tetrasódico o cualquier otro agente de dispersión de fosfato, debidamente aprobado por la Empresa. La dosificación propuesta por el contratista deberá ser aprobada por el ingeniero supervisor. Existen algunos factores que afectan la eficiencia de la operación de perforar y son:

- Resistencia de los materiales o roca
- Peso de las herramientas
- Diámetro del barreno
- Densidad y espesor del lodo acumulado, etc.

III. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1.DISCUSIÓN

1. En esta investigación, al describir las características litológicas del channel belt del río Vilcanota en el área de estudio, se identificaron depósitos cuaternarios fluviales ubicados en el cauce del río Vilcanota conformados por cantos y gravas redondeadas a subredondeadas, inmersos en una matriz arenosa y frecuentemente imbricados, depósitos aluviales ubicados en los márgenes del río Vilcanota constituidos por gravas y cantos angulosos inmersos en una matriz de arena limosa y depósitos coluviales ubicados al pie de las laderas y montañas conformados por gravas angulosas envueltas en una matriz arcillosa y limosa. Se tiene una

gran influencia del anticlinal del Vilcanota y un sistema de fallas sinestrasales con movimiento inverso (Chuecamayo y Ticocmayo) ubicados en dirección perpendicular al nor-este del channelt belt. Esto nos da a entender que los depósitos fluviales presentan una alta permeabilidad debido a su naturaleza porosa y la disposición imbricada de los cantos por lo que se sugiere que estos podrían funcionar como acuíferos de alto rendimiento, los depósitos aluviales son menos permeables que los depósitos fluviales, debido a la presencia de limos, pero de igual forma podrían funcionar como acuíferos de regular a alto rendimiento, los depósitos coluviales debido a su matriz arcillosa, limitan el flujo subterráneo lo que indicaría una baja permeabilidad, esto podría limitar el movimiento de agua subterránea haciéndolos actuar como acuitardos. Frente a estos resultados se acepta parcialmente la hipótesis propuesta inicialmente ya que los depósitos fluviales y aluviales resultaron ser acuíferos mas no los depósitos coluviales que resultaron ser acuitardos. Estos resultados tienen relación con el estudio de Farfán Tintaya y Larico Tupayachi (2020), en donde se identificaron depósitos cuaternarios fluviales, aluviales y coluviales en el valle aluvial de San Salvador donde también se mencionó que los depósitos aluviales y fluviales funcionaban como acuíferos de buen rendimiento, con características litológicas y de permeabilidad similares a las observadas en esta investigación. En tal sentido bajo lo referido anteriormente confirmamos que la litología influye en gran parte en la hidrogeología, ya que en base a ello se determina las propiedades de permeabilidad y almacenamiento de agua en los diferentes tipos de litología ya sean depósitos cuaternarios porosos no consolidados o formaciones rocosas.

2. En esta investigación, se analizaron las características del perfil litológico a través de 12 líneas de tomografía de resistividad eléctrica con diferentes longitudes y profundidades. Se realizaron líneas de entre 270 y 600 metros, alcanzando profundidades de hasta 54 y 120

metros, lo que permitió obtener una visión de la estructura geológica subterránea del área de estudio. El método geofísico aplicado reveló valores de resistividad y espesores asociados a depósitos cuaternarios aluviales y fluviales hasta las profundidades exploradas. Los resultados indican que los depósitos cuaternarios en la parte superior del perfil están compuestos por material gravoso y arenoarcilloso, con resistividades superiores a 120 Ω m, lo que sugiere la ausencia de agua subterránea hasta una profundidad de hasta 10 y 30 metros. Los perfiles 02, 05, 08 y 12, con longitudes de 300 metros, así como el perfil 01 con longitud de 600 metros, mostraron depósitos aluviales sin agua subterránea en profundidades de hasta 10_15 metros. A esas profundidades, se encontró el nivel freático con resistividades menores a 120 Ω m, indicando la presencia de un acuífero libre. Por debajo, se identificaron acuíferos explotables, aunque con agua contaminada por carbonatos debido a la proximidad de formaciones de caliza. De manera similar, en los perfiles 03, 07 y 09 de 300 metros, y en los perfiles 04 y 06 de 400 y 270 metros respectivamente, se observaron depósitos aluviales sin agua subterránea hasta 25 a 35 metros de profundidad. Nuevamente, el nivel freático y los acuíferos libres se encontraron por debajo de estas capas, con acuíferos explotables, pero con la misma problemática de contaminación por carbonatos. Por otro lado, los perfiles 10 y 11 de 300 metros presentaron depósitos aluviales con probabilidad de presencia de agua, pero que actúan como acuitardos en toda la sección, con resistividades superiores a 22 Ω m. Frente a estos resultados, se acepta la hipótesis de investigación, confirmando que los depósitos cuaternarios en la parte superior del perfil están compuestos por depósitos aluviales. Estos hallazgos concuerdan con estudios previos, como los de Churata & Arque (2019), quienes también identificaron depósitos aluviales en zonas similares. Dichos estudios resaltan la influencia de la ubicación de los pozos en la profundidad del nivel freático y la calidad del

acuífero. Asimismo, la investigación de Ruffo y otros (2022) destacó la utilidad de la tomografía de resistividad eléctrica para caracterizar los acuíferos y la calidad del agua subterránea, permitiendo definir intervalos de resistividad relacionados con los parámetros hidráulicos. Esto coincide con los resultados de este estudio, donde el método permitió identificar intervalos de resistividad que son útiles para gestionar y planificar proyectos de captación de agua subterránea. En tal sentido se confirma que los depósitos fluviales, especialmente aquellos cercanos al canal del río Vilcanota, presentan acuíferos con buenas características hidráulicas y menores resistividades, mientras que, a mayor profundidad, las resistividades disminuyen y la calidad del agua se deteriora. Estos resultados refuerzan la importancia de los análisis de resistividad eléctrica para la correcta gestión de los recursos hídricos subterráneos, sobre todo en zonas con formaciones fluviales y aluviales.

3. En esta investigación, se determinaron los parámetros hidráulicos mediante pruebas de bombeo realizadas en los pozos existentes en los sectores de estudio. Se llevaron a cabo siete pruebas de bombeo, de las cuales los pozos 01 y 03, ubicados en la margen izquierda, y el pozo 07, ubicado en la margen derecha, presentaron una alta conductividad hidráulica y transmisividad. Los resultados de la transmisividad fueron de 182.2 a 206.8 m²/d, mientras que la conductividad hidráulica varió entre 37.336 y 59.114 m/d. Además, el coeficiente de almacenamiento se situó entre 0.1617 y 0.2214, lo que indica que estos pozos corresponden a acuíferos de buena calidad. Por otro lado, los pozos 06, 08 y 09, ubicados en la margen izquierda, y el pozo 10, en la margen derecha, mostraron una conductividad hidráulica baja y una transmisividad media. Los resultados de la transmisividad oscilaron entre 32.53 y 81.44 m²/d, mientras que la conductividad hidráulica se situó entre 2.366 y 23.67 m/d. El coeficiente de almacenamiento se encontró en un rango de 0.0072 a 0.0595, lo que sugiere que los

acuíferos en estas zonas tienen una capacidad de transmisión baja a media. A partir del nivel estático respecto al mar se determinó el flujo de agua que sería SE-NW, también la recarga de los acuíferos es proveniente del río Vilcanota. Frente a estos resultados, se acepta la hipótesis de investigación que las pruebas de bombeo en los pozos existentes en el área de estudio proporcionan información clave sobre las propiedades hidráulicas del acuífero, incluyendo su capacidad de flujo, permeabilidad y respuesta a la extracción de agua, de esta manera se comprendería mejor su comportamiento hidráulico. Estos resultados son corroborados por Churata & Arque (2019) que en su investigación realizaron pruebas de bombeo llegando a obtener las propiedades hidráulicas del acuífero aluvial que si se pueden obtener valores de conductividad hidráulica mediante pruebas de bombeo a caudal constante la cual nos permite conocer el comportamiento hidráulico de un acuífero. En tal sentido bajo lo referido anteriormente y analizar estos resultados confirmamos que las pruebas de bombeo son de mucha importancia para obtener las propiedades hidráulicas de un acuífero, también entender mejor el flujo de agua subterránea en el área de estudio.

4. En esta investigación las características hidrogeológicas de los acuíferos, según las propiedades hidráulicas de los pozos existentes en los sectores de estudio. se pudo decir que los depósitos fluviales tienen un comportamiento homogéneo mientras que tenga materiales de grava arenosa que facilita un flujo uniforme en todo espesor saturado teniendo un comportamiento de buen acuífero, mientras los depósitos aluviales son de mediano a buenos acuíferos porque normalmente tiene materiales grava arcillosa que tienen poca permeabilidad así mismo, los depósitos coluviales que presentan materiales de grava arcillosa tienen comportamiento de acuitardos, en el rendimiento específicos de los pozos existentes se estima entre 1.5 a 4.85 l/s. el radio de influencia para un bombeo continuo de 10 días fluctúa entre

137 a 322 m debiendo tomar un radio prudencial de 500 m, para fines de diseño, el acuífero permitirá satisfacer la demanda hídrica requerida. se acepta la hipótesis de investigación que las propiedades hidráulicas y la dinámica del agua subterránea de los pozos existentes en los sectores de estudio se revelarán patrones que permitirán comprender mejor las características hidrogeológicas. Estos resultados son corroborados por Churata & Arque (2019) que en su investigación llegaron a obtener rendimiento específico, radio de influencia para un acuífero aluvial. En tal sentido bajo lo referido anteriormente y analizar estos resultados confirmamos que los materiales de sedimentación son de bastante importancia por depender mucho funcionamiento de las aguas subterráneas.

5. En esta investigación se determinaron las propiedades fisicoquímicas de las fuentes de agua en los sectores de estudio. Se identificaron 17 fuentes de agua según el análisis hidroquímico realizado a través de los diagramas de Piper, Stiff y Schoeller. A partir de estos análisis, se concluyó que las fuentes hídricas, tanto subterráneas como superficiales, se agrupan en dos grandes facies: bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcicas, con algunas variaciones hacia aguas cálcico-magnesianas, cloruradas o sódicas. En cuanto al flujo de las fuentes, la mayoría pertenece a flujos locales, con excepción de las fuentes P-10 y P-4 que tienen una tendencia a un flujo intermedio, y Mn_01 y Mn_02, que corresponden a flujos regionales, de acuerdo con el diagrama de Miffilin (relación sodio + potasio vs. cloruros + sulfatos). Respecto a la calidad del agua para consumo humano, el análisis del diagrama de Schoeller-Berkaloff reveló que la mayoría de las 17 fuentes hídricas cumplen con los estándares establecidos en el Anexo III del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del MINSA. No obstante, algunas fuentes exceden los límites recomendados en cuanto a sodio, cloruros y sulfatos, lo que implica la necesidad de un

tratamiento especial para garantizar su potabilidad. En cuanto al uso del agua para riego, algunas fuentes fueron clasificadas como de buena calidad y aptas para el riego, mientras que otras se consideran utilizables, pero con precauciones debido a sus características químicas. Se acepta la hipótesis de investigación, que sostiene que la calidad de las aguas en el área de estudio depende de la proximidad del pozo al cauce del río. Algunas fuentes son aptas para consumo humano, mientras que otras requieren tratamiento con filtros de ósmosis inversa. Esta hipótesis se respalda en la presencia de pozos existentes en las áreas cercanas al río y su tratamiento. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Farfán & Larico (2020), quienes realizaron estudios en el distrito de San Salvador y encontraron predominancia de aguas neutras, bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcicas, con menores cantidades de cationes como sodio y calcio. En tal sentido bajo lo referido anteriormente y analizar estos resultados confirmamos, que la mayoría de las fuentes de agua analizadas son aptas para consumo humano tras un tratamiento previo, excepto las fuentes Mn_01, Mn_02 y R_01, que requieren un tratamiento especial para ser consideradas seguras, tanto para consumo como para riego.

3.2.CONCLUSIONES

- ❖ De acuerdo al análisis del potencial hidrogeológico en el channel belt del río Vilcanota se confirmó que los sectores estudiados en donde se realizaron las pruebas de bombeo presentan condiciones favorables para la formación y explotación de acuíferos. Esto se debe a la presencia de depósitos cuaternarios aluviales y fluviales que, por sus características litológicas, actúan como buenos conductores, drenadores y almacenadores de agua subterránea, lo que respalda la hipótesis general planteada.
- ❖ La litología en el channelt belt está formada por depósitos cuaternarios fluviales conformados por bloques y bancos de gravas redondeadas a subredondeadas en una matriz arenosa, depósitos cuaternarios aluviales en los márgenes del río en mayor proporción conformados por gravas subredondeadas a subangulosas en una matriz arenoarcillosa, y depósitos coluviales al pie de las laderas en menor proporción conformados por gravas angulosas en una matriz limoarcillosa.
- ❖ El análisis de los 12 perfiles de tomografía eléctrica y potencial espontáneo confirma que el channel belt está compuesto por depósitos cuaternarios fluviales y aluviales, sin indicios de basamento rocoso. Los acuíferos detríticos se encuentran entre los 15 y 30 metros de profundidad, con resistividades menores a $120 \Omega m$, mostrando un potencial hidrogeológico considerable. Los perfiles de Potencial Espontáneo refuerzan estos hallazgos, con flujos significativos de agua en materiales gravosos y potenciales menores a -80 mV , lo que sugiere que los acuíferos son aptos para explotación mediante pozos. Los perfiles de Potencial Espontáneo refuerzan estos hallazgos, indicando flujos de agua en materiales gravosos a profundidades de 20 a 30 metros, validando la hipótesis inicial sobre la distribución litológica.

- ❖ En esta investigación, se determinaron los parámetros hidráulicos de los acuíferos mediante pruebas de bombeo en pozos ubicados en los sectores de estudio, revelando una notable heterogeneidad en las propiedades hidráulicas de la zona. Los pozos 01, 03 y 07, con alta conductividad hidráulica y transmisividad, corresponden a acuíferos de buena calidad, mientras que los pozos 06, 08, 09 y 10 presentan características más moderadas, lo que sugiere una capacidad de transmisión media a baja. El flujo subterráneo sigue una dirección SE-NW, y la recarga de los acuíferos proviene del río Vilcanota validando la hipótesis propuesta.
- ❖ Las características hidrogeológicas de los acuíferos, basadas en los pozos existentes, revelaron que los depósitos fluviales tienen alta permeabilidad, permiten un flujo uniforme y un alto rendimiento resultando como acuíferos porosos. Los depósitos aluviales, tienen permeabilidad moderada y un alto a regular rendimiento resultando como acuíferos porosos, mientras que los depósitos coluviales tienen baja a moderada permeabilidad y un bajo rendimiento resultando como acuitardos. El rendimiento específico de los pozos varió entre 0.95 y 4.68 l/s, y el radio de influencia para bombeo continuo fue de 35 a 182 metros, sugiriendo un radio de diseño de 200 metros. Estos validan la hipótesis planteada.
- ❖ El análisis de las propiedades fisicoquímicas de 17 fuentes de agua (10 pozos subterráneos, 4 manantes, 3 fuentes superficiales) reveló 2 facies principales: bicarbonatadas cálcicas/magnesianas y sulfatadas cálcicas/magnesianas. Según el diagrama de Mifflin, la mayoría muestra un flujo local, y algunas muestras indican flujo intermedio o regional. La mayoría de las fuentes son aptas para consumo humano tras un tratamiento, aunque algunas, como Mn-01, Mn-02 y R-01, exceden los niveles recomendados de sodio, cloruros y sulfatos, requiriendo tratamientos avanzados como la ósmosis inversa. Se rechaza la

hipótesis inicial, ya que la calidad del agua depende de factores como la profundidad de los pozos y la proximidad a las formaciones calcares, que influye en la dureza del agua.

3.3.RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda realizar líneas de tomografía eléctrica que con una dirección perpendicularmente al río Vilcanota con arreglo wenner-schlumberger en cada sector identificado en el mapa de propuestas de intervención, así como medidas de potencial espontáneo en 2D para un mejor análisis tridimensional del acuífero y sus profundidades más detalladamente.
- ❖ Se recomienda realizar un modelo hidrogeológico (3D) para simular y estimar con mayor precisión los volúmenes de extracción sostenible de agua subterránea. Este modelo integrará datos hidráulicos, proporcionando una visualización más detallada de la distribución y dinámica de los acuíferos. Asimismo, facilitará la evaluación de diferentes escenarios de extracción a largo plazo, ayudando a evitar la sobreexplotación.
- ❖ Se recomienda realizar pruebas de bombeo controladas con caudales mayores. Esto permitirá obtener una evaluación más precisa de sus límites, zonas de influencia y comportamiento hidráulico bajo condiciones de extracción más exigentes. Se podrán identificar tanto la capacidad máxima de extracción como los umbrales críticos que garanticen la recuperación adecuada del acuífero a largo plazo.

3.4.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Gutiérrez, J. (05 de Junio de 2004). *Academia* . Obtenido de https://www.academia.edu/40680134/Geomorfolog%C3%ADa_Gu%C3%ADa
- Aguirre, N. ., Ruiz, R. ., & Torres, G. H. (2005). *DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL PERÚ*. LIMA: INAENA.
- Apaza Rojas , R., & Huamán Quispe , O. (2019). Estudio Hidrogeologico con fines de determinar el potencial hidrico en la cuenca de Cachimayo, Dist. Santiago, Prov. Cusco, Reg. Cusco – 2019. *Para optar el titulo profesional de ingeniero geólogo*. Universida Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco.
- Becerra Camacho, L. A. (2018). Evaluación del potencial hidrogeológico de la microcuenca Muyoc, distrito de Namora Cajamarca - Perú. *ALICIA*.
- Bridge, J. (2003). *Rivers and Floodplains*. Oxford, Reino Unido.: Blackwell Science Ltd.
- Carlotto, V., Gil, W., Cárdenas, J., & Chávez , R. (1996). *GEOLOGIA DE LOS CUADRANGULOS DE URUBAMBA Y CALCA 27 -r y 27-s* . CUSCO: FIMART S.A.
- Carlotto, Víctor ; Gil, Willy; Cárdenas, José ; Chávez , Richard. (1996). *GEOLOGIA DE LOS CUADRANGULOS DE URUBAMBA Y CALCA 27 -r y 27-s*. CUSCO: FIMART S.A.
- Casagrande y Fadum. (1939). *Geologia y Geotecnia-Permeabilidad de los suelos*.
- Castro, L. (2010). CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL ACUÍFERO ALUVIAL NARANJITO, QUEPOS, PUNTARENAS. 17.
- Charles Willard, F. (2000). *Applied Hydrogeology (4th Edition)*. Madison : Prentice Hall.
- Churata, R. M., & Arque, K. T. (2019). *EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PRELIMINAR DEL ACUÍFERO ALUVIAL, PARA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS CON FINES DE RIEGO DEL VALLE VIRÚ – LA LIBERTAD*. La libertad: unsaac.
- Custodio, G. E., & LLamas, M. M. (1983). *Hidrologia Subterranea* (Vol. I). Barcelona: Ediciones OMEGA S.A.
- Díaz, E. J., Contreras, N. M., Pinto, J. E., & Velandia, F. (2009). EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PRELIMINAR DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS DE LA MESA DE LOS SANTOS, SANTANDER. 11.
- EDGARD LUIS ORUE QUISPE. (s.f.). Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/457577506/COLUMNA-DEL-CUSCO-MODIFICADO-pdf>
- Fabrizio, D., & Carlos, B. (2011). *Evaluación del río Vilcanota en el distrito de San Salvador*. San salvador: INGEMMET.
- Farfan Tintaya, S., & Larico Tupayachi , M. (2020). Identificación De Acuíferos Para La Captación De Agua Subterránea Mediante El Estudio Hidrogeológico Del Distrito San Salvador – Cusco. *Para optar titulo profesional de ingeniero Geologo*. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco.

- GEOCATMIN. (2023). *GEOCATMIN*. Obtenido de GEOCATMIN:
<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- González de Vallejo, L. I. (2002). *INGENIERÍA GEOLÓGICA*. ESPAÑA: PEARSON EDUCACION, S.A.
- Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación Quinta edición*. Mexico: MC GRAW HILL.
- Huizar Álvarez, R., Campos Enríquez, O., Mitre Salazar, L. M., & Alatríste Vilchis, D. (2018). Evaluación hidrogeológica de la subcuenca de Tecocomulco, Estados de Hidalgo, Puebla y Tlaxcala, México.
- INEI. (Diciembre de 2022). *INEI*. Obtenido de
<https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-produccion-nacional-dic-2022.pdf>
- Israel, V., Leonel, O., & Carlos, G. (2005). *Sequía, un problema de perspectiva y gestión*. Mexico: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Keith, T. D., & Mays, L. (2005). *Groundwater Hydrology*. California : Wiley.
- López Guillermo, J. E. (2022). *Principios de Ingeniería de Pozos*.
- López, G. J., Fornés, A. J., Ramos, G. G., & Villarroja Gil, F. (2009). *Las aguas subterráneas un recurso natural del subsuelo* (4ª Edición 2009 ed.). España: Grupo Industrial de Artes Gráficas Ibersaf Industrial, S. L.
- MARROQUÍN PEÑA, R. (2011). *Teoría y praxis de la investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Martínez, A. P., Martínez, S. P., & Castaño, C. S. (2006). *Fundamentos de Hidrogeología*. España: Mundi·Prensa México, s. a. de C. V.
- MINAM. (2017). *MINAM*. Obtenido de MINAM: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Monsalve, S. G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. México: AlfaOmega Grupo Editor. S.A. de C.V.
- Ordoñez Gálvez, D. J. (2011). CARTILLA TÉCNICA: AGUAS SUBTERRÁNEAS-ACUÍFEROS. *Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico*. Lima, Lima, Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
- Orellana, E. (1972). *Prospeccion Geoelectrica en Corriente Continua* . Madrid: Printed In Spain.
- Perez, Limache, I. (2011). Determinacion De Areas Favorables Para La Perforacion De Pozos De Agua, Mediante La Aplicación De Estudios Hidrogeologicos Integrales, Santiago De Huari – Oruro. *Grado Para Optar Al Título De Licenciado En Ingeniería Geologica*. Universidad Mayor De San Andres Facultad De Ciencias Geologicas Carrera De Ingeniería Geologica, La paz.
- Portugal Churata, R., & Tarifa Arque, K. (2019). Evaluación Hidrogeológica Preliminar Del Acuífero Aluvial, Para Explotación De Aguas Subterráneas Con Fines De Riego Del Valle Virú – La Libertad. *Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Geólogo*. Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, Valle Virú.

- Quiliche Carrasco, C. P. (2021). Caracterización hidrogeológica de los depósitos cuaternarios y su relación con la disminución de caudal del manantial Pariapuquio barrio San Francisco-Pariapuquio, distrito de Cajamarca.
- Reyes, R. J., & Cruz, E. R. (2013). GEOFÍSICA APLICADA A LA BÚSQUEDA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN DEPOSITOS ALUVIALES. CASO DE ESTUDIO ARENAS ALGABA. 8.
- Rivera, Mantilla, H. (2005). *Geología General*. Lima: Comunicacion time S.A.C. .
- Rondón, K. G. (2018). Caracterización hidrogeológica del acuífero aluvial ubicado entre las quebradas Chacaíto y Sebucán, región noreste del Valle de Caracas.
- Ruffo, A., Giorgi, J., Rey, M., Carrica, L., Albouy, E., & Bastianelli, N. (2022). Tomografía de resistividad eléctrica aplicada a la prospección de agua subterránea en un sector costero del sudoeste bonaerense, Argentina. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, Nº 49 • 29 - 35.
- SENAMHI. (2023). *SENAMHI*. Obtenido de SENAMHI: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Silva Talledo, M. (2019). Investigación Hidrogeologica Para El Aprovechamiento De Agua Subterranea En El Predio Inkaterra, Distrito De El Alto, Provincia De Talara Y Departamento De Piura – Perú. *Para Optar Por El Título Profesional De Ingeniero Geologo*. Universidad Nacional De Piura Facultad De Ingeniería De Minas Escuela Profesional De Ingeniería Geológica, Piura.
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. Cuenca: Abya-Yala Quito-Ecuador.
- Villanueva Martinez, M., & Iglesias Lopez, A. (1984). *POZOS Y ACUIFEROS TECNICAS DE EVALUACION MEDIANTE ENSAYOS DE BOMBEO*. Madrid : Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Centro de Publicaciones.
- Villaseñor, P. (2007). *Geología de campo: manual de prácticas*. madrid: Editorial de la Universidad de Huelva.
- Villón, B. M. (2002). *Hidrología*. Costa Rica: MaxSoft, Impreso en Carto.
- Yoshinaga, P. S., & Albuquerque, R. G. (2000). *RECURSOS HIDRICOS*. São Paulo: UNICAMP.

IV. ANEXOS

A.Mapas



UBICACION DEPARTAMENTAL



UBICACION PROVINCIAL



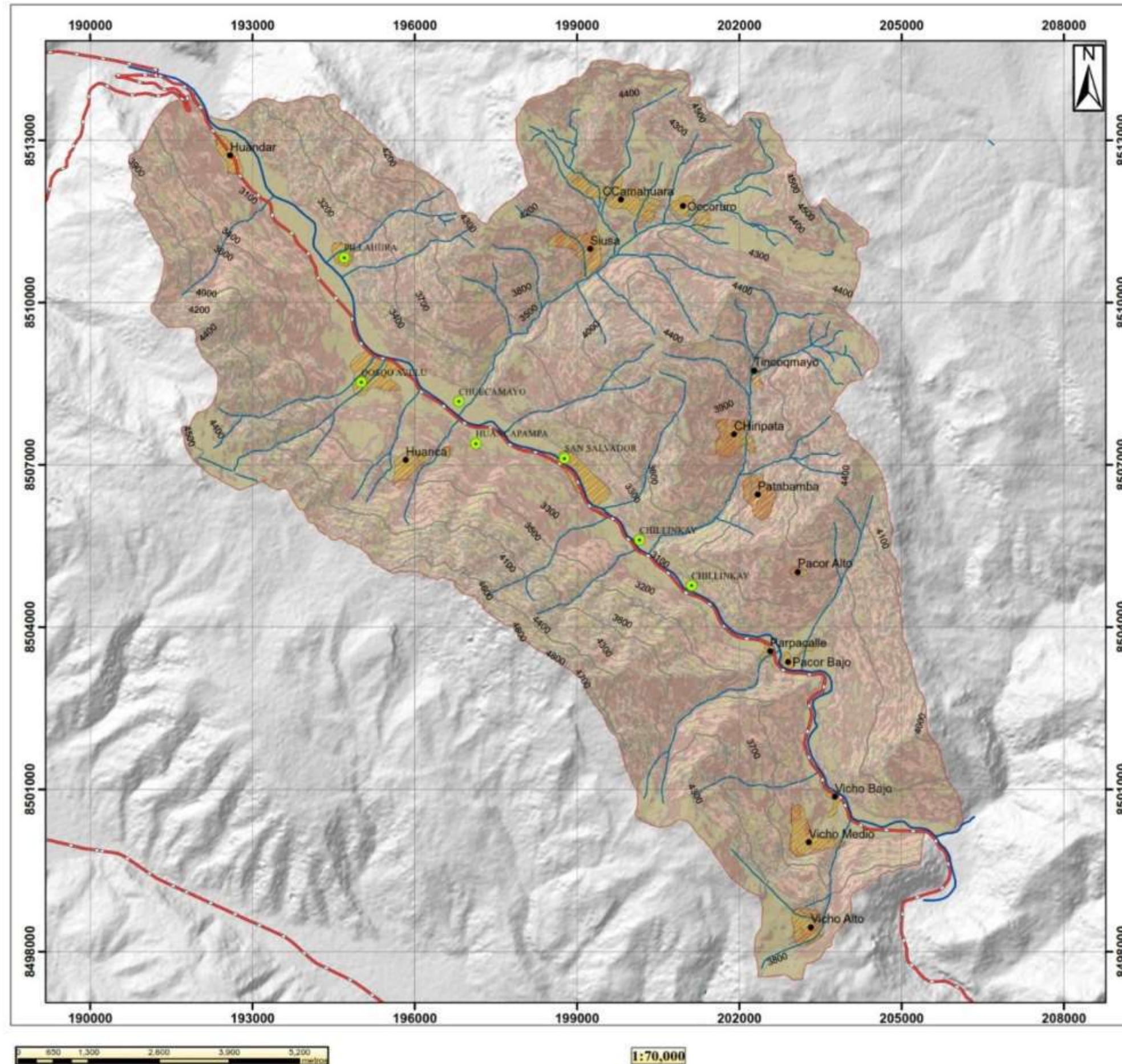
UBICACION DISTRITAL



LEYENDA

- Sectores de estudio
- Areas Urbanas
- Ruta Del proyecto
- Curvas de nivel
- Rio
- Drenaje

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"				
MAPA DE UBICACIÓN				
ESCALA	FECHA	AUTORES	REALIZADO POR	PLANO
1:30,000	Aprob. 2024	DR. IVAN CACERES ABRILLO	DR. JUAN CARLOS DE ALBA DR. RAUL ORTIZ VARGAS	1
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	REGION
Carta Topografica 1:50,000	WGS 1984 UTM ZONA 19E	SAN SALVADOR	CALCA	PERU



LEYENDA

Uso de suelos
Categoría

	Tierras Aptas para Cultivo en Limpio
	Tierras Aptas para Cultivos Permanentes
	Tierras Aptas para Pastos
	Tierras Aptas para Producción Forestal
	Tierras de Protección

SIMBOLOGIA

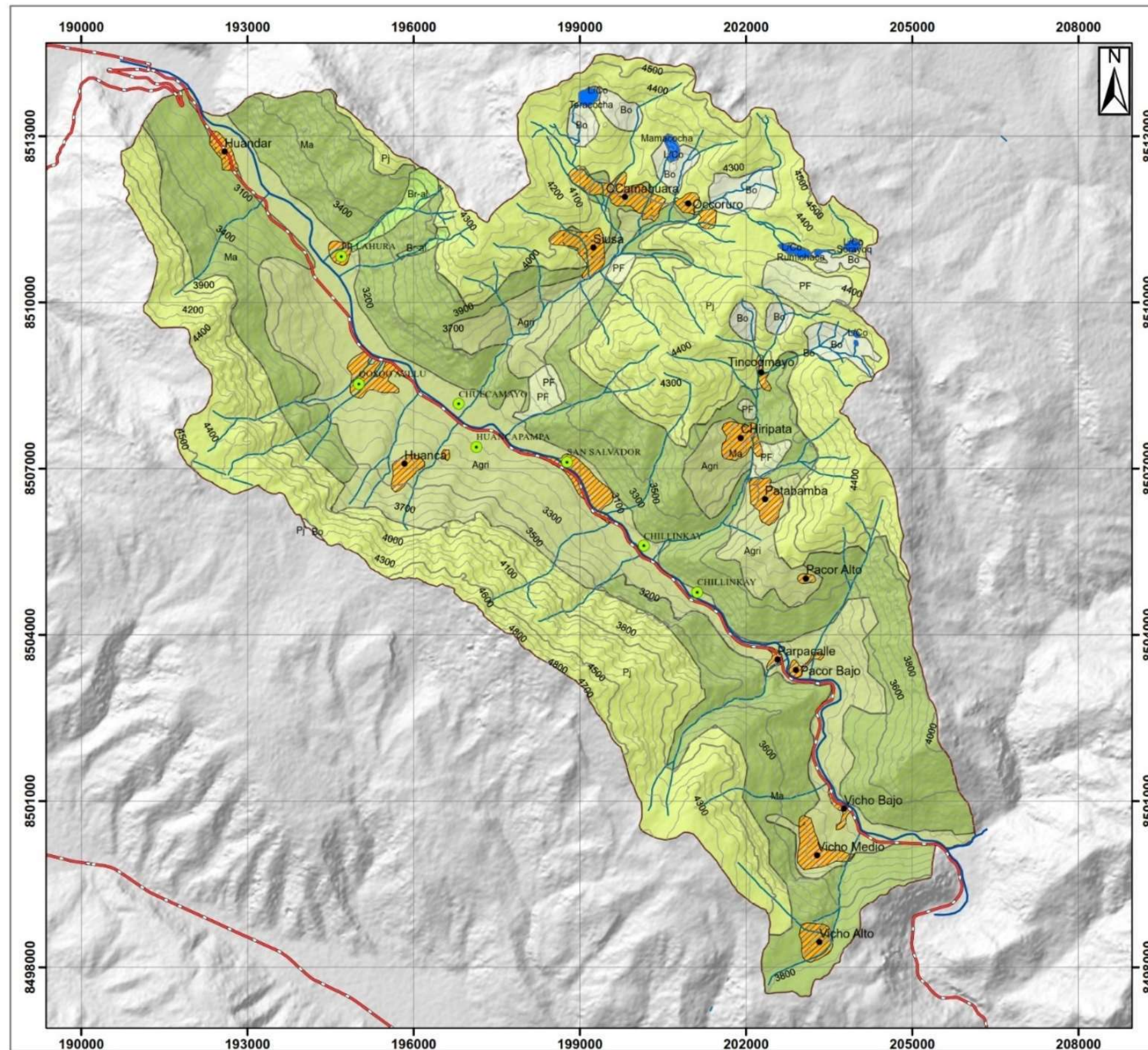
	Sectores de estudio
	Sectores
	Via Nacional
	Red Hidrica
	Curvas de nivel
	Primarios
	Segundarias
	Areas Urbanas

CATEGORIA	PENDIENTE	AREA EN Ha
Tierras Aptas para Cultivo en Limpio (Símbolo A)	0 a 20	3642.905123
Tierras Aptas para Cultivos Permanentes (Símbolo C)	20 a 30	3921.64676
Tierras Aptas para Pastos (Símbolo P)	30 a 40	4014.549021
Tierras Aptas para Producción Forestal (Símbolo F)	40 a 50	1700.179396
Tierras de Protección (Símbolo X)	mayor a 50	532.122722

UBICACIÓN	ESTE	NORTE	ZONA
PILLAHURA	194694	8510831	19L
QOSQO AYLLU	195011	8508523	19L
CHUECAMAYO	196812	8508165	19L
HUANCAPAMPA	197130	850739	19L
SAN SALVADOR	198766	8507118	19L
CHILLINKAY	200153	8505607	19L
	201117	8504766	19L

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RIO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”				
MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR DE TIERRAS				
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	MAPA
1:70,000	Agosto, 2024	ING. IVAN CACERES ANGULO	BACH. AMIR CARDENAS HUAMANAY	2
			BACH. ISMAEL OBCCON VAPU	
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	REGION
Cartas Nacionales IGN	WGS 1984 UTM ZONE 18S	SAN SALVADOR	CALCA	CUSCO

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



UBICACION PROVINCIAL



UBICACION DISTRITAL



LEYENDA

Cobertura Vegetal

- Agricultura costera y andina
- Bofedal
- Bosque relicto altoandino
- Lagunas, lagos y cochas
- Matorral arbustivo
- Pajonal andino
- Plantación Forestal

SIMBOLOGIA

- Sectores de estudio
- Sectores
- Via Nacional
- Red Hídrica
- Curvas de nivel
- Primarios
- Secundarios
- Areas Urbanas
- Lagunas

UBICACIÓN	ESTE	NORTE	ZONA
PILLAHURA	194694	8510831	19L
QOSQO AYLLU	195011	8508523	19L
CHUECAMAYO	196812	8508165	19L
HUANCAPAMPA	197130	850739	19L
SAN SALVADOR	198766	8507118	19L
CHILLINKAY	200153	8505607	19L
	201117	8504766	19L



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

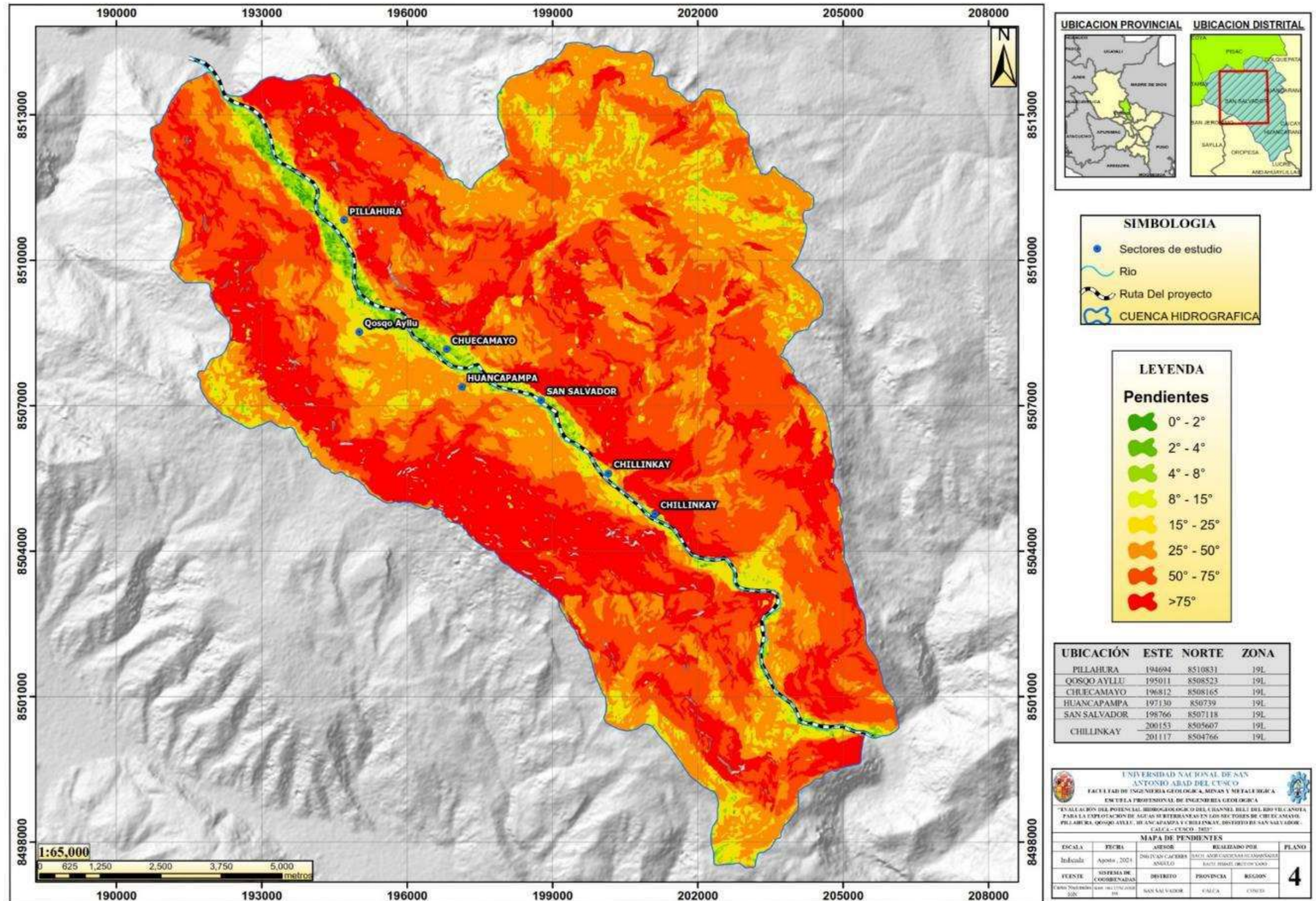
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RIO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

MAPA DE VEGETACION

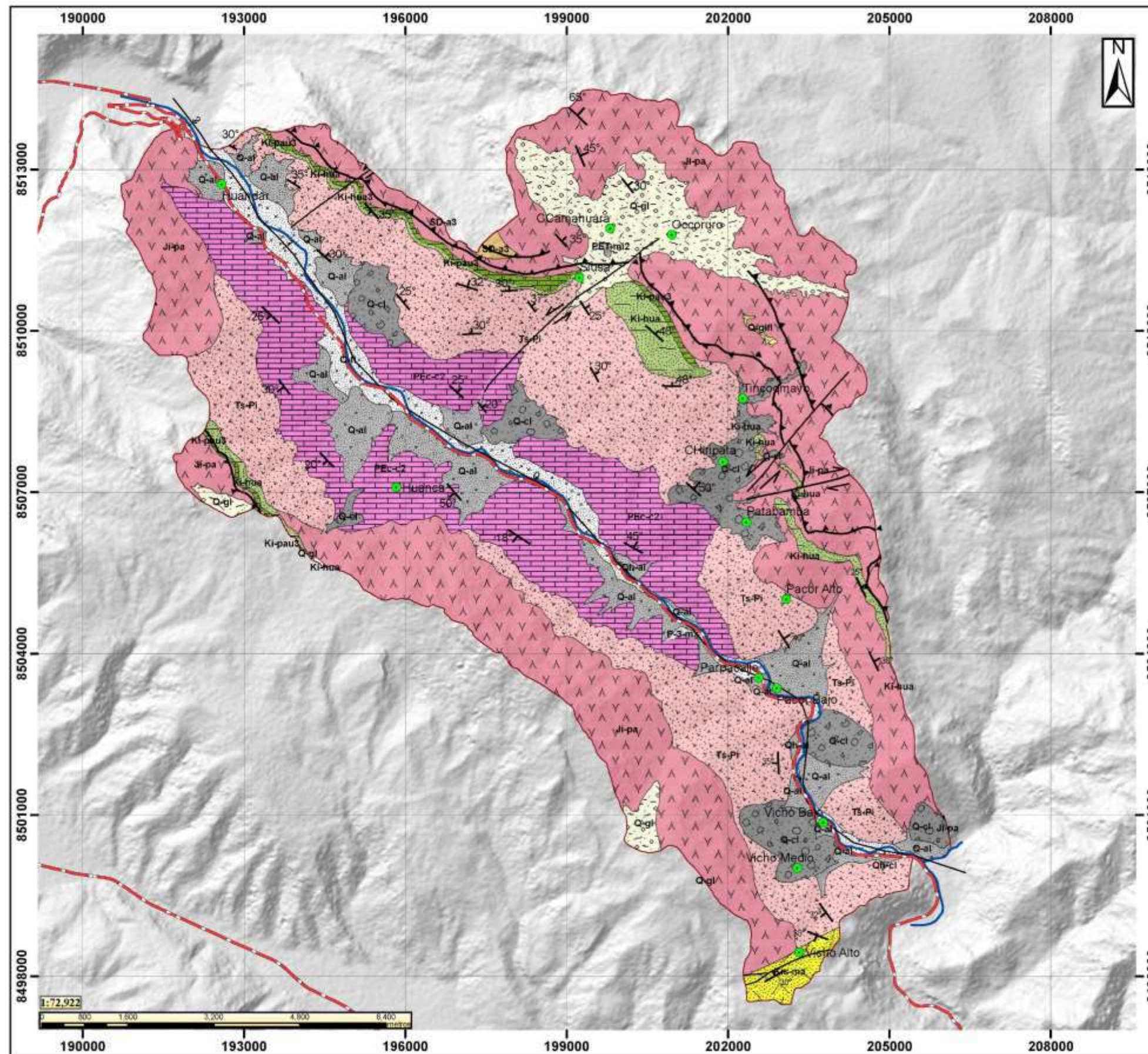
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	MAPA
1:70,000	Agosto, 2024	INO IVAN CACERES ANGULO	BACH. AMIR CARDENAS HUAMANSAHU BACH. ISMAEL ORCON YAPO	3
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	REGION
Cartas Nacionales IGN	WGS 1984 UTM ZONE 19S	SAN SALVADOR	CALCA	CUSCO



1:70,000



“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



LEYENDA

- Depósito aluvial (Q-al)
- Depósito coluvial (Q-cl)
- Depósito fluvial (Q-fl)
- Depósito glacial (Q-gl)
- Depósito glacial, fluvial (Q-glfl)
- Formación Maras (Kis-ma)
- Grupo Yuncaypata - Formación Paucarbamba (Ki-pau3)
- Formación Huancané (Ki-hua)
- Grupo Mitu - Formación Pachatusan (Ji-pa)
- Grupo Mitu - Formación Pisac (Ts-Pi)
- Grupo Copacabana (PEc-c2)
- Formación Ananea (SD-a3)

SIMBOLOGIA

- Sectores
- Buzamiento y Rumbo
- Via Nacional
- Eje Anticlinal
- Fallas y Plegamiento
- Falla de rumbo dextral
- Falla de rumbo sinistral
- Falla inversa
- Falla normal
- Cuenca Hidrografica

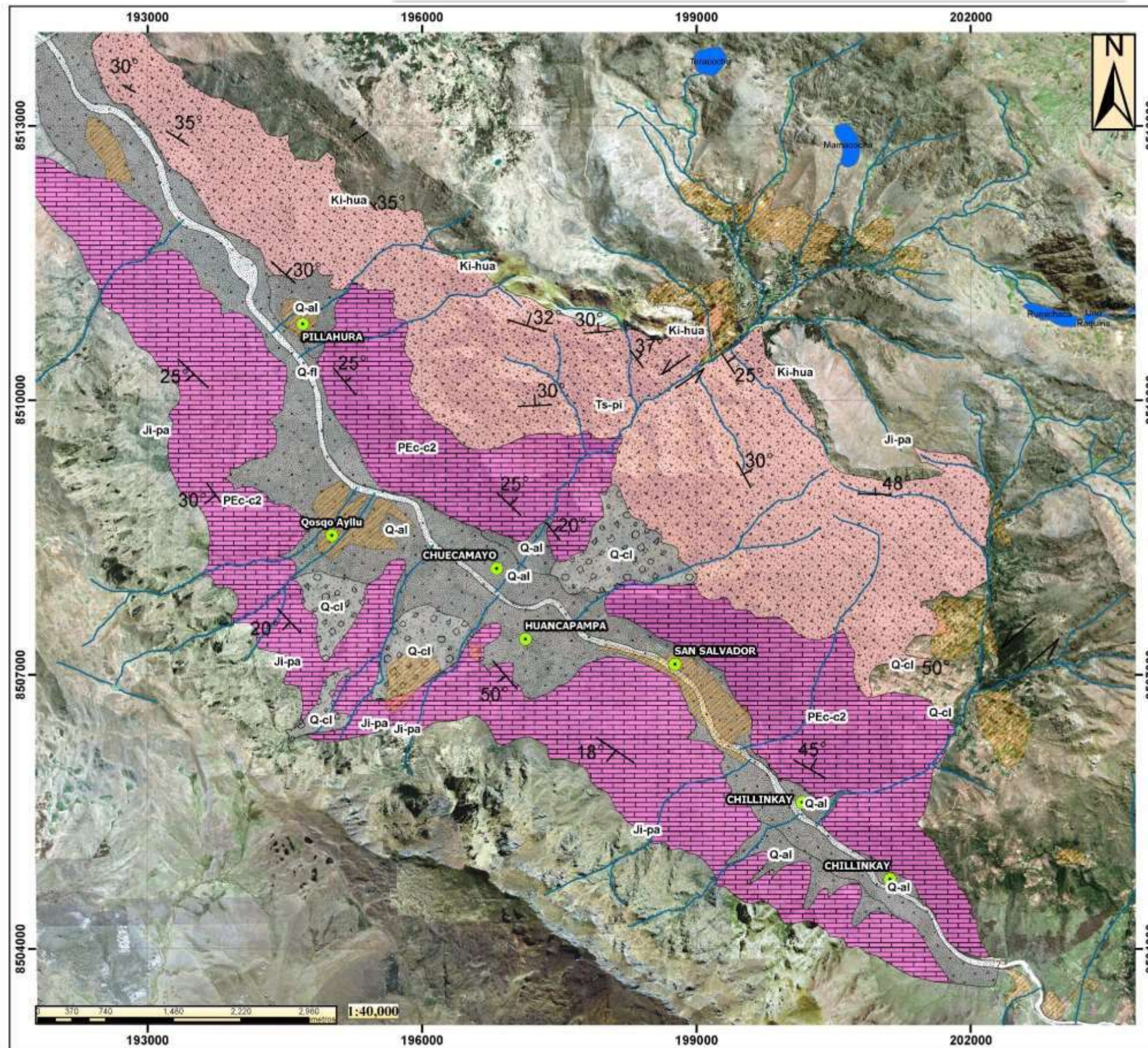
UBICACIÓN	ESTE	NORTE	ZONA
PILLAHURA	194694	8510831	19L
QOSQO AYLLU	195011	8508523	19L
CHUECAMAYO	196812	8508165	19L
HUANCAPAMPA	197130	850739	19L
SAN SALVADOR	198766	8507118	19L
CHILLINKAY	200153	8505607	19L
	201117	8504766	19L

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

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

MAPA GEOLOGICO REGIONAL					
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	PLANO	
Indicada	Agosto , 2024	ING. IVAN CACERES ANGULO	BACHELIER CARLOS HUAMAN SANTI BACHELIER IBRAHIM OBECOS YAPO	5	
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA		REGION
Cursos Nacionales IGN	WGS 1984 UTM ZONE 19S	SAN SALVADOR	CALCA		CUSCO

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



LEYENDA

Unidades Litológicas

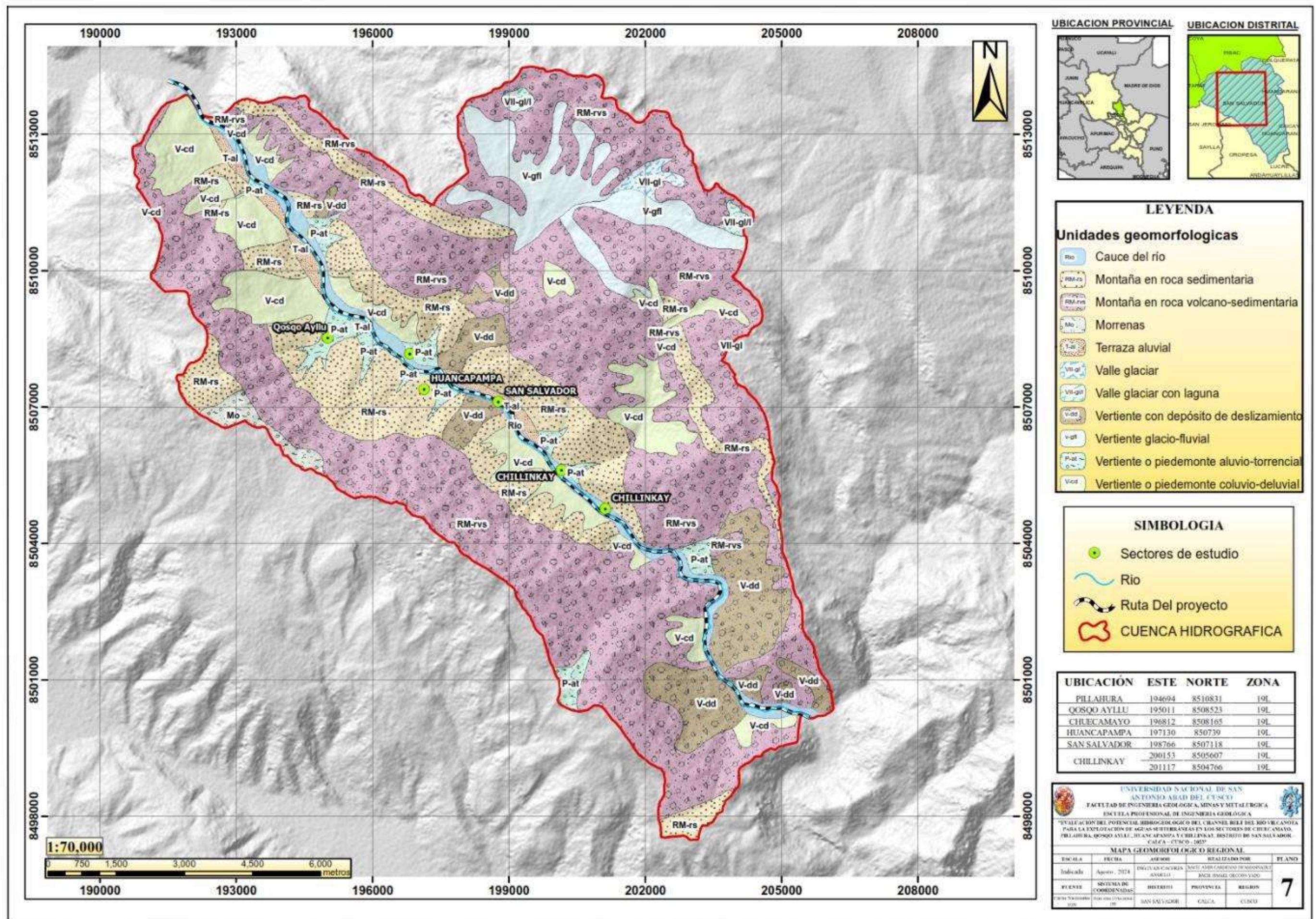
- Depósito aluvial (Q-al)
- Depósito coluvial (Q-cl)
- Depósito fluvial (Q-fl)
- Formación Huancané (Ki-hua)
- Grupo Mitu - Formación Pisac (Ts-pi)
- Grupo Copacabana (PEc-c2)

SIMBOLOGIA

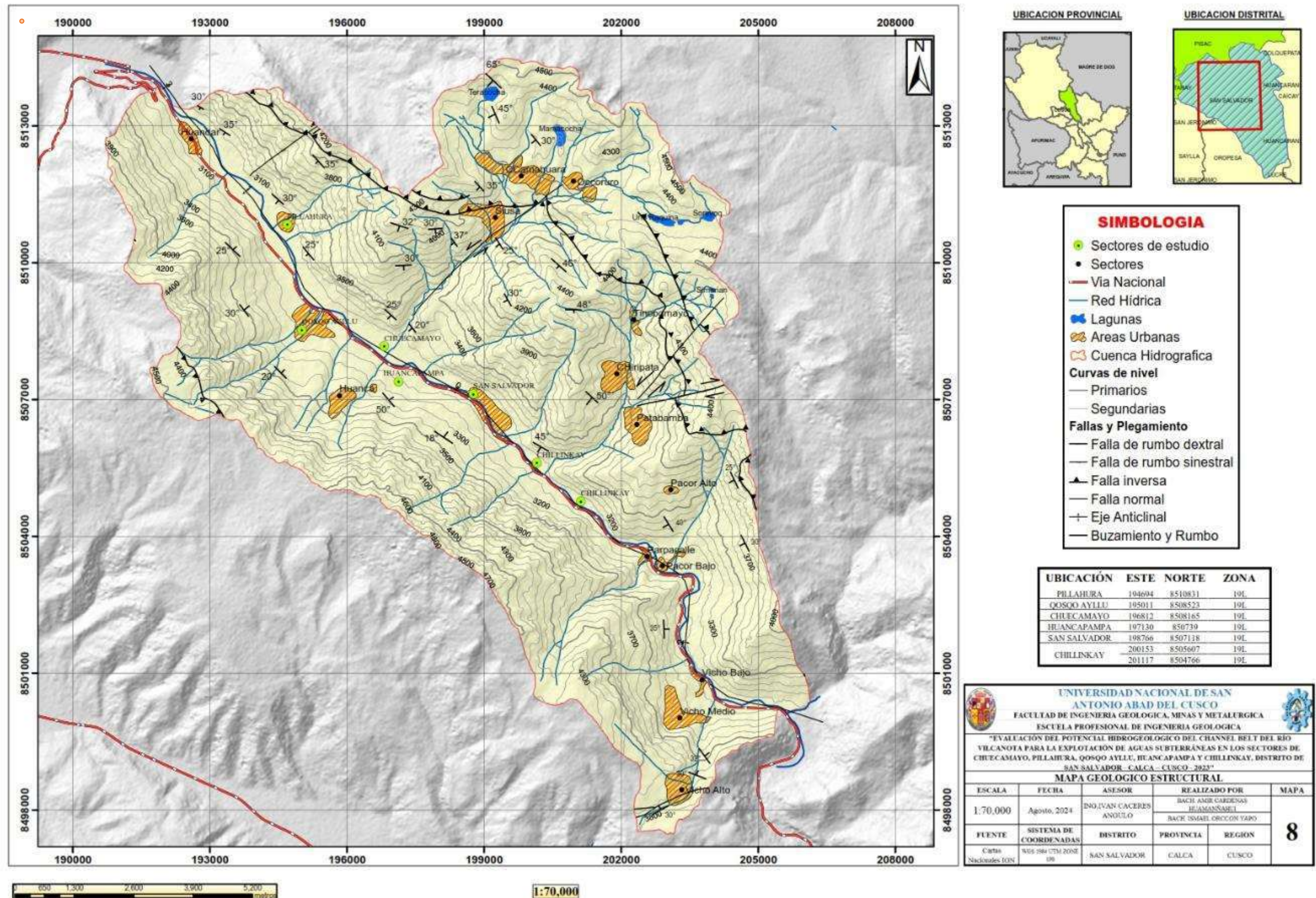
- Buzamientos
- Sectores de estudio
- Drenajes
- Lagunas
- Areas Urbanas

UBICACIÓN	ESTE	NORTE	ZONA
PILLAHURA	194694	8510831	19L
QOSQO AYLLU	195011	8508523	19L
CHUECAMAYO	196812	8508165	19L
HUANCAPAMPA	197130	850739	19L
SAN SALVADOR	198766	8507118	19L
CHILLINKAY	200153	8505607	19L
	201117	8504766	19L

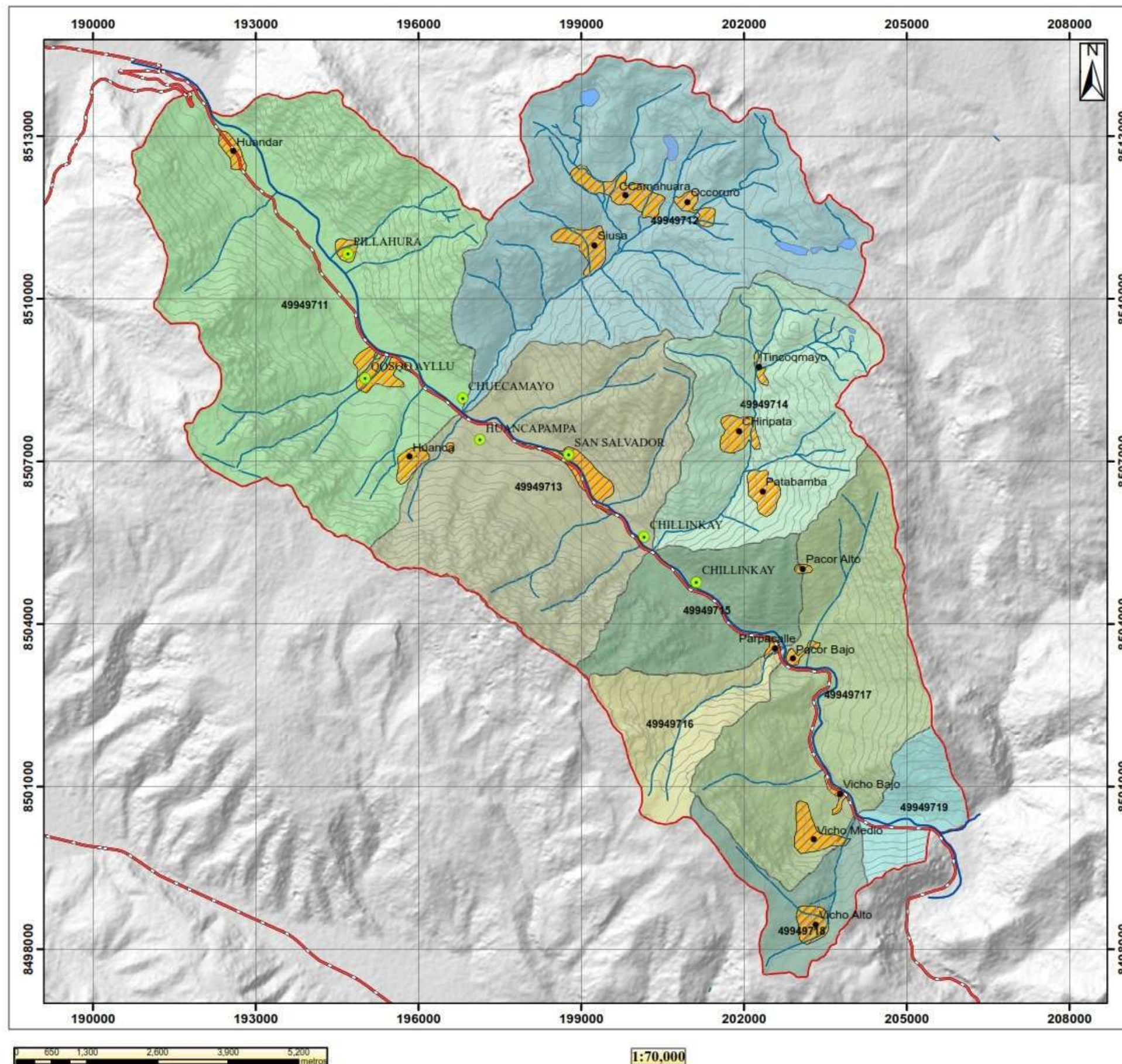
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”				
MAPA GEOLOGICO LOCAL				
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	PLANO
Indicada	Agosto, 2024	ING. IVAN CANTRELL ANGLERO	BACH. ANDRÉS CARLOS TEJANOSAYTI	6
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	
Cursos: TICS (SIG) 1001	WGS 1984 UTM (1983)	SAN SALVADOR	CALCA	
			CUSCO	



“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



UBICACION PROVINCIAL



UBICACION DISTRITAL



LEYENDA

Intercuenca medio bajo vilcanota	Código	Area Ha	Perimetro km	Símbolo
Intercuenca	49949711	3673.24	27.2406	
Cuenca	49949712	2747.67	26.732	
Intercuenca	49949713	2182.51	20.4494	
Cuenca	49949714	1439.51	17.5755	
Intercuenca	49949715	771.408	12.2674	
Cuenca	49949716	528.004	11.8564	
Intercuenca	49949717	1757.92	20.6647	
Cuenca	49949718	383.56	12.8291	
Intercuenca	49949719	321.673	8.37725	

SIMBOLOGIA

	Sectores de estudio
	Sectores
	Via Nacional
	Rio
	Red Hidrica
	Curvas de nivel
	Lagunas
	Areas Urbanas
	CUENCA HIDROGRAFICA

UBICACIÓN ESTE NORTE ZONA

PILLAHURA	194694	8510831	19L
QOSQO AYLLU	195011	8508523	19L
CHUECAMAYO	196812	8508165	19L
HUANCAPAMPA	197130	850739	19L
SAN SALVADOR	198766	8507118	19L
CHILLINKAY	200153	8505607	19L
	201117	8504766	19L

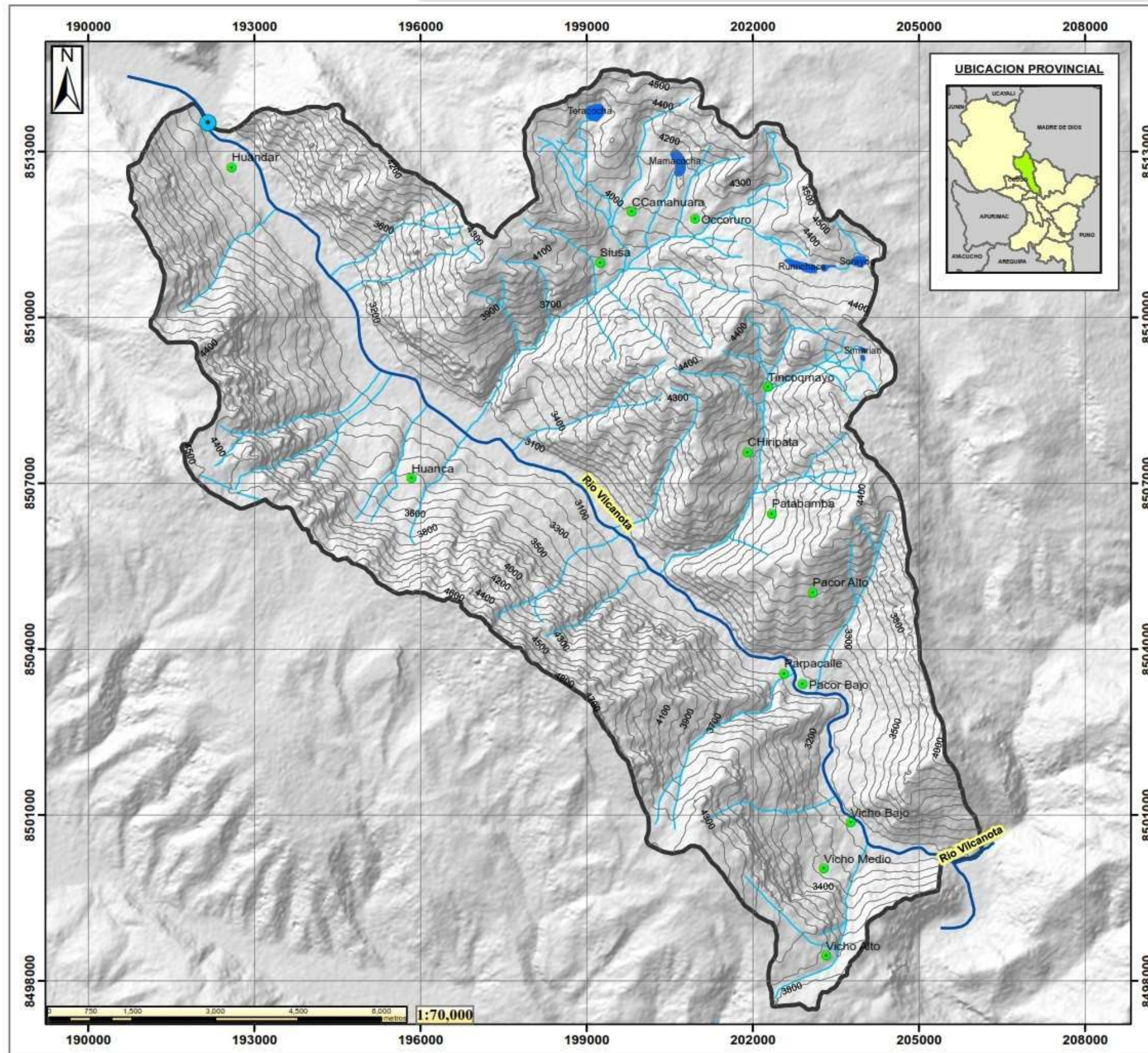
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RIO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

MAPA DE CLASIFICACION DE INTERCUENCA POR OTTO PFISTER

ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	MAPA
1:70,000	Agosto, 2024	ING. IVAN CACERES ANGUILO	BACH. AMIB CARDENAS HUAMANSAYUT BACH. ISMAEL ORCON YAPO	9
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	
Cartas Nacionales IGN	WGS 1984 UTM ZONE 19S	SAN SALVADOR	CALCA	CUSCO

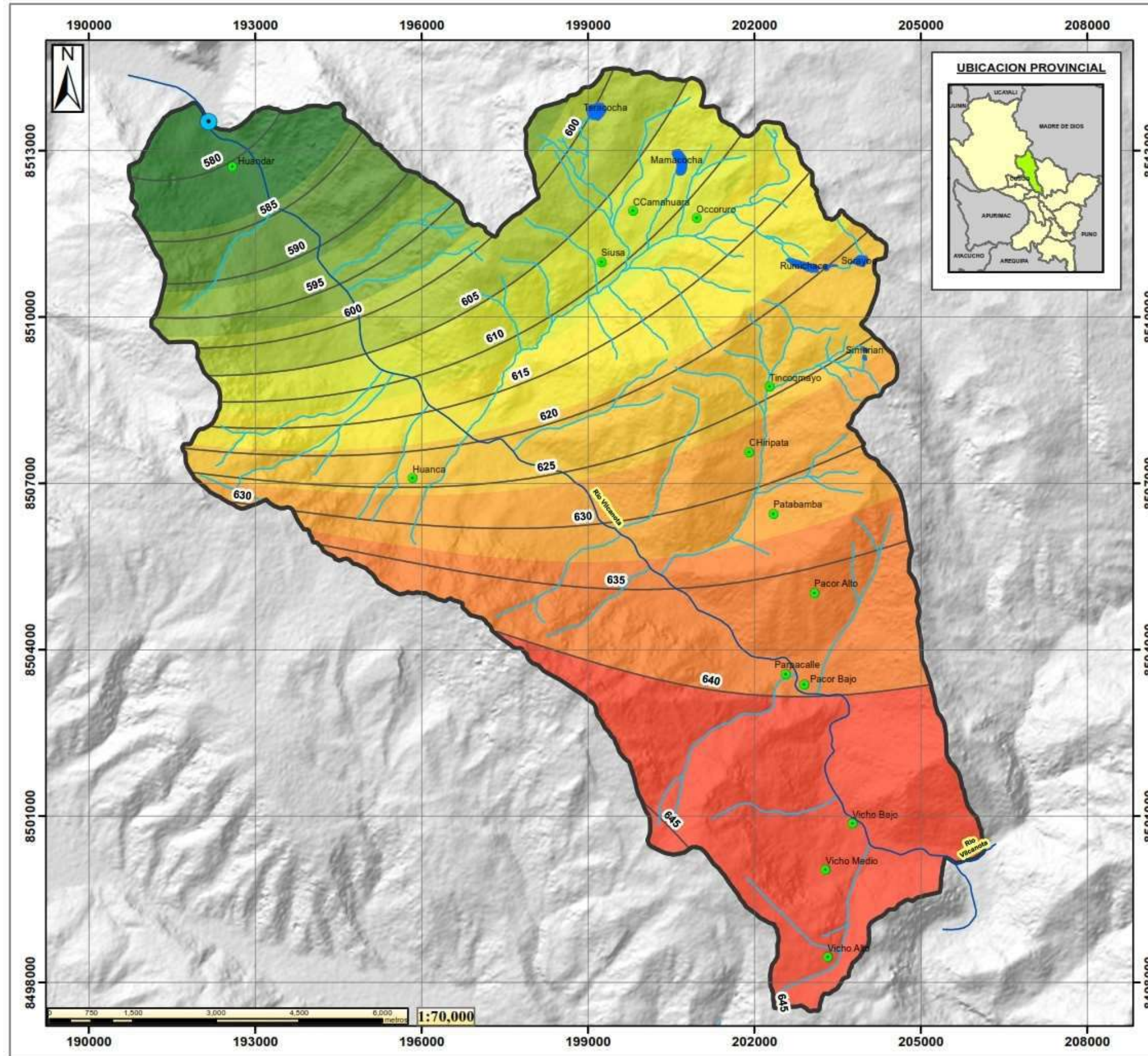
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



ELEMENTOS DE SUPERFICIE			
PARAMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
AREA	A_c	km ²	138.023
ELEMENTOS DE DISTANCIA			
PARAMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Perímetro	P	km	62.339
Longitud Axial	L_{ax}	km	22.787
Ancho Promedio	A_p	km	6.057
Centro Gravedad	Este	m	199193.2
	Norte	m	8507444.8
ELEMENTOS DE FORMA			
ELEMENTOS DE FORMA	FORMULA	SÍMBOLO	VALOR
Factor de forma	$F_f = \frac{A_p}{L_{ax}}$	Ff	0.266
Coefficiente de compacidad	$K_c = 0.2821 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$	Kc	1.4969
Elongación	$E_l = 2 \times \sqrt{\frac{A_c}{\pi}}$	El	302.081
Índice de circularidad	$I_c = \sqrt{\frac{4 \times \pi \times A_c}{P^2}}$	Ic	0.7
Lado mayor	$L_m = \frac{A_c \times \left(\sqrt{1 + \frac{4 \times \pi \times A_c}{P^2}} + 1 \right)}{2}$	LM	25.8
Lado menor	$L_n = \frac{A_c \times \left(\sqrt{1 + \frac{4 \times \pi \times A_c}{P^2}} - 1 \right)}{2}$	Ln	5.34
ELEMENTOS DE RELIEVE			
PARAMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Altitud Media	H_m	m.s.n.m.	3772.458
Altitud máxima	H_{max}	m.s.n.m.	3001
Altitud mínima	H_{min}	m.s.n.m.	4857.0
Línea de máxima pendiente	LMP	%	32.98
Declividad equivalente constante	S	%	5.50
Tiempo medio de traslado	T_m	horas	7.95
DECLIVIDAD DE LOS TERRENOS			
PARAMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Índice de pendiente	I_p	%	8.140
Pendiente media de la cuenca	P_{mc}	%	57.6
Criterio de rectángulo equivalente		%	4.8

LEYENDA	
	Punto De Desfogue
	Rio Vilcanota
	Drenajes
	Lagunas
	Cuenca Hidrografica
	Curvas de nivel

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”				
MAPA DE PARAMETROS HIDROMORFOMETRICOS				
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	PLANO
Indicada	Agosto, 2024	ING IVAN CACERES ANGULO	BACH AMIR CARDENAS HUAMANSAYU BACH ISMAEL ORCON YAPO	10
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	
Cartas Nacionales IGN	WGS 1984 UTM 2000 84S	SAN SALVADOR	CALCA	

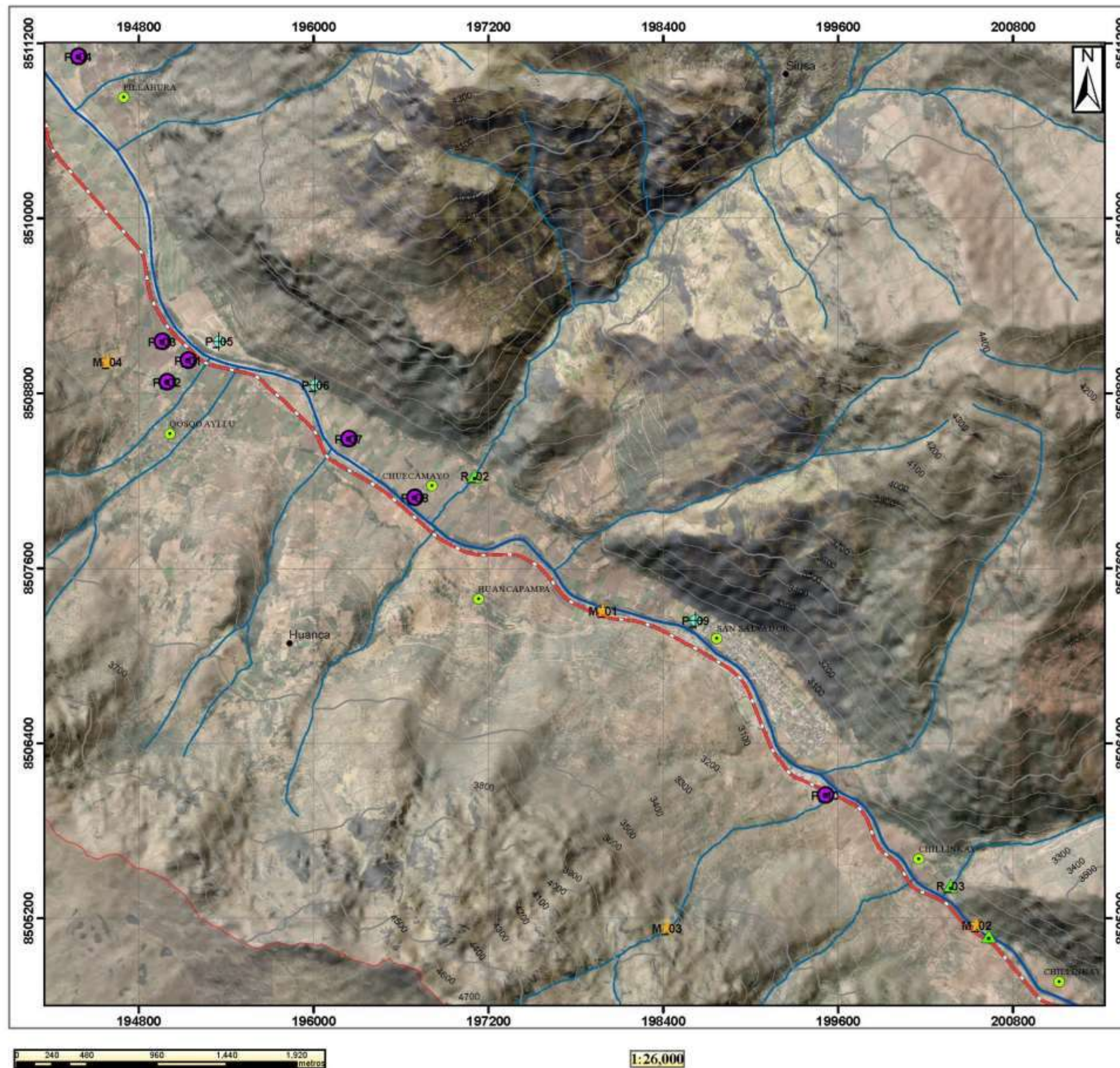


SIMBOLOGIA	
	Punto De Desfogue
	Sectores
	Drenajes
	Lagunas
	Cuenca Hidrografica
	Isolineas

LEYENDA	
Umbrales De Precipitacion	
	577 - 584
	585 - 591
	592 - 598
	599 - 605
	606 - 612
	613 - 619
	620 - 626
	627 - 633
	634 - 640
	641 - 647

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 					
"EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RIO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"					
MAPA DE ISOYETAS					
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR		PLANO
Indicada	Agosto, 2024	ING. IVAN CACERES ANGULO	BACH. AMIR CALDENAS HUAMANAILLI BACH. ISMAEL ORCON YAPO		11
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	REGION	
Cartas Nacionales IGN	WGS 1984 UTM ZONA 18S	SAN SALVADOR	CALCA	CUSCO	

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



UBICACION PROVINCIAL



UBICACION DISTRITAL



LEYENDA

Fuentes de Agua

- Manantes
- Pozos Tubulares
- Pozos de Anillos
- Rios
- Sectores de estudio

SIMBOLOGIA

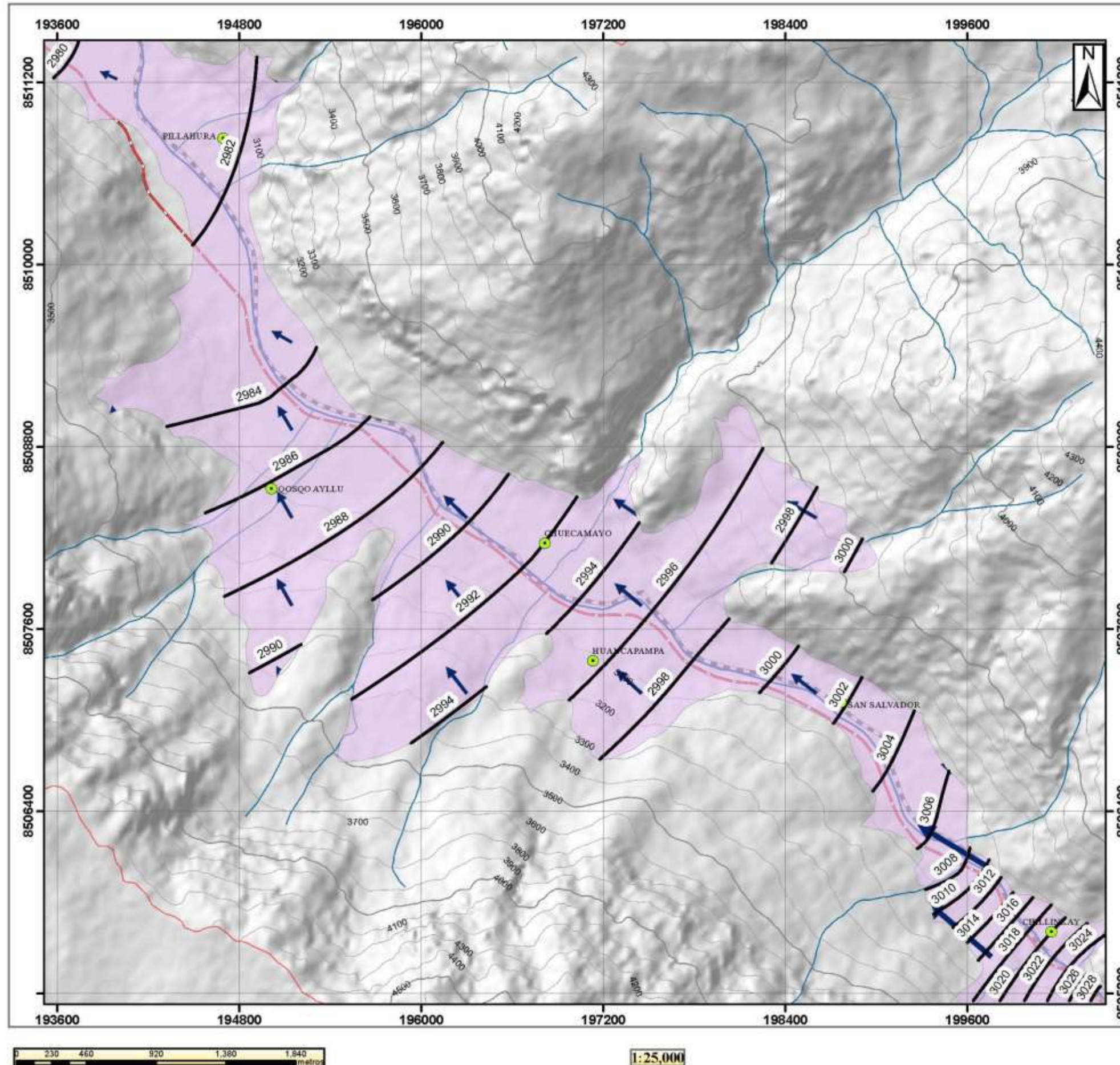
- Sectores de estudio
- Sectores
- Via Nacional
- Red Hidrica
- Curvas de nivel
- Primarios
- Segundarias
- Lagunas



UBICACIÓN	ESTE	NORTE	ZONA
PILLAHURA	194694	8510831	19L
QOSQO AYLLU	195011	8508523	19L
CHUECAMAYO	196812	8508165	19L
HUANCAPAMPA	197130	8507339	19L
SAN SALVADOR	198766	8507118	19L
CHILLINKAY	200153	8505607	19L
	201117	8504766	19L

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”				
MAPA DE INVENTARIO DE FUENTES HIDRICAS EN EL AREA DE ESTUDIO				
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	
1:26,000	Agosto, 2024	ING. IVAN CACERES ANOULO	BACH. ASER CARRERAS HUAMANSAHUI	12
			BACH. ISMAEL ORCCON YAPO	
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	REGION
Carta	WGS 1984 UTM ZONE 18S	SAN SALVADOR	CALCA	CUSCO

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



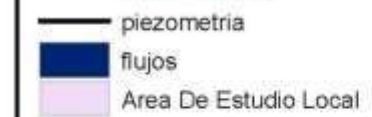
UBICACION PROVINCIAL



UBICACION DISTRITAL



LEYENDA

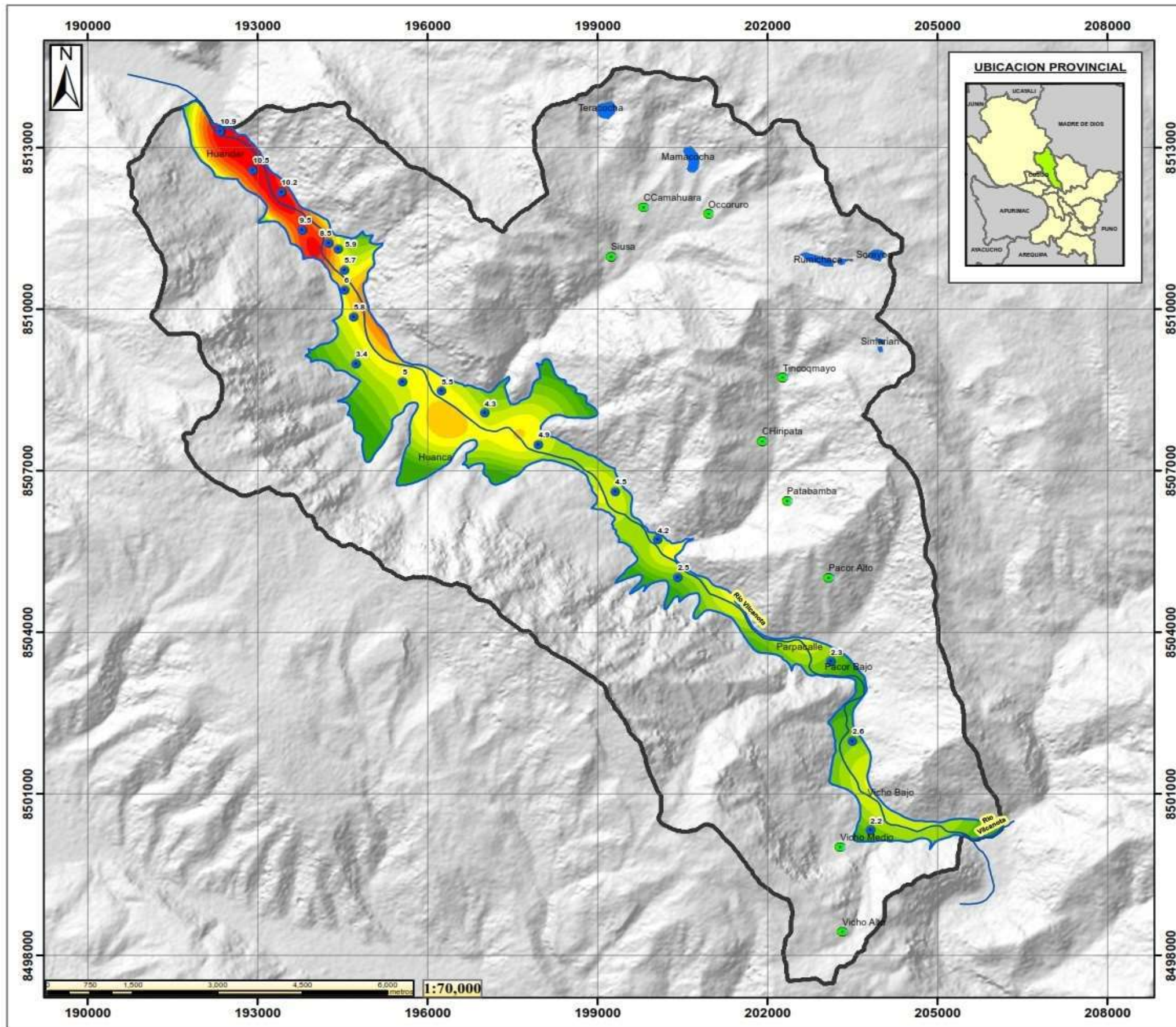


SIMBOLOGIA



UBICACIÓN	ESTE	NORTE	ZONA
PILLAHURA	194694	8510831	19L
QOSQO AYLLU	195011	8508523	19L
CHUECAMAYO	196812	8508165	19L
HUANCAPAMPA	197130	8507339	19L
SAN SALVADOR	198766	8507118	19L
CHILLINKAY	200153	8505607	19L
	201117	8504766	19L

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”				
MAPA DE ISOHIPAS FREÁTICAS Y LÍNEAS DE FLUJO EN EL ÁREA DE ESTUDIO				
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	
1:25,000	Agosto, 2024	ING. JUAN CACERES ANGULO	BACH. AMER CARDENAS HUAMANAYABU	13
			BACH. ISMAEL ORCOON YAPO	
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	REGION
Ceritos Nacionales IGN	WGS 1984 UTM ZONE 19S	SAN SALVADOR	CALCA	CUSCO



SIMBOLOGIA

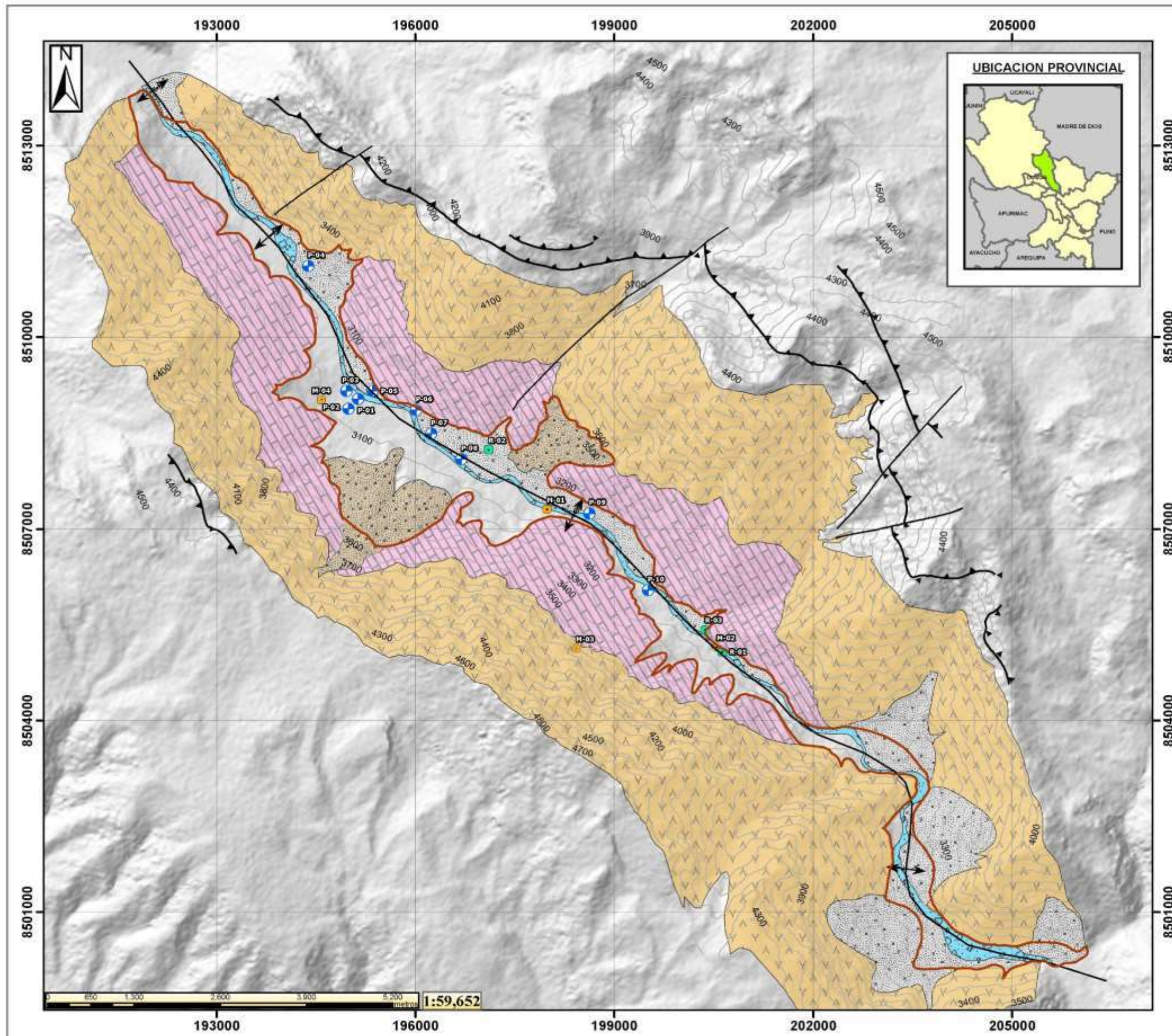
- Permeabilidad
- ⬮ Area De Estudio Local
- Sectores
- ⬮ Cuenca Hidrografica
- ~ Río Vilcanota

LEYENDA

Permeabilidad (m/día)

- 0.1 - 1
- 1. - 2
- 2.1- 3
- 3.1- 4
- 4.1 - 5
- 5.1 - 6
- 6.1 - 7
- 7.1 - 8
- 8.1 - 9
- 9.1 - 10
- 10.1 - 11

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”				
MAPA DE ENSAYOS DE PERMEABILIDAD				
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	PLANO
Indicada	Agosto , 2024	ING. IVAN CACERES ANGULO	BACH. AMIR CARDENAS HUAMANSABHU BACH. ISMAEL ORCON YAPO	14
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	
Cartas Nacionales IGN	WGS 1984 UTM ZONE 18S	SAN SALVADOR	CALCA	



LEYENDA

Acuífero

- Acuífero Poroso No Consolidado Fluvial
- Acuífero No Consolidado Aluvial
- Acuífero Karstico
- Acuitardo Volcanosedimentario
- Acuitardo No Consolidado Coluvial

Simbología

- Área De Estudio Local
- Eje Anticlinal
- Falla de rumbo dextral
- Falla de rumbo sinistral
- Falla inversa
- Falla normal
- Curvas de nivel
- Manante
- Pozo De Agua
- Río



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO

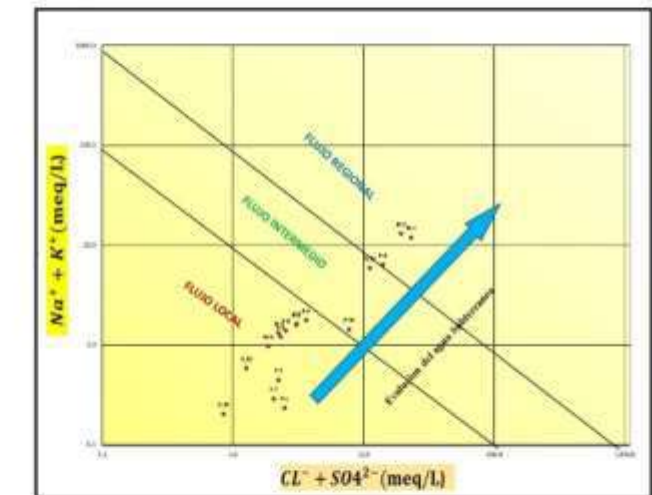
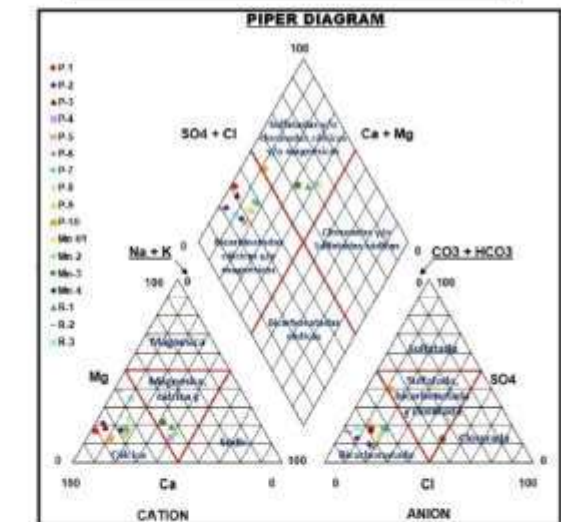
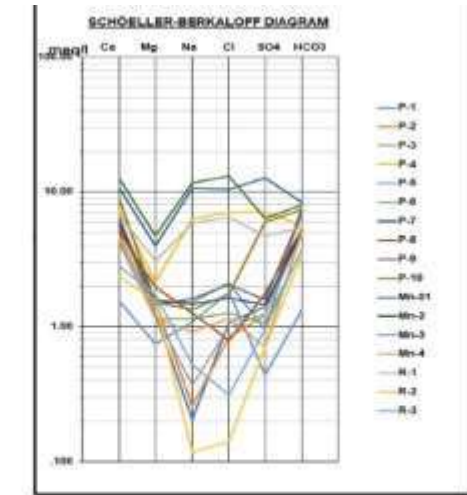
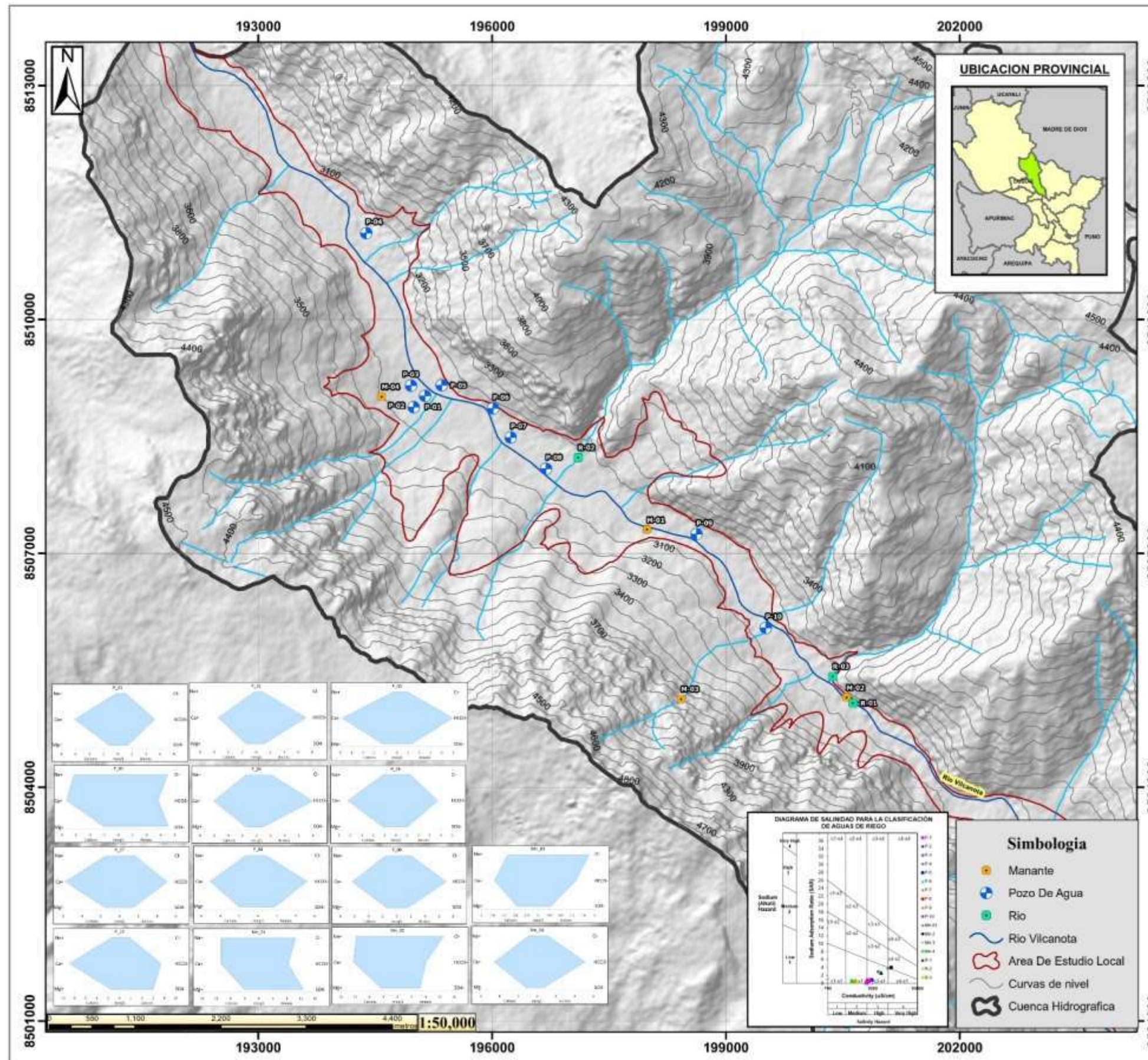
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

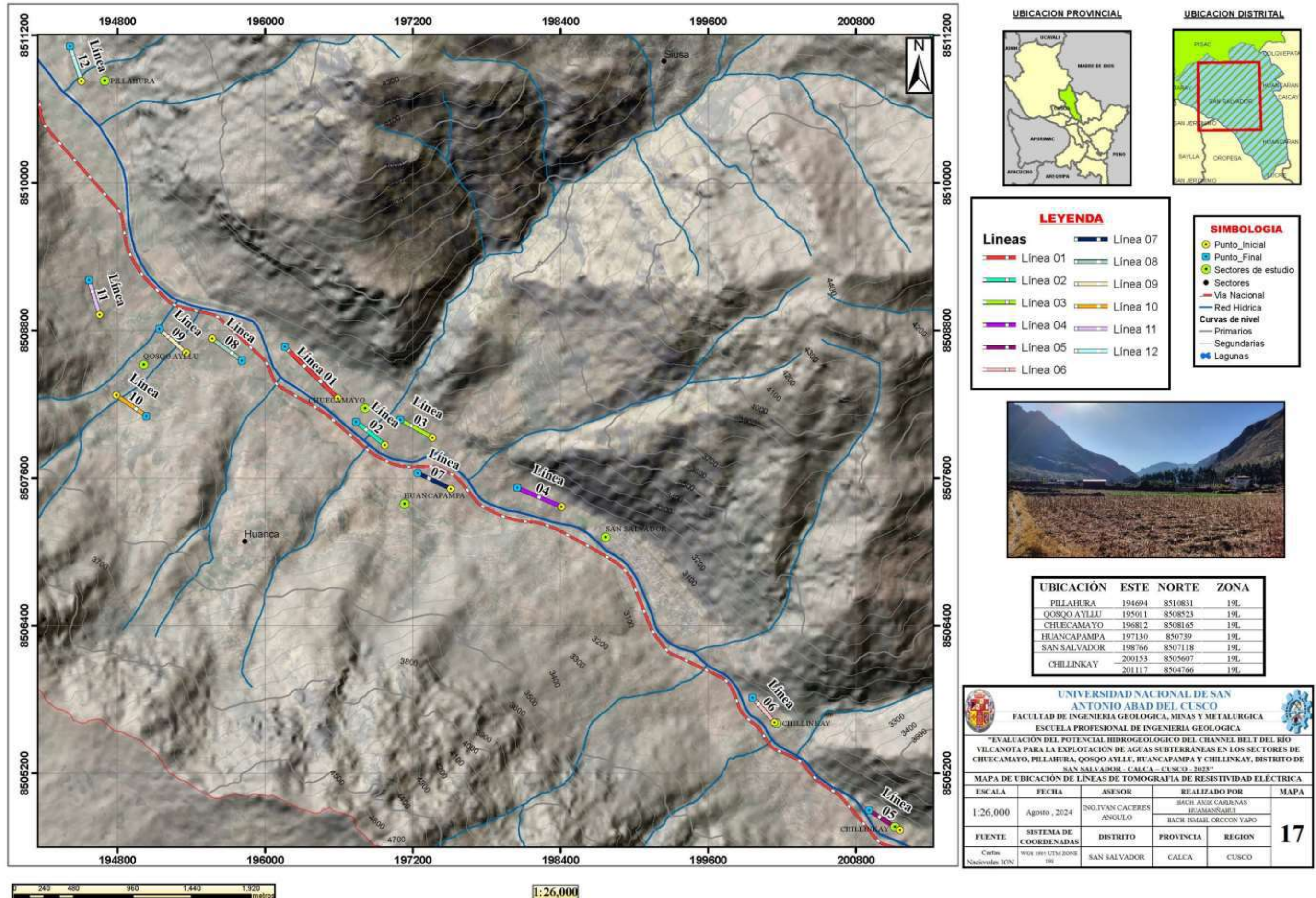
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

MAPA HIDROGEOLOGICO				
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	PLANO
Indicada	Agosto - 2024	ING. IVAN CACERES ANGULO	BACH. AMEL CAJAS HUAMANSAHLI	15
			BACH. HIRSHI ORCON YAPO	
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	REGION
Cartas Nacionales IGN	WGS 1984 UTM ZONE 18N	SAN SALVADOR	CALCA	CUSCO

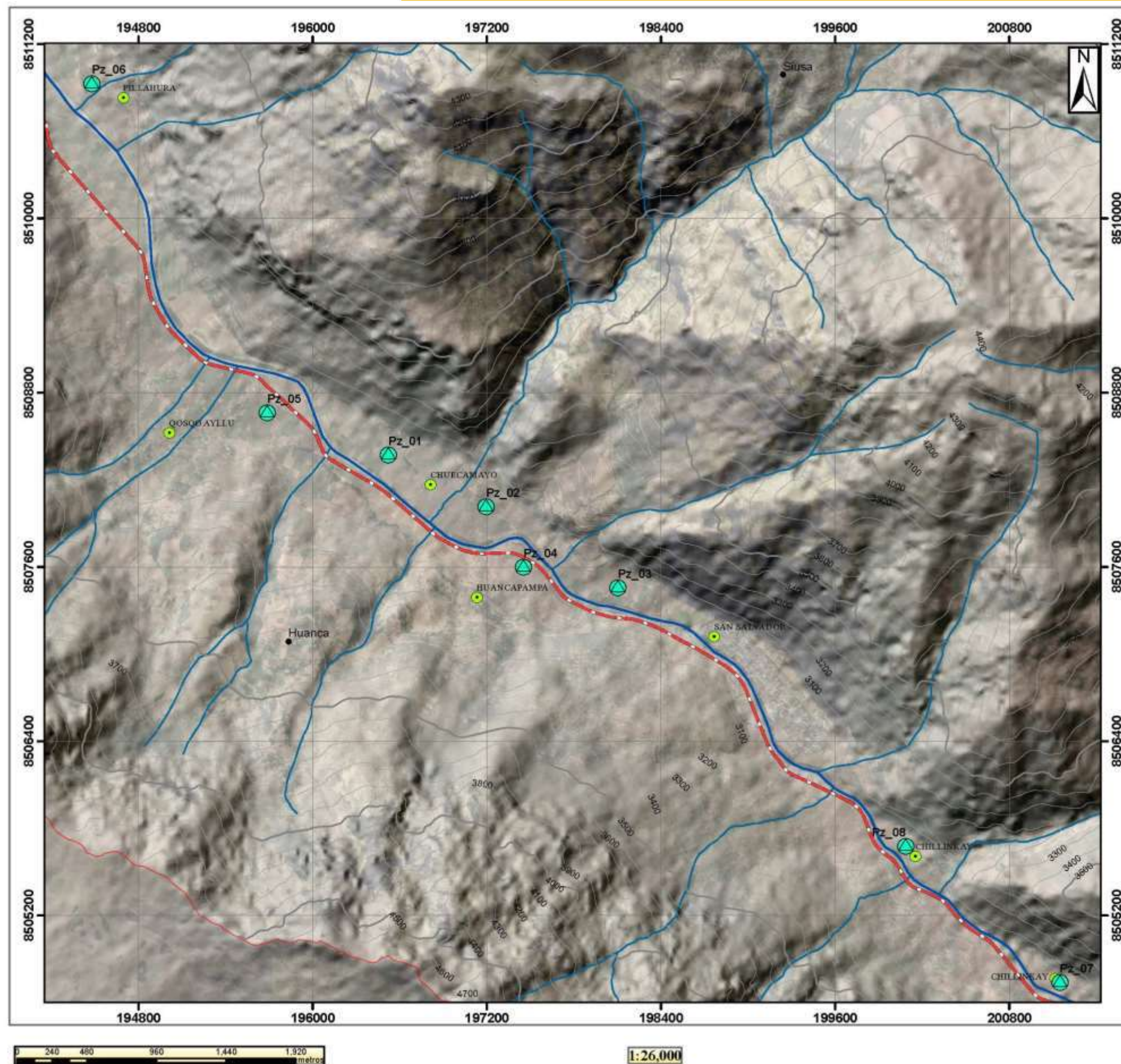
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAID DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”				
MAPA HIDROQUIMICO				
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	
Indicada	Agosto, 2024	ING IVAN CACERES ANGULO	ING. AMEL CARDENAS HUAMANSAHU	
TUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	REGION
Catata Nacichales 102N	WGS 1984 UTM ZONA 18Q	SAN SALVADOR	CALCA	CUSCO



“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



UBICACION PROVINCIAL



UBICACION DISTRITAL



SIMBOLOGIA

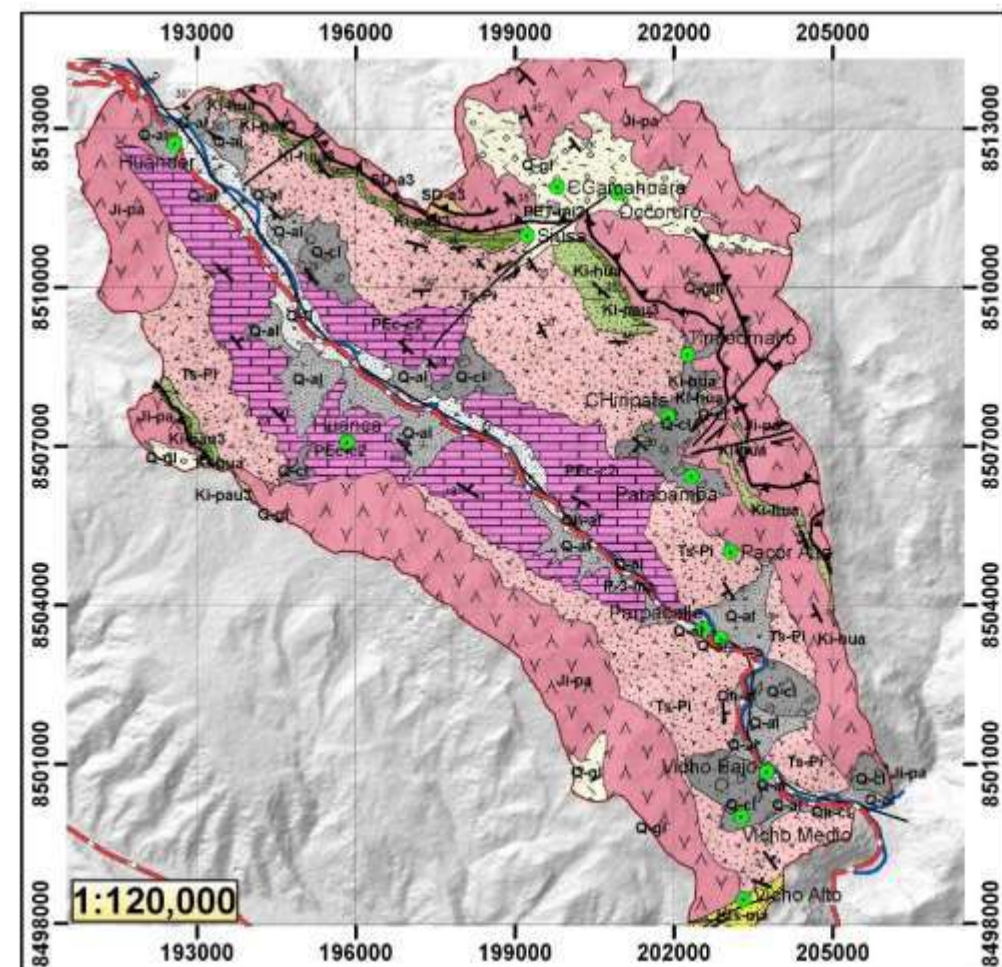
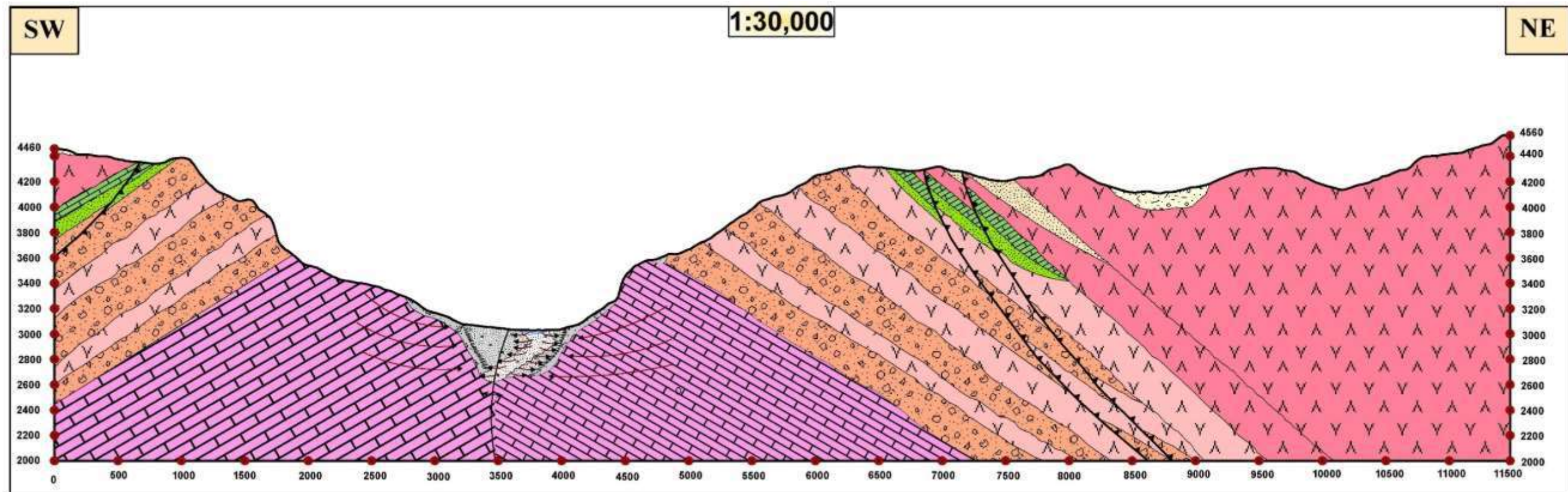
- Pozos Exploratorios
- Sectores de estudio
- Sectores
- Via Nacional
- Red Hidrica
- Curvas de nivel
- Primarios
- Secundarias
- Lagunas

UBICACIÓN	ESTE	NORTE	ZONA
PILLAHURA	194694	8510831	19L
QOSQO AYLLU	195011	8508523	19L
CHUECAMAYO	196812	8508165	19L
HUANCAPAMPA	197130	8507339	19L
SAN SALVADOR	198766	8507118	19L
CHILLINKAY	200153	8505607	19L
	201117	8504766	19L

POZO TUBULAR	ESTE	NORTE	PROFUNDID	DIAMETRO
POZO 1	196521.9	8508371	30 metros	10 PULGADAS
POZO 2	197193.4	8508014	40 metros	10 PULGADAS
POZO 3	198102.3	8507455	35 metros	10 PULGADAS
POZO 4	197452.3	8507598	40 metros	10 PULGADAS
POZO 5	195685.6	8508660	30 metros	10 PULGADAS
POZO 6	194477.7	8510928	25 metros	10 PULGADAS
POZO 7	201148	8504740	25 metros	10 PULGADAS
POZO 8	200085.5	8505678	35 metros	10 PULGADAS

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA						
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"						
MAPA DE PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN EN EL AREA DE ESTUDIO						
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	MAPA		
1:26,000	Agosto - 2024	ING. IVAN CACERES ANGULO	BACH. AMIR CARDENAS HUAMANSAULTI BACH. ISMAEL OBICON VAPU	18		
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA			REGION
Cartas Nacionales IGN	WGS 1984 UTM ZONE 19S	SAN SALVADOR	CALCA			CUSCO

B. Secciones



Simbologia Seccion

— Lineas de Flujo

↕ Anticinal del Vilcanota

□ Rio

Simbologia

● Sectores

~ Eje Anticinal

~ Falla de rumbo dextral

~ Falla de rumbo sinistral

~ Falla inversa

~ Falla normal

LEYENDA

UNIDADES LITOLOGICAS

- Depositos Cuaternarios Aluviales
- Deposito Cuaternario Coluvial
- Depositos Cuaternarios Fluviales
- Deposito Cuaternario Glaciar
- Grupo Yuncaypata Formacion Paucarbamba
- Formacion Huancane
- Grupo Mitu-Formacion Pachatusan
- Grupo Mitu-Formacion Pisac Miembro 1
- Grupo Mitu-Formacion Pisac Miembro 2
- Grupo Copacabana
- Formacion Ananes





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

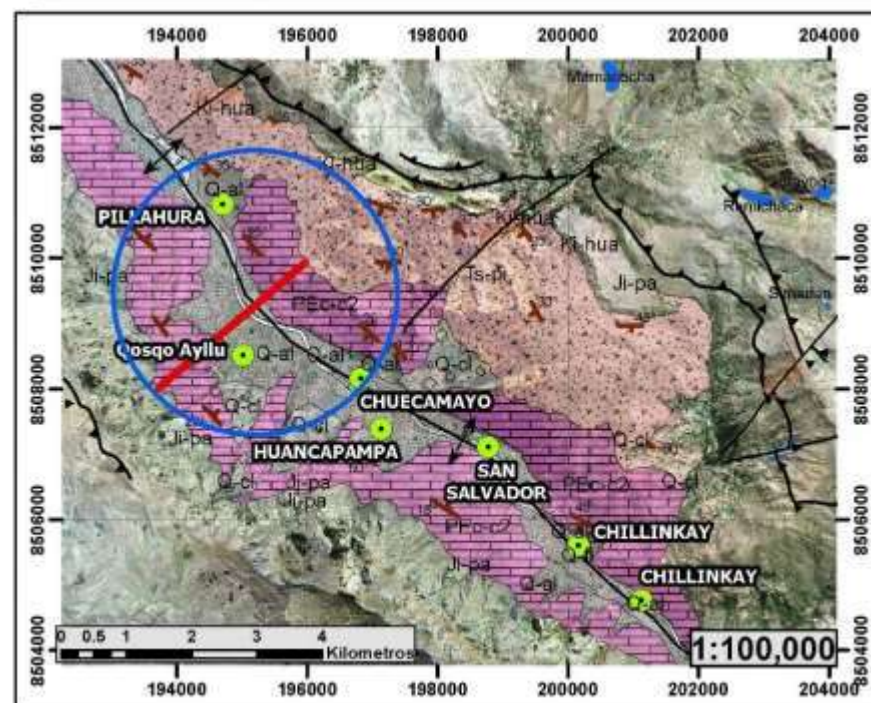
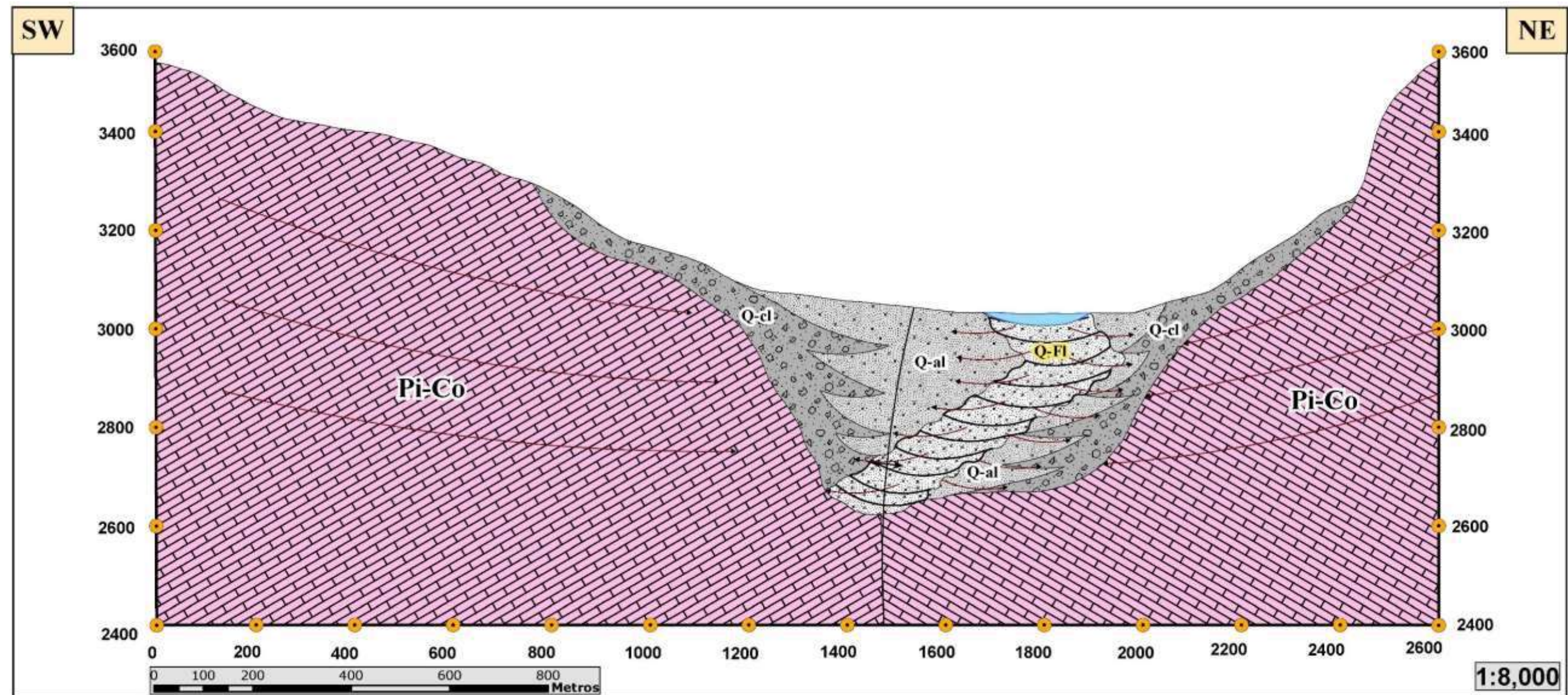
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"

SECCION GEOLOGICA REGIONAL

ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR		SECCION
Indicada	Agosto , 2024	ING.IVAN CACERES ANGULO	BACH. AMIR CARDENAS HUAMANNAHUIT		
			BACH. ISMAEL ORCCON YAPO		
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	REGION	1
Cartas Nacionales IGN	WGS 1984 UTM ZONE 19S	SAN SALVADOR	CALCA	CUSCO	



Simbologia Seccion

- Lineas de Flujo
- Rio



LEYENDA

Unidades Litologicas Locales

- Deposito Cuaternario Coluvial
- Depositos Cuaternarios Fluviales
- Depositos Cuaternarios Aluviales
- Grupo Copacabana

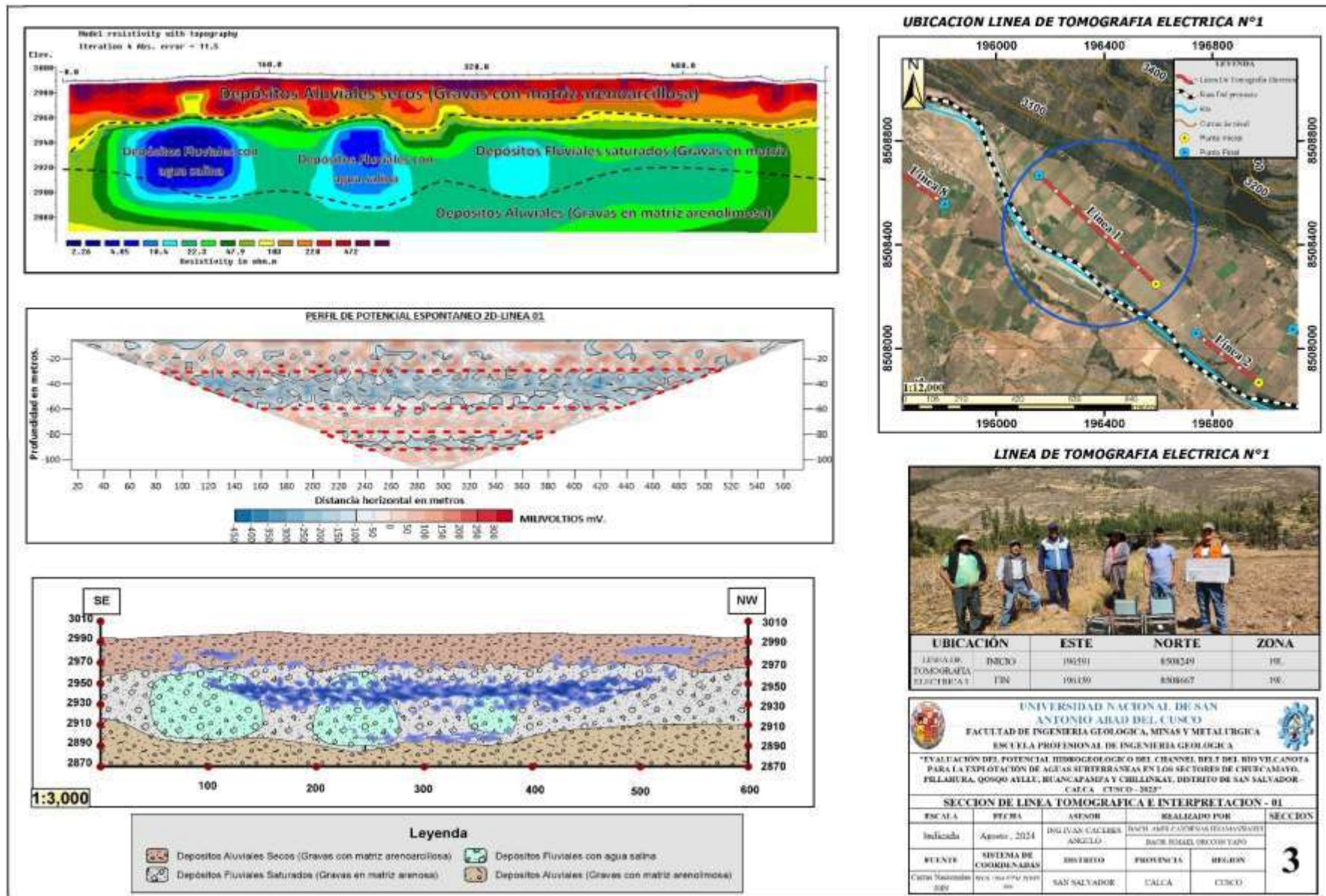
SIMBOLOGIA

- Linea De Corte SW-NE
- Buzamientos
- Sectores de estudio
- Eje Anticlinal
- Falla de rumbo dextral
- Falla de rumbo sinistral
- Falla inversa
- Falla normal
- Lagunas

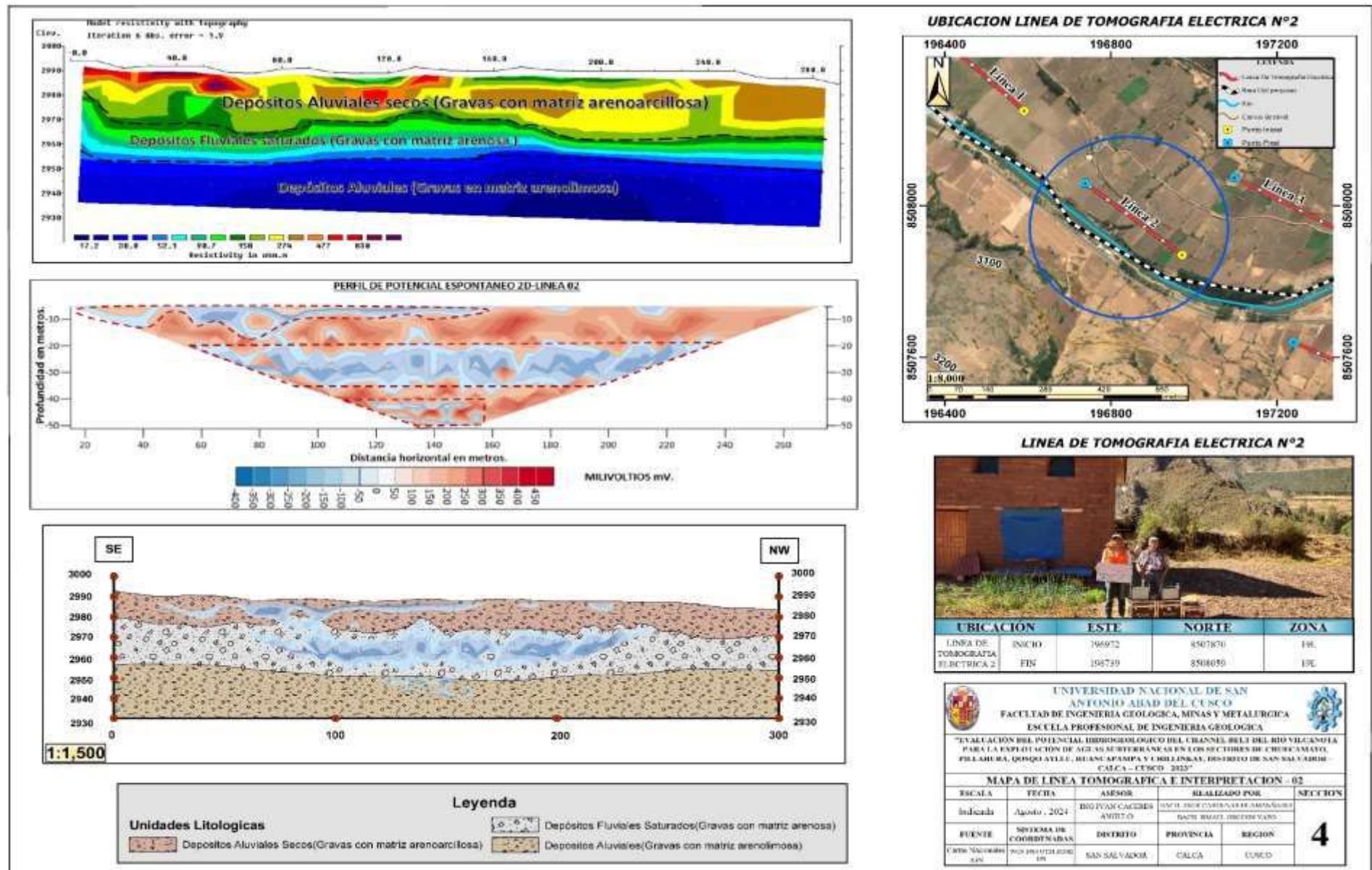
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”				
SECCION GEOLOGICA LOCAL				
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	
Indicada	Agosto , 2024	ING. IVAN CACERES ANGULO	BACH. AMER CARDENAS HUAMANASHTI BACH. ISMAEL DICCION YAPO	
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	REGION
Cartas Nacionales IGN	WGS 1984 UTM ZONA 18S	SAN SALVADOR	CALCA	CUSCO

2

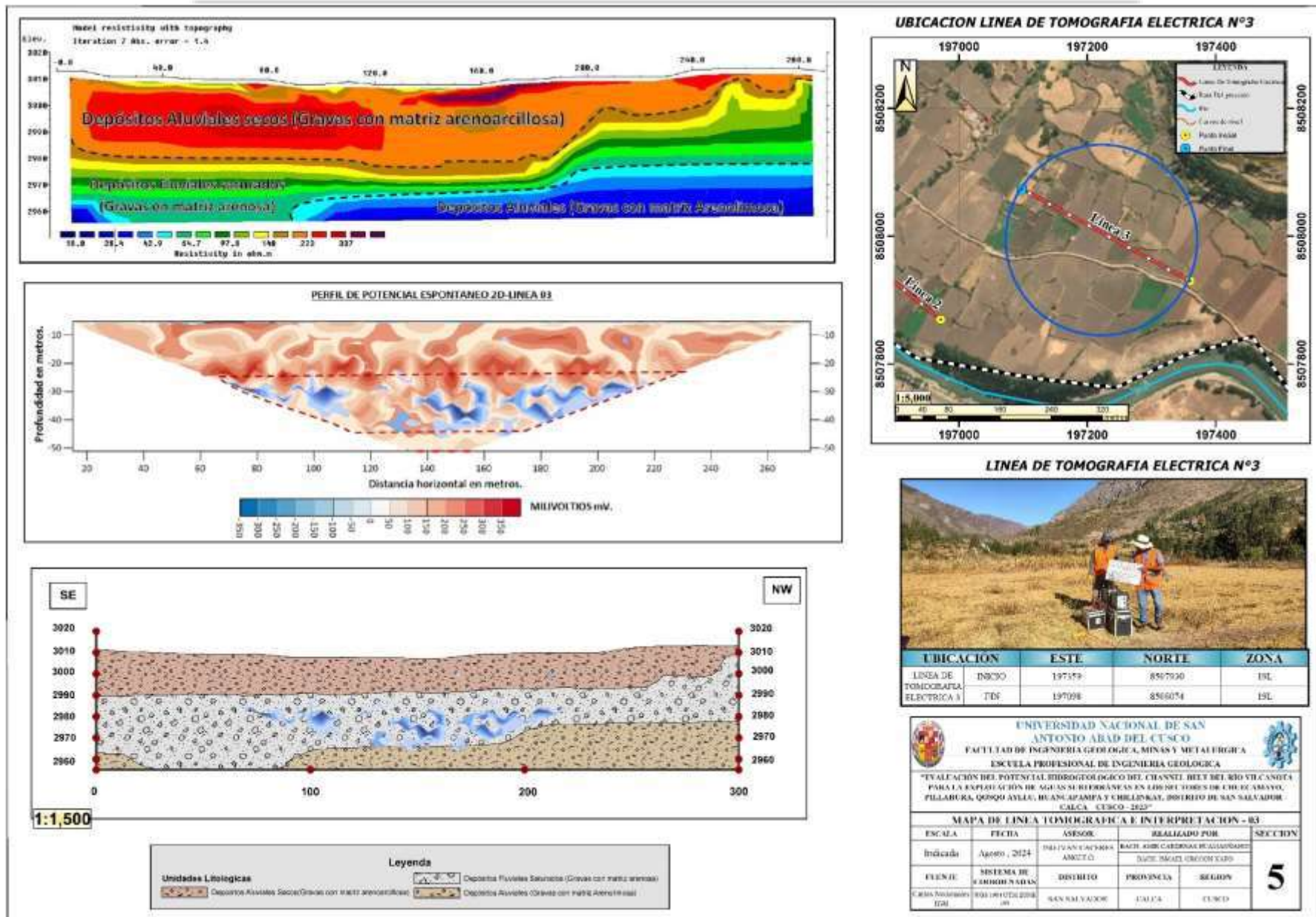
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



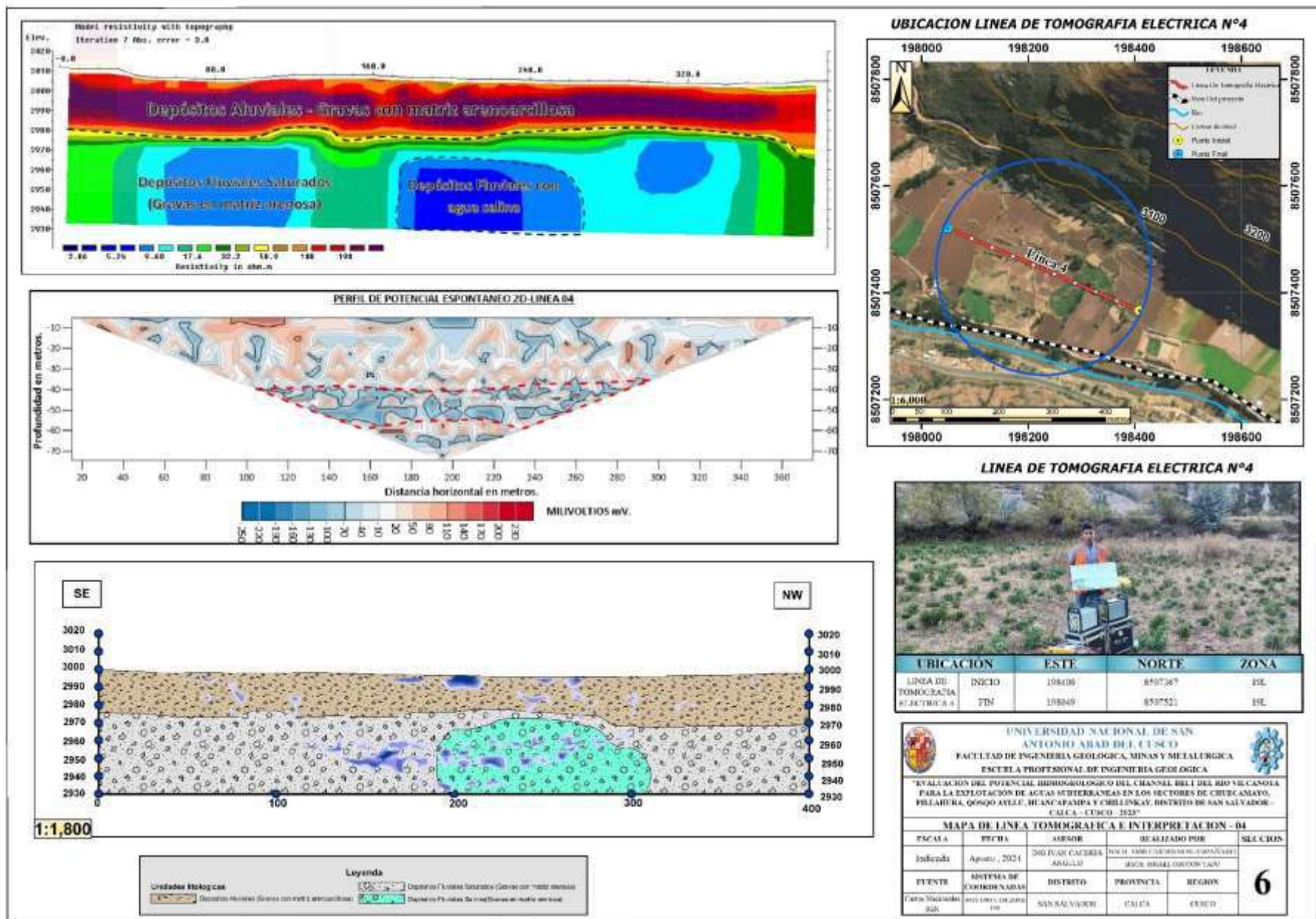
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



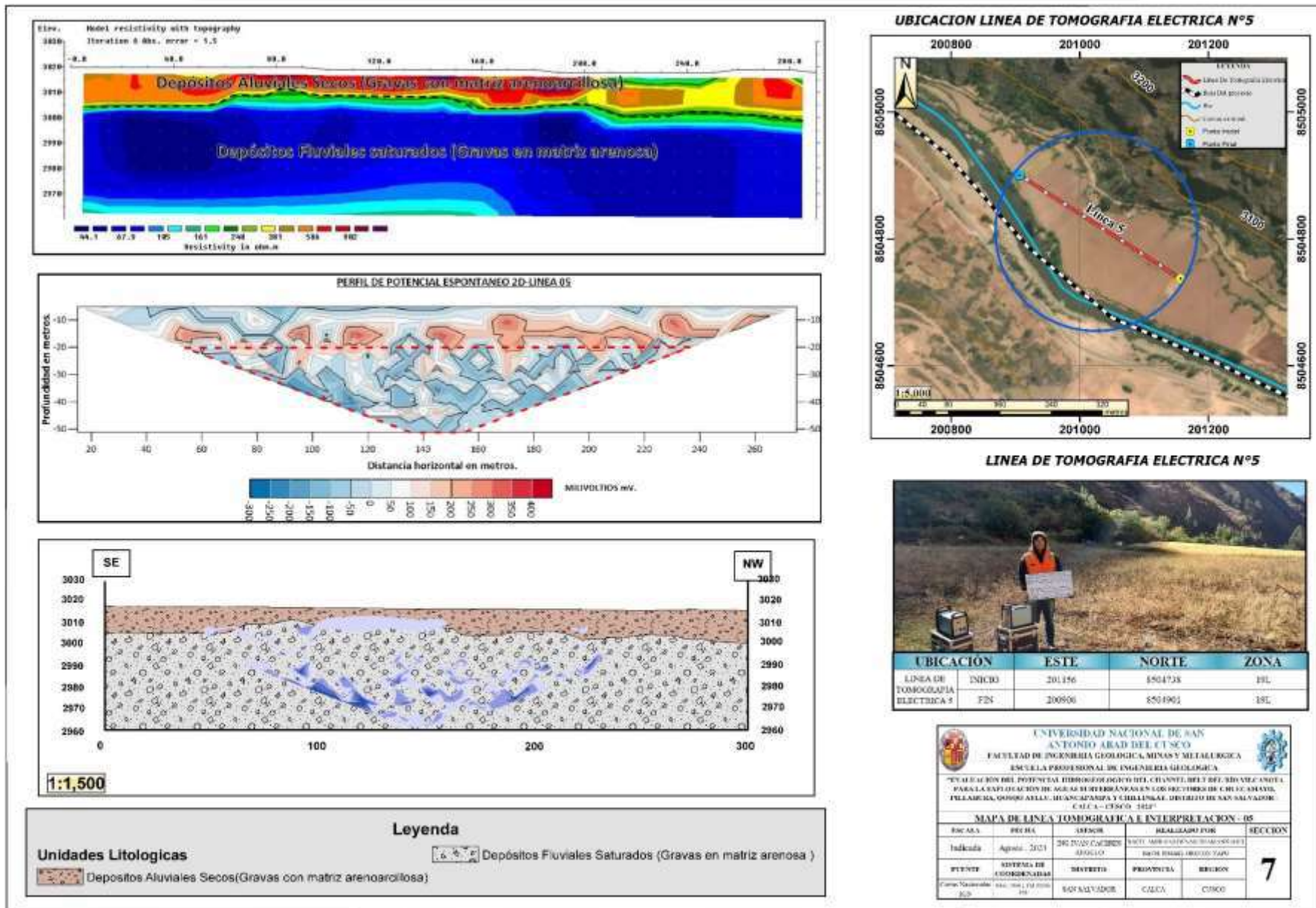
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



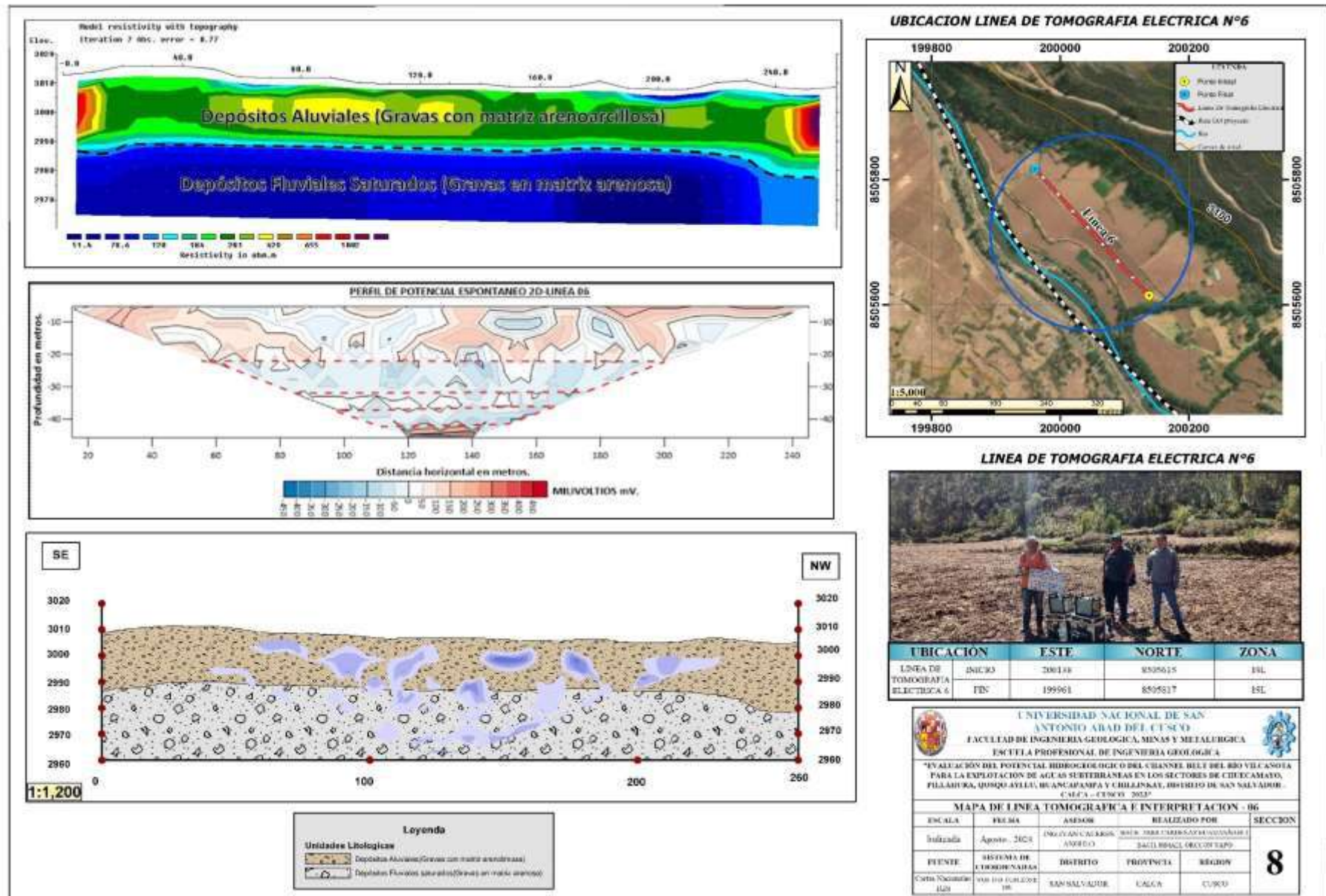
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



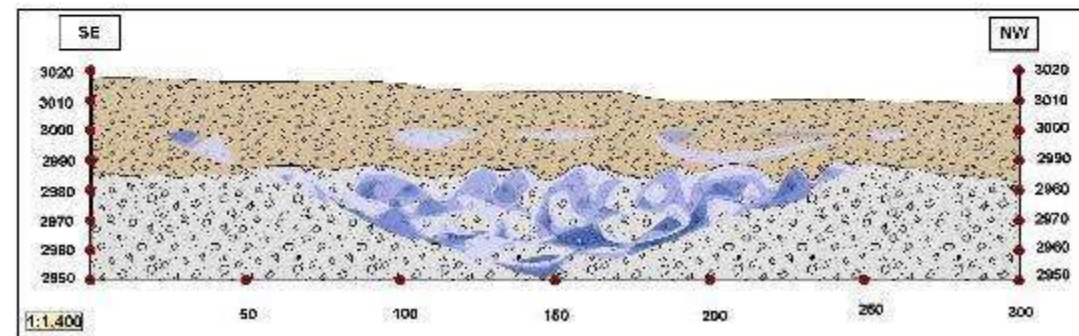
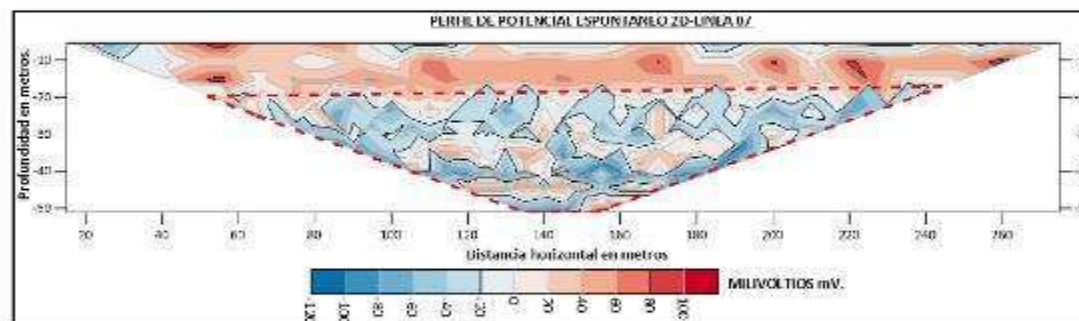
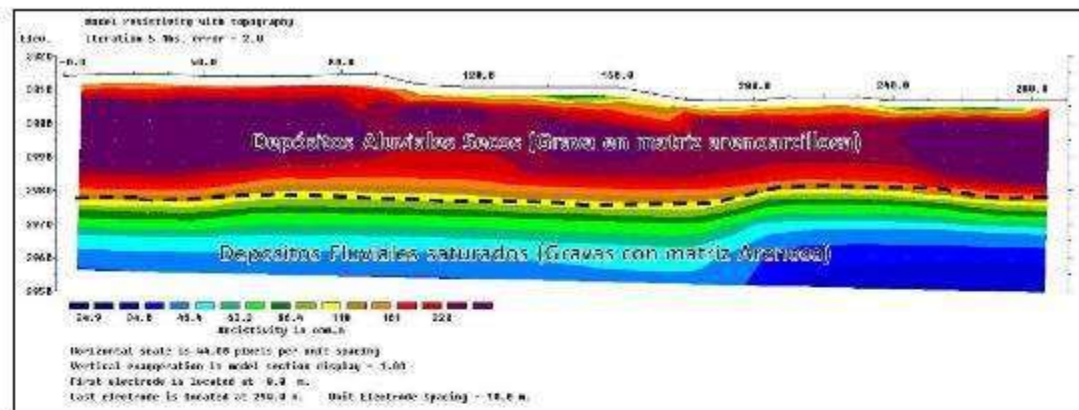
“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

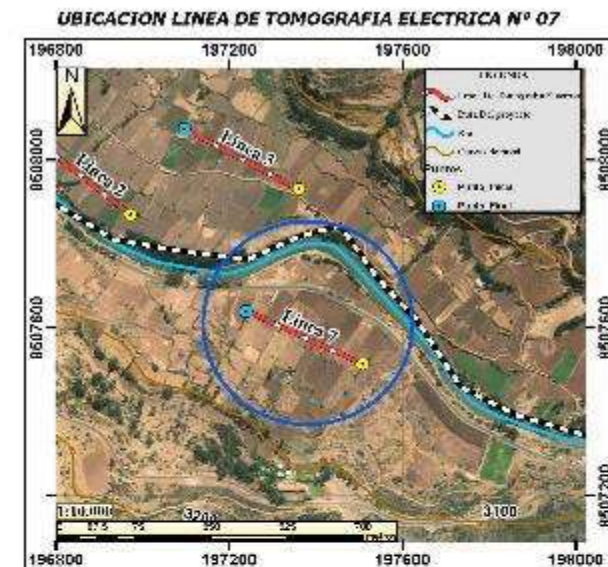


Legenda

Unidades Litológicas

Depósitos Aluviales Secos (Grava en matriz arenosa/limosa)

Depósitos Fluviales saturados (Gravas con matriz arenosa)



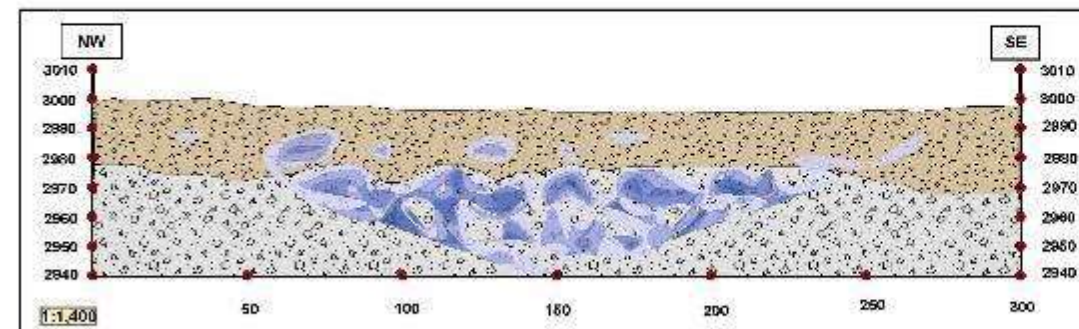
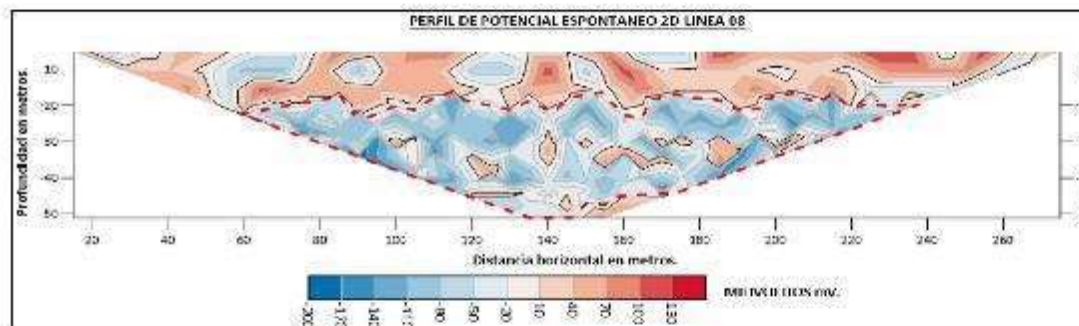
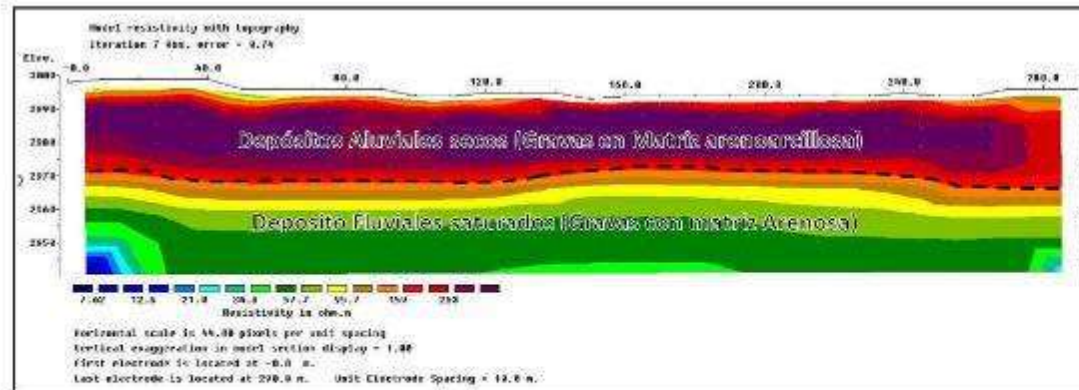
LÍNEA DE TOMOGRAFIA ELECTRICA N° 07



UBICACIÓN	ESTE	NORTE	ZONA
LÍNEA DE TOMOGRAFIA N° 07	197200	8507500	07

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, MECÁNICA Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023			
MAPA DE LÍNEA TOMOGRAFICA E INTERPRETACION 07			
ESCALA	1:40,000	FECHA	Agosto, 2023
PROYECTO	SELECCIÓN DE COORDENADAS	PROYECTO	SELECCIÓN DE COORDENADAS
FECHA	15/08/2023	DISTRITO	SAN SALVADOR
		PROVINCIA	CALCA
		REGION	CUSCO
			9

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



Legenda

Unidades Litológicas

Deposito Fluvial saturados (Gravas con matriz Arenosa)

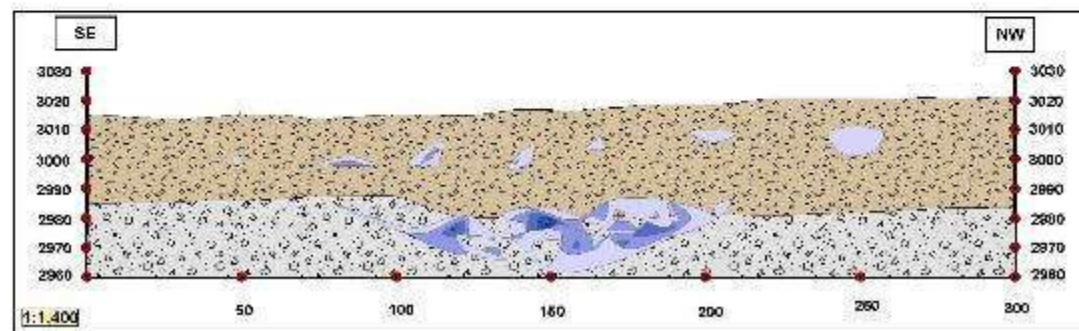
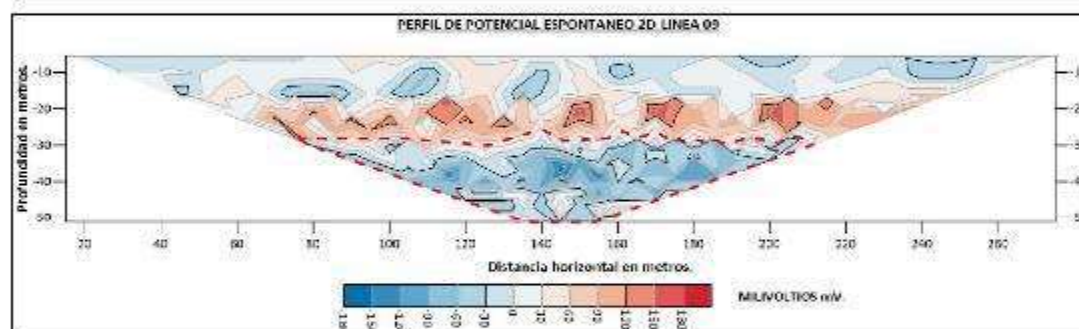
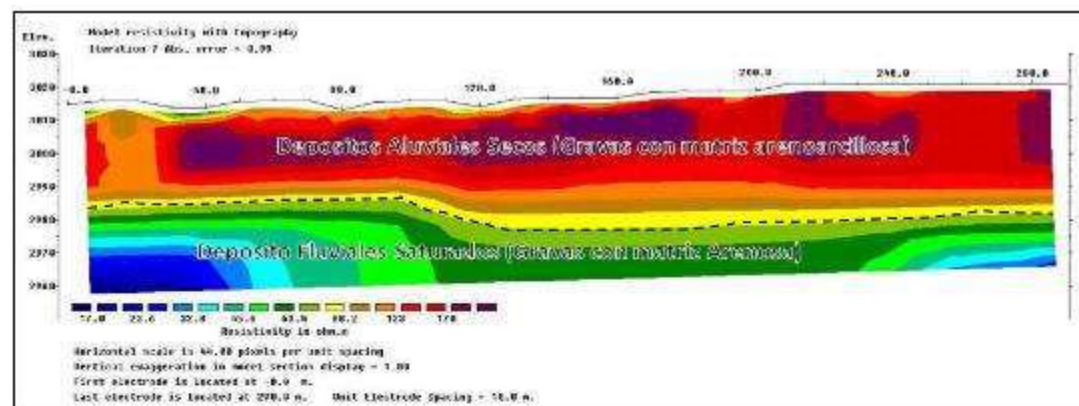
Deposito Aluviales arenos (Gravas en Matriz arenosa)



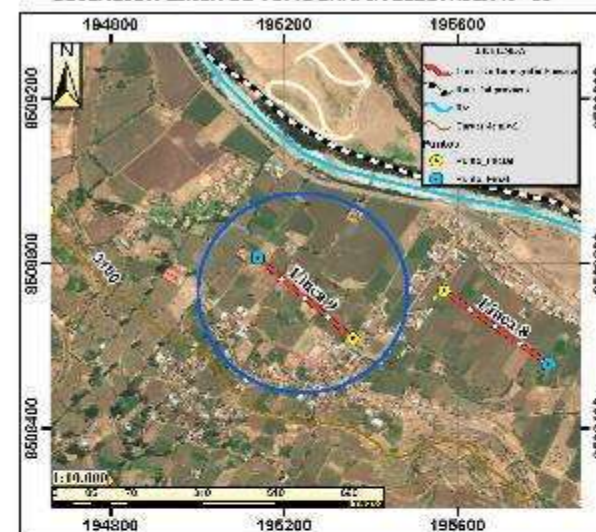
UBICACION	EESTE	NORTE	ZONA
UBICACION AL INICIO	19550	850830	SI
UBICACION AL FINAL	19580	850852	SI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023				
MAPA DE LINEA TOMOGRAFICA E INTERPRETACION-08				
ESCALA	FECHA	AUTORES	REGISTRADO POR	SECCION
1:1,000	Abril 2024	PAULINA CACERES	ING. ARIEL VARGAS	
PLANTEO	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROPIEDAD	10
CUSCO	UTM	SAN SALVADOR	CALCA	

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



UBICACION LINEA DE TOMOGRAFIA ELECTRICA N° 09



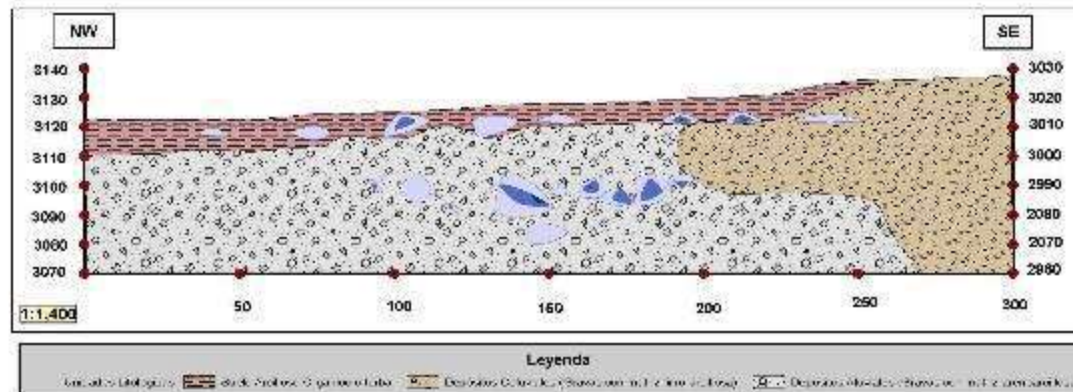
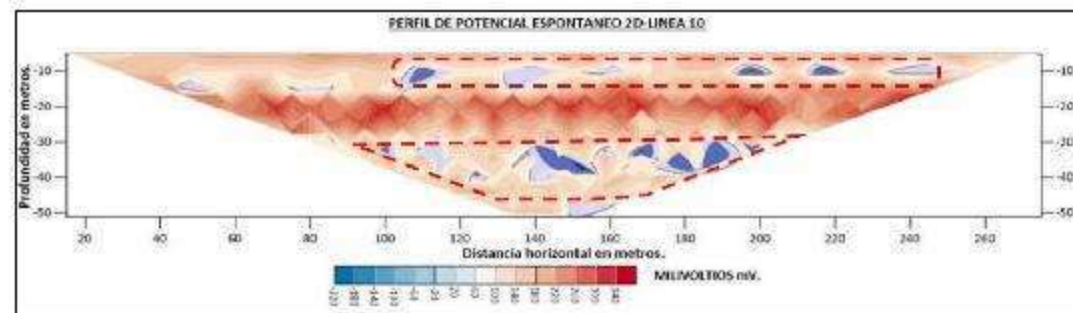
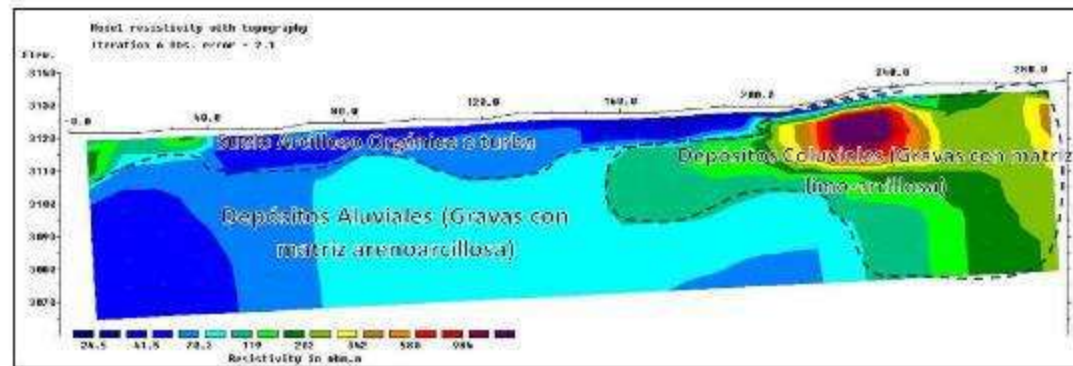
LINEA DE TOMOGRAFIA ELECTRICA N° 09



UBICACION	ESTE	NORTE	ZONA
LINEA DE TOMOGRAFIA	194000	8509200	CH.
TRAYECTO A B	194000	8509200	CH.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAO DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA "EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"				
MAPA DE LINEA TOMOGRAFICA E INTERPRETACION-09				
ESCALA	FECHA	ASESOR	REALIZADO POR	SECCION
1:1,000	Ago. 2024	ING. ANTONIO GARCIA ANGULO	ING. ANTONIO GARCIA ANGULO	11
PROYECTO	SISTEMA DE LUJANILLO	ING. ANTONIO GARCIA ANGULO	ING. ANTONIO GARCIA ANGULO	
FECHA	2024	SAN SALVADOR	CALCA	CUSCO

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

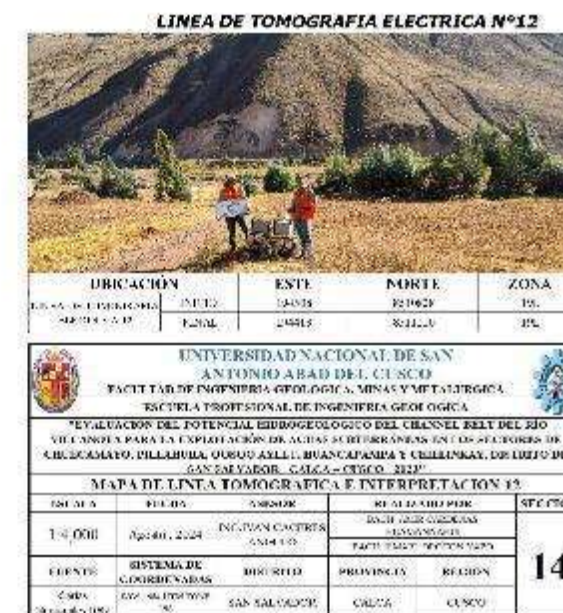
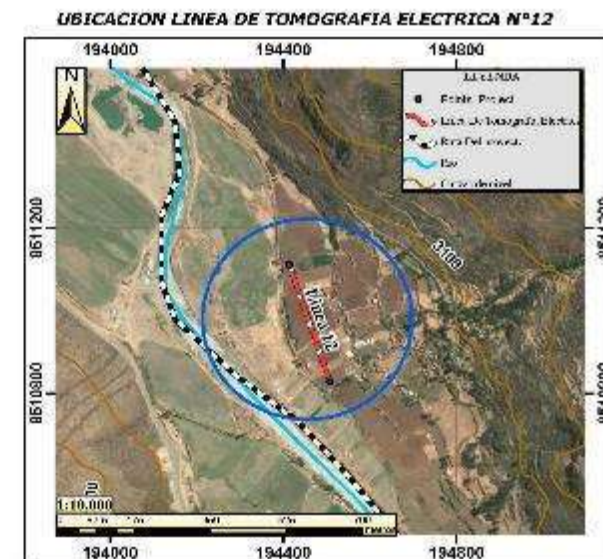
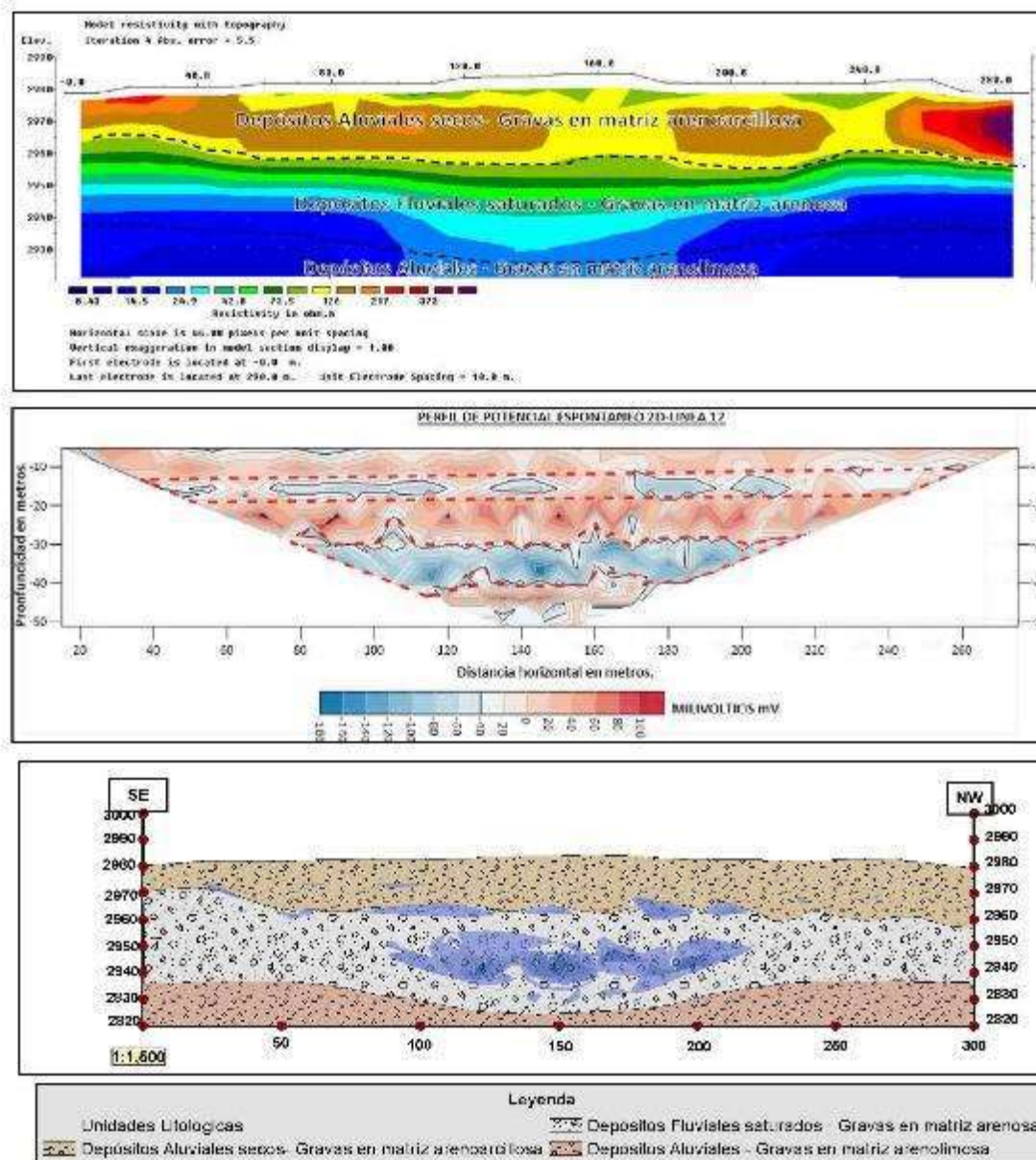


UBICACIÓN	ESTIL	NORTE	ZONA
LÍNEA DE TOMOGRAFÍA	2023	194400	EL
EXTENSIÓN	1000	195200	19

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICA				
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"				
MAPA DE LÍNEA TOMOGRAFICA E INTERPRETACION-10				
ESCALA	FECHA	AGUADOR	REALIZADOR	SECCIÓN
1:4,000	Agosto 2024	INGENIERO GEOLOGO ANTONIO	JEAN CARLOS	12
FUENTE	SISTEMA DE COORDENADAS	DISTRITO	PROVINCIA	
Origen	Proyección	SAN SALVADOR	CALCA	
Proyección	19	CUSCO		



“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”



C.Ficha De Inventario De Fuentes De Agua

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"			
NOMBRE	POZO	CODIGO	P-1
UBICACIÓN			
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM	
SECTOR	Qosqo Ayllu	Este	195138
DISTRITO	San Salvador	Norte	8509024
PROVINCIA	Calca	Cota	2998
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984
REGISTRO DE CAMPO			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO	
PH	7.2	INTRUSIVO	
C.E (Us/cm)	729 Us/cm	VOLCANICO	
TDS	210 ppm	SEDIMENTARIO	
T° Agua	22°	METAMORFICO	
DUR	360 mg/L	CUATERNARIO	
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN	
			

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA 			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"			
NOMBRE	POZO	CODIGO	P-2
UBICACIÓN			
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM	
SECTOR	Qosqo Ayllu	Este	194992
DISTRITO	San Salvador	Norte	8508876
PROVINCIA	Calca	Cota	3023
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984
REGISTRO DE CAMPO			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO	
PH	7.25	INTRUSIVO	
C.E (Us/cm)	785 Us/cm	VOLCANICO	
TDS	207 ppm	SEDIMENTARIO	
T° Agua	21°	METAMORFICO	
DUR	520 mg/L	CUATERNARIO	
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN	
			

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"			
NOMBRE	POZO	CODIGO	P-3
UBICACIÓN			
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM	
SECTOR	Qosqo Ayllu	Este	194958
DISTRITO	San Salvador	Norte	8509153
PROVINCIA	Calca	Cota	2996
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984
REGISTRO DE CAMPO			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO	
PH	7.11	INTRUSIVO	
C.E (Us/cm)	750 Us/cm	VOLCANICO	
TDS	187 ppm	SEDIMENTARIO	
T° Agua	21°	METAMORFICO	
DUR	445 mg/L	CUATERNARIO	
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN	
			

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"			
NOMBRE	POZO	CODIGO	P-4
UBICACIÓN			
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM	
SECTOR	Pillahuara	Este	194383
DISTRITO	San Salvador	Norte	8511109
PROVINCIA	Calca	Cota	2984
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984
REGISTRO DE CAMPO			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO	
PH	7.8	INTRUSIVO	
C.E (Us/cm)	1341 Us/cm	VOLCANICO	
TDS	358 ppm	SEDIMENTARIO	
T° Agua	21°	METAMORFICO	
DUR	480 mg/L	CUATERNARIO	
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN	
			

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA 			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"			
NOMBRE	POZO	CODIGO	P-5
UBICACIÓN			
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM	
SECTOR	Qosqo ayllu	Este	195351
DISTRITO	San Salvador	Norte	8509155
PROVINCIA	Calca	Cota	2984
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984
REGISTRO DE CAMPO			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO	
PH	7.5	INTRUSIVO	
C.E (Us/cm)	950 Us/cm	VOLCANICO	
TDS	755 ppm	SEDIMENTARIO	
T° Agua	22°	METAMORFICO	
DUR	510 mg/L	CUATERNARIO	
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN	
			

	FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"					
NOMBRE	POZO	CODIGO	P-6		
UBICACIÓN					
UBICACIÓN POLITICA			COORDENADAS UTM		
SECTOR	Qosqo ayllu	Este	196011		
DISTRITO	San Salvador	Norte	8508857		
PROVINCIA	Calca	Cota	3002		
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984		
REGISTRO DE CAMPO					
PARAMETROS FISICOQUIMICOS			DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO		
PH	7.6	INTRUSIVO			
C.E (Us/cm)	752 Us/cm	VOLCANICO			
TDS	452 ppm	SEDIMENTARIO			
T° Agua	22°	METAMORFICO			
DUR	510 mg/L	CUATERNARIO			
FOTO			VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN		
					

	FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"					
NOMBRE	POZO	CODIGO	P-7		
UBICACIÓN					
UBICACIÓN POLITICA			COORDENADAS UTM		
SECTOR	Chuecamayo	Este	196239		
DISTRITO	San Salvador	Norte	8508485		
PROVINCIA	Calca	Cota	2992		
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984		
REGISTRO DE CAMPO					
PARAMETROS FISICOQUIMICOS			DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO		
PH	7.7	INTRUSIVO			
C.E (Us/cm)	828 Us/cm	VOLCANICO			
TDS	201 ppm	SEDIMENTARIO			
T° Agua	22°	METAMORFICO			
DUR	370 mg/L	CUATERNARIO			
FOTO			VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN		
					

	FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"				
NOMBRE	POZO	CODIGO	P-8	
UBICACIÓN				
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM		
SECTOR	Chuecamayo	Este	196693	
DISTRITO	San Salvador	Norte	8508085	
PROVINCIA	Calca	Cota	2992	
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984	
REGISTRO DE CAMPO				
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO		
PH	7.55	INTRUSIVO		
C.E (Us/cm)	785 Us/cm	VOLCANICO		
TDS	258 ppm	SEDIMENTARIO		
T° Agua	20°	METAMORFICO		
DUR	432 mg/L	CUATERNARIO		
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN		
				

	FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"				
NOMBRE	POZO	CODIGO	P-9	
UBICACIÓN				
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM		
SECTOR	Chuecamayo	Este	198622	
DISTRITO	San Salvador	Norte	8507243	
PROVINCIA	Calca	Cota	2997	
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984	
REGISTRO DE CAMPO				
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO		
PH	7.35	INTRUSIVO		
C.E (Us/cm)	869 Us/cm	VOLCANICO		
TDS	425 ppm	SEDIMENTARIO		
T° Agua	23°	METAMORFICO		
DUR	831 mg/L	CUATERNARIO		
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN		
				

	FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"				
NOMBRE	POZO	CODIGO	P-10	
UBICACIÓN				
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM		
SECTOR	Chillinkay	Este	199510	
DISTRITO	San Salvador	Norte	8506044	
PROVINCIA	Calca	Cota	3015	
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984	
REGISTRO DE CAMPO				
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO		
PH	7.12	INTRUSIVO		
C.E (Us/cm)	854 Us/cm	VOLCANICO		
TDS	410 ppm	SEDIMENTARIO		
T° Agua	24°	METAMORFICO		
DUR	458 mg/L	CUATERNARIO		
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN		
				

	FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"				
NOMBRE	MANANTE	CODIGO	M-1	
UBICACIÓN				
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM		
SECTOR	Huancapampa	Este	M-1	
DISTRITO	San Salvador	Norte	8507307	
PROVINCIA	Calca	Cota	3005	
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984	
REGISTRO DE CAMPO				
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO		
PH	7.2	INTRUSIVO		
C.E (Us/cm)	2205 Us/cm	VOLCANICO		
TDS	1108 ppm	SEDIMENTARIO		
T° Agua	22°	METAMORFICO		
DUR	990 mg/L	CUATERNARIO		
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN		
				

	FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"				
NOMBRE	MANANTE	CODIGO	M-2	
UBICACIÓN				
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM		
SECTOR	Chillinkay	Este	200550	
DISTRITO	San Salvador	Norte	8505152	
PROVINCIA	Calca	Cota	3032	
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984	
REGISTRO DE CAMPO				
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO		
PH	7.1	INTRUSIVO		
C.E (Us/cm)	2606 Us/cm	VOLCANICO		
TDS	238 ppm	SEDIMENTARIO		
T° Agua	26°	METAMORFICO		
DUR	863 mg/L	CUATERNARIO		
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN		
				

	FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"				
NOMBRE	MANANTE	CODIGO	M-3	
UBICACIÓN				
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM		
SECTOR	Chillinkay	Este	198425	
DISTRITO	San Salvador	Norte	8505133	
PROVINCIA	Calca	Cota	3770	
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984	
REGISTRO DE CAMPO				
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO		
PH	7.69	INTRUSIVO		
C.E (Us/cm)	100 Us/cm	VOLCANICO		
TDS	50 ppm	SEDIMENTARIO		
T° Agua	22°	METAMORFICO		
DUR	80 mg/L	CUATERNARIO		
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN		
				

	FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"				
NOMBRE	MANANTE	CODIGO	M-4	
UBICACIÓN				
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM		
SECTOR	Qosqo Ayllu	Este	194584	
DISTRITO	San Salvador	Norte	8509014	
PROVINCIA	Calca	Cota	3060	
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984	
REGISTRO DE CAMPO				
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO		
PH	7.27	INTRUSIVO		
C.E (Us/cm)	341 Us/cm	VOLCANICO		
TDS	171 ppm	SEDIMENTARIO		
T° Agua	23°	METAMORFICO		
DUR	428 mg/L	CUATERNARIO		
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN		
				

	FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"				
NOMBRE	RIO	CODIGO	R-1	
UBICACIÓN				
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM		
SECTOR	Chillinkay	Este	200632	
DISTRITO	San Salvador	Norte	8505079	
PROVINCIA	Calca	Cota	3029	
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984	
REGISTRO DE CAMPO				
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO		
PH	7.8	INTRUSIVO		
C.E (Us/cm)	1556 Us/cm	VOLCANICO		
TDS	172 ppm	SEDIMENTARIO		
T° Agua	18°	METAMORFICO		
DUR	495 mg/L	CUATERNARIO		
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN		
				

	FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"				
NOMBRE	RIO	CODIGO	R-2	
UBICACIÓN				
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM		
SECTOR	Chillinkay	Este	197106	
DISTRITO	San Salvador	Norte	8508231	
PROVINCIA	Calca	Cota	3029	
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984	
REGISTRO DE CAMPO				
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO		
PH	8.2	INTRUSIVO		
C.E (Us/cm)	409 Us/cm	VOLCANICO		
TDS	205 ppm	SEDIMENTARIO		
T° Agua	16°	METAMORFICO		
DUR	198 mg/L	CUATERNARIO		
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN		
				

	FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"				
NOMBRE	RIO	CODIGO	R-3	
UBICACIÓN				
UBICACIÓN POLITICA		COORDENADAS UTM		
SECTOR	Chillinkay	Este	200372	
DISTRITO	San Salvador	Norte	8505423	
PROVINCIA	Calca	Cota	3042	
DEPARTAMENTO	Cusco	Datum	WGS-1984	
REGISTRO DE CAMPO				
PARAMETROS FISICOQUIMICOS		DESCRIPCION DEL AMBIENTE GEOLOGICO		
PH	7.8	INTRUSIVO		
C.E (Us/cm)	415 Us/cm	VOLCANICO		
TDS	168 ppm	SEDIMENTARIO		
T° Agua	15°	METAMORFICO		
DUR	352 mg/L	CUATERNARIO		
FOTO		VISTA SATELITAL DE UBICACIÓN		
				

D.Ficha para ensayo de infiltración

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-1	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	5.4	0.00138889	0.018	12.9599896	1.08	20.2682991	0.00202683
10	11.07	0.00277778	0.028	10.0799919	1.107	20.2682991	0.00202683
15	16.47	0.00416667	0.039	9.35999251	1.098	20.2682991	0.00202683
20	21.87	0.00555556	0.049	8.81999294	1.0935	20.2682991	0.00202683
25	27.27	0.00694444	0.06	8.64000553	1.0908	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)	Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coficiente K en (cm/S)	Coficiente K en (m/dia)	
21.88976307	15	5.08	140.767696	60	0.00259171	2.23923952	
22.43700715	15	5.08	140.767696	60	0.00265651	2.2952205	
22.25459246	15	5.08	140.767696	60	0.00263491	2.27656017	
22.16338511	15	5.08	140.767696	60	0.00262411	2.26723001	
22.1086607	15	5.08	140.767696	60	0.00261763	2.26163191	
						2.26797642	

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-2	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	6.3	0.00138889	0.018	12.9599896	1.26	20.2682991	0.00202683
10	12.915	0.00277778	0.028	10.0799919	1.2915	20.2682991	0.00202683
15	19.215	0.00416667	0.039	9.35999251	1.281	20.2682991	0.00202683
20	25.515	0.00555556	0.049	8.81999294	1.27575	20.2682991	0.00202683
25	31.815	0.00694444	0.06	8.64000553	1.2726	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)	Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coficiente K en (cm/S)	Coficiente K en (m/dia)	
25.53805692	15	5.08	140.767696	60	0.00302366	2.6124461	
26.17650834	15	5.08	140.767696	60	0.00309926	2.67775725	
25.9636912	15	5.08	140.767696	60	0.00307406	2.65598687	
25.85728263	15	5.08	140.767696	60	0.00306146	2.64510168	
25.79343749	15	5.08	140.767696	60	0.0030539	2.63857056	
						2.64597249	

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-3	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	5.6	0.00138889	0.018	12.9599896	1.12	20.2682991	0.00202683
10	11.48	0.00277778	0.028	10.0799919	1.148	20.2682991	0.00202683
15	17.08	0.00416667	0.039	9.35999251	1.13866667	20.2682991	0.00202683
20	22.68	0.00555556	0.049	8.81999294	1.134	20.2682991	0.00202683
25	28.28	0.00694444	0.06	8.64000553	1.1312	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coeficiente K en (cm/S)	Coeficiente K en (m/dia)
22.70049504		15	5.08	140.767696	60	0.0026877	2.32217431
23.26800741		15	5.08	140.767696	60	0.00275489	2.38022867
23.07883662		15	5.08	140.767696	60	0.0027325	2.36087722
22.98425123		15	5.08	140.767696	60	0.0027213	2.35120149
22.92749999		15	5.08	140.767696	60	0.00271458	2.34539606
							2.35197555
 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-4	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	6.05	0.00138889	0.018	12.9599896	1.21	20.2682991	0.00202683
10	12.4025	0.00277778	0.028	10.0799919	1.24025	20.2682991	0.00202683
15	18.4525	0.00416667	0.039	9.35999251	1.23016667	20.2682991	0.00202683
20	24.5025	0.00555556	0.049	8.81999294	1.225125	20.2682991	0.00202683
25	30.5525	0.00694444	0.06	8.64000553	1.2221	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coeficiente K en (cm/S)	Coeficiente K en (m/dia)
24.52464196		15	5.08	140.767696	60	0.00290368	2.50877761
25.13775801		15	5.08	140.767696	60	0.00297627	2.57149705
24.93338599		15	5.08	140.767696	60	0.00295207	2.55059057
24.83119998		15	5.08	140.767696	60	0.00293997	2.54013733
24.76988838		15	5.08	140.767696	60	0.00293271	2.53386538
							2.54097358

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-5	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	10.1	0.00138889	0.018	12.9599896	2.02	20.2682991	0.00202683
10	20.705	0.00277778	0.028	10.0799919	2.0705	20.2682991	0.00202683
15	30.805	0.00416667	0.039	9.35999251	2.05366667	20.2682991	0.00202683
20	40.905	0.00555556	0.049	8.81999294	2.04525	20.2682991	0.00202683
25	51.005	0.00694444	0.06	8.64000553	2.0402	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coeficiente K en (cm/S)	Coeficiente K en (m/dia)
40.94196426		15	5.08	140.767696	60	0.00484746	4.18820724
41.96551337		15	5.08	140.767696	60	0.00496865	4.29291242
41.62433034		15	5.08	140.767696	60	0.00492825	4.2580107
41.45373882		15	5.08	140.767696	60	0.00490806	4.24055983
41.35138391		15	5.08	140.767696	60	0.00489594	4.23008931
							4.2419559

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-6	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	10.8	0.00138889	0.018	12.9599896	2.16	20.2682991	0.00202683
10	22.14	0.00277778	0.028	10.0799919	2.214	20.2682991	0.00202683
15	32.94	0.00416667	0.039	9.35999251	2.196	20.2682991	0.00202683
20	43.74	0.00555556	0.049	8.81999294	2.187	20.2682991	0.00202683
25	54.54	0.00694444	0.06	8.64000553	2.1816	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coeficiente K en (cm/S)	Coeficiente K en (m/dia)
43.77952614		15	5.08	140.767696	60	0.00518342	4.47847903
44.8740143		15	5.08	140.767696	60	0.00531301	4.59044101
44.50918491		15	5.08	140.767696	60	0.00526982	4.55312035
44.32677022		15	5.08	140.767696	60	0.00524822	4.53446002
44.21732141		15	5.08	140.767696	60	0.00523526	4.52326382
							4.53595284

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-7	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	11.8	0.00138889	0.018	12.9599896	2.36	20.2682991	0.00202683
10	24.19	0.00277778	0.028	10.0799919	2.419	20.2682991	0.00202683
15	35.99	0.00416667	0.039	9.35999251	2.39933333	20.2682991	0.00202683
20	47.79	0.00555556	0.049	8.81999294	2.3895	20.2682991	0.00202683
25	59.59	0.00694444	0.06	8.64000553	2.3836	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coficiente K en (cm/S)	Coficiente K en (m/dia)
47.83318597		15	5.08	140.767696	60	0.00566337	4.89315301
49.02901562		15	5.08	140.767696	60	0.00580496	5.01548184
48.63040574		15	5.08	140.767696	60	0.00575776	4.97470556
48.4311008		15	5.08	140.767696	60	0.00573416	4.95431743
48.31151783		15	5.08	140.767696	60	0.00572001	4.94208454
							4.95594848

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-8	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	10.3	0.00138889	0.018	12.9599896	2.06	20.2682991	0.00202683
10	21.115	0.00277778	0.028	10.0799919	2.1115	20.2682991	0.00202683
15	31.415	0.00416667	0.039	9.35999251	2.09433333	20.2682991	0.00202683
20	41.715	0.00555556	0.049	8.81999294	2.08575	20.2682991	0.00202683
25	52.015	0.00694444	0.06	8.64000553	2.0806	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coficiente K en (cm/S)	Coficiente K en (m/dia)
41.75269623		15	5.08	140.767696	60	0.00494345	4.27114204
42.79651364		15	5.08	140.767696	60	0.00506704	4.37792059
42.4485745		15	5.08	140.767696	60	0.00502584	4.34232774
42.27460493		15	5.08	140.767696	60	0.00500524	4.32453131
42.17022319		15	5.08	140.767696	60	0.00499289	4.31385346
							4.32595503

		FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"									
Ensayo de Infiltracion						P-9			
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)		
5	13.3	0.00138889	0.018	12.9599896	2.66	20.2682991	0.00202683		
10	27.265	0.00277778	0.028	10.0799919	2.7265	20.2682991	0.00202683		
15	40.565	0.00416667	0.039	9.35999251	2.70433333	20.2682991	0.00202683		
20	53.865	0.00555556	0.049	8.81999294	2.69325	20.2682991	0.00202683		
25	67.165	0.00694444	0.06	8.64000553	2.6866	20.2682991	0.00202683		
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coficiente K en (cm/S)	Coficiente K en (m/dia)		
53.91367571		15	5.08	140.767696	60	0.00638329	5.51516399		
55.26151761		15	5.08	140.767696	60	0.00654287	5.65304309		
54.81223698		15	5.08	140.767696	60	0.00648968	5.60708339		
54.58759666		15	5.08	140.767696	60	0.00646308	5.58410354		
54.45281247		15	5.08	140.767696	60	0.00644712	5.57031563		
							5.58594193		



FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO

VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE

CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE

SAN SALVADOR - CALCA – CUSCO - 2023"

Ensayo de Infiltracion						P-10	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	12.1	0.00138889	0.018	12.9599896	2.41	20.2682991	0.00202683
10	24.7	0.00277778	0.028	10.0799919	2.47025	20.2682991	0.00202683
15	36.8	0.00416667	0.039	9.35999251	2.45016667	20.2682991	0.00202683
20	48.8	0.00555556	0.049	8.81999294	2.440125	20.2682991	0.00202683
25	60.9	0.00694444	0.06	8.64000553	2.4341	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coefficiente K en (cm/S)	Coefficiente K en (m/dia)
48.84660093		15	5.08	140.767696	60	0.00578336	4.99682151
50.06776595		15	5.08	140.767696	60	0.00592794	5.12174205
49.66071094		15	5.08	140.767696	60	0.00587975	5.08010187
49.45718344		15	5.08	140.767696	60	0.00585565	5.05928178
49.33506694		15	5.08	140.767696	60	0.00584119	5.04678973
							5.06094739

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-11	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	8.2	0.00138889	0.018	12.9599896	1.64	20.2682991	0.00202683
10	16.8	0.00277778	0.028	10.0799919	1.681	20.2682991	0.00202683
15	25.0	0.00416667	0.039	9.35999251	1.66733333	20.2682991	0.00202683
20	33.2	0.00555556	0.049	8.81999294	1.6605	20.2682991	0.00202683
25	41.4	0.00694444	0.06	8.64000553	1.6564	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coeficiente K en (cm/S)	Coeficiente K en (m/dia)
33.24001059		15	5.08	140.767696	60	0.00393556	3.40032667
34.07101086		15	5.08	140.767696	60	0.00403395	3.48533484
33.79401077		15	5.08	140.767696	60	0.00400116	3.45699878
33.65551072		15	5.08	140.767696	60	0.00398476	3.44283075
33.5724107		15	5.08	140.767696	60	0.00397492	3.43432994
							3.4439642

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-12	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	13.9	0.00138889	0.018	12.9599896	2.78	20.2682991	0.00202683
10	28.5	0.00277778	0.028	10.0799919	2.8495	20.2682991	0.00202683
15	42.4	0.00416667	0.039	9.35999251	2.82633333	20.2682991	0.00202683
20	56.3	0.00555556	0.049	8.81999294	2.81475	20.2682991	0.00202683
25	70.2	0.00694444	0.06	8.64000553	2.8078	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coeficiente K en (cm/S)	Coeficiente K en (m/dia)
56.34587161		15	5.08	140.767696	60	0.00667126	5.76396838
57.7545184		15	5.08	140.767696	60	0.00683804	5.90806759
57.28496947		15	5.08	140.767696	60	0.00678245	5.86003452
57.05019501		15	5.08	140.767696	60	0.00675465	5.83601799
56.90933033		15	5.08	140.767696	60	0.00673797	5.82160807
							5.83793931

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-13	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	14.3	0.00138889	0.018	12.9599896	2.86	20.2682991	0.00202683
10	29.3	0.00277778	0.028	10.0799919	2.93	20.2682991	0.00202683
15	43.6	0.00416667	0.039	9.35999251	2.91	20.2682991	0.00202683
20	57.9	0.00555556	0.049	8.81999294	2.90	20.2682991	0.00202683
25	72.2	0.00694444	0.06	8.64000553	2.89	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coeficiente K en (cm/S)	Coeficiente K en (m/dia)
57.96733554		15	5.08	140.767696	60	0.00686324	5.930
59.41651893		15	5.08	140.767696	60	0.00703482	6.078
58.9334578		15	5.08	140.767696	60	0.00697763	6.029
58.69192724		15	5.08	140.767696	60	0.00694903	6.004
58.5470089		15	5.08	140.767696	60	0.00693187	5.989
							6.006

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-14	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	13.6	0.00138889	0.018	12.9599896	2.72	20.2682991	0.00202683
10	27.9	0.00277778	0.028	10.0799919	2.79	20.2682991	0.00202683
15	41.5	0.00416667	0.039	9.35999251	2.77	20.2682991	0.00202683
20	55.1	0.00555556	0.049	8.81999294	2.75	20.2682991	0.00202683
25	68.7	0.00694444	0.06	8.64000553	2.75	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coeficiente K en (cm/S)	Coeficiente K en (m/dia)
55.12977366		15	5.08	140.767696	60	0.00652728	5.640
56.508018		15	5.08	140.767696	60	0.00669046	5.781
56.04860322		15	5.08	140.767696	60	0.00663606	5.734
55.81889583		15	5.08	140.767696	60	0.00660887	5.710
55.6810714		15	5.08	140.767696	60	0.00659255	5.696
							5.712

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-15	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	13.9	0.00138889	0.018	12.960	2.78	20.2682991	0.00202683
10	28.5	0.00277778	0.028	10.080	2.85	20.2682991	0.00202683
15	42.4	0.00416667	0.039	9.360	2.83	20.2682991	0.00202683
20	56.3	0.00555556	0.049	8.820	2.81	20.2682991	0.00202683
25	70.2	0.00694444	0.06	8.640	2.81	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coeficiente K en (cm/S)	Coeficiente K en (m/dia)
56.34587161		15	5.08	140.767696	60	0.00667126	5.764
57.7545184		15	5.08	140.767696	60	0.00683804	5.908
57.28496947		15	5.08	140.767696	60	0.00678245	5.860
57.05019501		15	5.08	140.767696	60	0.00675465	5.836
56.90933033		15	5.08	140.767696	60	0.00673797	5.822
							5.838

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-16	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	20.0	0.001389	0.018	12.9600	4.0	20.2682991	0.00202683
10	41.0	0.002778	0.028	10.0800	4.1	20.2682991	0.00202683
15	61.0	0.004167	0.039	9.3600	4.1	20.2682991	0.00202683
20	81.0	0.005556	0.049	8.8200	4.1	20.2682991	0.00202683
25	101.0	0.006944	0.06	8.6400	4.0	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coeficiente K en (cm/S)	Coeficiente K en (m/dia)
81.07319656		15	5.08	140.767696	60	0.00959893	8.293
83.10002648		15	5.08	140.767696	60	0.00983891	8.501
82.42441651		15	5.08	140.767696	60	0.00975892	8.432
82.08661152		15	5.08	140.767696	60	0.00971892	8.397
81.88392853		15	5.08	140.767696	60	0.00969492	8.376
							8.400

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-17	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	22.7	0.001389	0.018	12.96	4.5	20.2682991	0.00202683
10	46.5	0.002778	0.028	10.08	4.7	20.2682991	0.00202683
15	69.2	0.004167	0.039	9.36	4.6	20.2682991	0.00202683
20	91.9	0.005556	0.049	8.82	4.6	20.2682991	0.00202683
25	114.6	0.006944	0.06	8.64	4.6	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coeficiente K en (cm/S)	Coeficiente K en (m/dia)
92.0180781		15	5.08	140.767696	60	0.01089479	9.413
94.31853005		15	5.08	140.767696	60	0.01116716	9.648
93.55171273		15	5.08	140.767696	60	0.01107637	9.570
93.16830408		15	5.08	140.767696	60	0.01103098	9.531
92.93825888		15	5.08	140.767696	60	0.01100374	9.507
							9.534

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-18	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	24.3	0.001389	0.018	12.96	4.9	20.2682991	0.00202683
10	49.8	0.002778	0.028	10.08	5.0	20.2682991	0.00202683
15	74.1	0.004167	0.039	9.36	4.9	20.2682991	0.00202683
20	98.4	0.005556	0.049	8.82	4.9	20.2682991	0.00202683
25	122.7	0.006944	0.06	8.64	4.9	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coeficiente K en (cm/S)	Coeficiente K en (m/dia)
98.50393382		15	5.08	140.767696	60	0.01166271	10.077
100.9665322		15	5.08	140.767696	60	0.01195427	10.328
100.1456661		15	5.08	140.767696	60	0.01185708	10.245
99.735233		15	5.08	140.767696	60	0.01180849	10.203
99.48897316		15	5.08	140.767696	60	0.01177933	10.177
							10.206

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-19	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	25.1	0.001389	0.018	12.96	5.0	20.2682991	0.00202683
10	51.5	0.002778	0.028	10.08	5.1	20.2682991	0.00202683
15	76.6	0.004167	0.039	9.36	5.1	20.2682991	0.00202683
20	101.7	0.005556	0.049	8.82	5.1	20.2682991	0.00202683
25	126.8	0.006944	0.06	8.64	5.1	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coficiente K en (cm/S)	Coficiente K en (m/dia)
101.7468617		15	5.08	140.767696	60	0.01204666	10.408
104.2905332		15	5.08	140.767696	60	0.01234783	10.669
103.4426427		15	5.08	140.767696	60	0.01224744	10.582
103.0186975		15	5.08	140.767696	60	0.01219725	10.538
102.7643303		15	5.08	140.767696	60	0.01216713	10.512
							10.542

 FICHA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA 							
"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023"							
Ensayo de Infiltracion						P-20	
Tiempo en Seg	Distancia en Cm	Tiempo en Dias	Distancia en m	Velocidad (m/dias)	Velocidad (cm/s)	Area (cm2)	Area (m2)
5	26.1	0.001389	0.018	12.96	5.2	20.2682991	0.00202683
10	53.4	0.002778	0.028	10.08	5.3	20.2682991	0.00202683
15	79.5	0.004167	0.039	9.36	5.3	20.2682991	0.00202683
20	105.5	0.005556	0.049	8.82	5.3	20.2682991	0.00202683
25	131.6	0.006944	0.06	8.64	5.3	20.2682991	0.00202683
Caudal (Cm3/S)		Distancia que recorre la cavidad (L)	Diametro en (Cm)	Constante C	Altura de la Carga (H) en Cm	Coficiente K en (cm/S)	Coficiente K en (m/dia)
105.5978385		15	5.08	140.767696	60	0.01250261	10.802
108.2377845		15	5.08	140.767696	60	0.01281518	11.072
107.3578025		15	5.08	140.767696	60	0.01271099	10.982
106.9178115		15	5.08	140.767696	60	0.0126589	10.937
106.6538169		15	5.08	140.767696	60	0.01262764	10.910
							10.941

E.Ficha para prueba de bombeo

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:	Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:	San Salvador	
Propietario del Pozo:	Asociacion Pacha		Pozo N°: P_01	Lugar: QosqoAyllu		
Coordenadas en UTM WGS_84:	Este: 195138	Norte: 8509024		Cota: 2998		
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		
Caudal de Bombeo (Q) l/s:	2.75		Prof inicial NE/PR (m):	13.12		
Espesor Sat Acuif (m):	4.88		Prof final ND/PR (m):	13.79		
Prof. del pozo/PR:	18		Tiempo de Bombeo (min):	240		
Fecha Ejecución:	08/07/2024		Fecha Interpretación:	12/08/2024		
TIEMPO DE DESCENSO (Td)			DESCENSO DEL NIVEL DEL AGUA CAUDAL			
Fecha	Hora	Min	Seg	Prof ND/S (m)	Abatimiento (m)	Q (l/s)
08/07/2024	08:00:00	0	0	13.12	0	2.75
08/07/2024		1	60	13.22	0.1	2.75
08/07/2024		2	120	13.27	0.15	2.75
08/07/2024		3	180	13.31	0.19	2.75
08/07/2024		4	240	13.36	0.24	2.75
08/07/2024		5	300	13.4	0.28	2.75
08/07/2024		6	360	13.41	0.29	2.75
08/07/2024		7	420	13.43	0.31	2.75
08/07/2024		8	480	13.42	0.3	2.75
08/07/2024		9	540	13.44	0.32	2.75
08/07/2024	08:10:00	10	600	13.45	0.33	2.75
08/07/2024		12	660	13.47	0.35	2.75
08/07/2024		14	720	13.48	0.36	2.75
08/07/2024		16	780	13.47	0.35	2.75
08/07/2024		18	840	13.5	0.38	2.75
08/07/2024		20	900	13.51	0.39	2.75
08/07/2024		22	960	13.53	0.41	2.75
08/07/2024		24	1020	13.54	0.42	2.75
08/07/2024		26	1080	13.54	0.42	2.75
08/07/2024		28	1140	13.56	0.44	2.75
08/07/2024	08:30:00	30	1200	13.58	0.46	2.75
08/07/2024		33	1260	13.59	0.47	2.75
08/07/2024		36	1320	13.6	0.48	2.75
08/07/2024		39	1380	13.6	0.48	2.75
08/07/2024		42	1440	13.61	0.49	2.75
08/07/2024		45	1500	13.6	0.48	2.75
08/07/2024		50	1560	13.62	0.5	2.75
08/07/2024		55	1620	13.63	0.51	2.75
08/07/2024	09:00:00	60	1680	13.64	0.52	2.75
08/07/2024		65	1740	13.65	0.53	2.75
08/07/2024		70	1800	13.66	0.54	2.75
08/07/2024		75	1860	13.67	0.55	2.75
08/07/2024		80	1920	13.68	0.56	2.75
08/07/2024	09:30:00	90	1980	13.7	0.58	2.75
08/07/2024		100	2040	13.69	0.57	2.75
08/07/2024		110	2100	13.71	0.59	2.75
08/07/2024	10:00:00	120	2160	13.71	0.59	2.75
08/07/2024		130	2220	13.72	0.6	2.75
08/07/2024		140	2280	13.74	0.62	2.75
08/07/2024		150	2340	13.75	0.63	2.75
08/07/2024	11:00:00	180	2400	13.78	0.66	2.75
08/07/2024		210	2460	13.79	0.67	2.75
08/07/2024	12:00:00	240	2520	13.79	0.67	2.75

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA					
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA					
		PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:		Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:		San Salvador
Propietario del Pozo:		Asociacion Pachatusan		Pozo N°: P_03	Lugar: QosqoAyllu		
Coordenadas en UTM WGS_84:		Este: 194958		Norte: 8509153			Cota: 2996
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas			Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		
Caudal de Bombeo (Q) l/s:		3.15		Prof inicial NE/PR (m):			12.26
Espesor Sat Acuif (m):		4.24		Prof final ND/PR (m):			12.9
Prof. del pozo/PR:		16.5		Tiempo de Bombeo (min):			240
Fecha Ejecución:		09/07/2024		Fecha Interpretación:			13/08/2024
TIEMPO DE DESCENSO (Td)				DESCENSO DEL NIVEL DEL AGUA			CAUDAL
Fecha	Hora	Min	Seg	Prof ND/S (m)	Abatimiento (m)	Q (l/s)	
09/07/2024	08:00:00	0	0	12.26	0	3.15	
09/07/2024		1	60	12.34	0.08	3.15	
09/07/2024		2	120	12.39	0.13	3.15	
09/07/2024		3	180	12.45	0.19	3.15	
09/07/2024		4	240	12.51	0.25	3.15	
09/07/2024		5	300	12.54	0.28	3.15	
09/07/2024		6	360	12.58	0.32	3.15	
09/07/2024		7	420	12.61	0.35	3.15	
09/07/2024		8	480	12.63	0.37	3.15	
09/07/2024		9	540	12.64	0.38	3.15	
09/07/2024	08:10:00	10	600	12.63	0.37	3.15	
09/07/2024		12	660	12.65	0.39	3.15	
09/07/2024		14	720	12.67	0.41	3.15	
09/07/2024		16	780	12.66	0.4	3.15	
09/07/2024		18	840	12.68	0.42	3.15	
09/07/2024		20	900	12.67	0.41	3.15	
09/07/2024		22	960	12.72	0.46	3.15	
09/07/2024		24	1020	12.73	0.47	3.15	
09/07/2024		26	1080	12.75	0.49	3.15	
09/07/2024		28	1140	12.77	0.51	3.15	
09/07/2024	08:30:00	30	1200	12.79	0.53	3.15	
09/07/2024		33	1260	12.78	0.52	3.15	
09/07/2024		36	1320	12.81	0.55	3.15	
09/07/2024		39	1380	12.81	0.55	3.15	
09/07/2024		42	1440	12.82	0.56	3.15	
09/07/2024		45	1500	12.82	0.56	3.15	
09/07/2024		50	1560	12.84	0.58	3.15	
09/07/2024		55	1620	12.83	0.57	3.15	
09/07/2024	09:00:00	60	1680	12.84	0.58	3.15	
09/07/2024		65	1740	12.84	0.58	3.15	
09/07/2024		70	1800	12.83	0.57	3.15	
09/07/2024		75	1860	12.85	0.59	3.15	
09/07/2024		80	1920	12.87	0.61	3.15	
09/07/2024	09:30:00	90	1980	12.86	0.6	3.15	
09/07/2024		100	2040	12.87	0.61	3.15	
09/07/2024		110	2100	12.87	0.61	3.15	
09/07/2024	10:00:00	120	2160	12.88	0.62	3.15	
09/07/2024		130	2220	12.88	0.62	3.15	
09/07/2024		140	2280	12.89	0.63	3.15	
09/07/2024		150	2340	12.9	0.64	3.15	
09/07/2024	11:00:00	180	2400	12.9	0.64	3.15	
09/07/2024		210	2460	12.9	0.64	3.15	
09/07/2024	12:00:00	240	2520	12.9	0.64	3.15	

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA					
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA					
		PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:		Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:	San Salvador	
Propietario del Pozo:		Sr. Ardayglie		Pozo N°: P_06	Lugar: Chuecamayo		
Coordenadas en UTM WGS_84		Este: 196011		Norte: 8508857		Cota: 3001	
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas			Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		
Caudal de Bombeo (Q) l/s:		2.15		Prof inicial NE/PR (m):		8.5	
Espesor Sat Acuif (m):		8.5		Prof final ND/PR (m):		11.71	
Prof. del pozo/PR:		17		Tiempo de Bombeo (min):		180	
Fecha Ejecución:		12/07/2024		Fecha Interpretación:		14/08/2024	
TIEMPO DE DESCENSO (Td)				DESCENSO DEL NIVEL DEL AGUA		CAUDAL	
Fecha	Hora	Min	Seg	Prof ND/S (m)	Abatimiento (m)	Q (l/s)	
12/07/2024	09:00:00	0	0	8.5	0	2.15	
12/07/2024		1	60	9.01	0.51	2.15	
12/07/2024		2	120	9.34	0.84	2.15	
12/07/2024		3	180	9.58	1.08	2.15	
12/07/2024		4	240	9.75	1.25	2.15	
12/07/2024		5	300	9.85	1.35	2.15	
12/07/2024		6	360	9.94	1.44	2.15	
12/07/2024		7	420	9.97	1.47	2.15	
12/07/2024		8	480	10.01	1.51	2.15	
12/07/2024		9	540	10.12	1.62	2.15	
12/07/2024	09:10:00	10	600	10.25	1.75	2.15	
12/07/2024		12	660	10.35	1.85	2.15	
12/07/2024		14	720	10.41	1.91	2.15	
12/07/2024		16	780	10.51	2.01	2.15	
12/07/2024		18	840	10.61	2.11	2.15	
12/07/2024		20	900	10.67	2.17	2.15	
12/07/2024		22	960	10.75	2.25	2.15	
12/07/2024		24	1020	10.79	2.29	2.15	
12/07/2024		26	1080	10.85	2.35	2.15	
12/07/2024		28	1140	10.91	2.41	2.15	
12/07/2024	09:30:00	30	1200	10.99	2.49	2.15	
12/07/2024		33	1260	11.04	2.54	2.15	
12/07/2024		36	1320	11.1	2.6	2.15	
12/07/2024		39	1380	11.17	2.67	2.15	
12/07/2024		42	1440	11.21	2.71	2.15	
12/07/2024		45	1500	11.28	2.78	2.15	
12/07/2024		50	1560	11.34	2.84	2.15	
12/07/2024		55	1620	11.39	2.89	2.15	
12/07/2024	10:00:00	60	1680	11.45	2.95	2.15	
12/07/2024		65	1740	11.51	3.01	2.15	
12/07/2024		70	1800	11.55	3.05	2.15	
12/07/2024		75	1860	11.61	3.11	2.15	
12/07/2024		80	1920	11.65	3.15	2.15	
12/07/2024	10:30:00	90	1980	11.68	3.18	2.15	
12/07/2024		100	2040	11.68	3.18	2.15	
12/07/2024		110	2100	11.69	3.19	2.15	
12/07/2024	11:00:00	120	2160	11.69	3.19	2.15	
12/07/2024		130	2220	11.7	3.2	2.15	
12/07/2024		140	2280	11.7	3.2	2.15	
12/07/2024		150	2340	11.7	3.2	2.15	
12/07/2024	12:00:00	180	2400	11.71	3.21	2.15	

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA					
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA					
		PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:		Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:	San Salvador	
Propietario del Pozo:		Sr. Castillo Licona		Pozo N°: P_07	Lugar: Chuecamayo		
Coordenadas en UTM WGS_84:		Este: 196239		Norte: 8508485		Cota: 2994	
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas			Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		
Caudal de Bombeo (Q) l/s:		1.5		Prof inicial NE/PR (m):		5.75	
Espesor Sat Acuif (m):		3.5		Prof final ND/PR (m):		6.13	
Prof. del pozo/PR:		9.25		Tiempo de Bombeo (min):		120	
Fecha Ejecución:		10/07/2024		Fecha Interpretación:		14/08/2024	
TIEMPO DE DESCENSO (Td)				DESCENSO DEL NIVEL DEL AGUA		CAUDAL	
Fecha	Hora	Min	Seg	Prof ND/S (m)	Abatimiento (m)	Q (l/s)	
10/07/2024	14:00:00	0	0	5.75	0	1.5	
10/07/2024		1	60	5.86	0.11	1.5	
10/07/2024		2	120	5.92	0.17	1.5	
10/07/2024		3	180	5.96	0.21	1.5	
10/07/2024		4	240	6.02	0.27	1.5	
10/07/2024		5	300	6.04	0.29	1.5	
10/07/2024		6	360	6.06	0.31	1.5	
10/07/2024		7	420	6.04	0.29	1.5	
10/07/2024		8	480	6.07	0.32	1.5	
10/07/2024		9	540	6.07	0.32	1.5	
10/07/2024	14:15:00	10	600	6.08	0.33	1.5	
10/07/2024		12	660	6.07	0.32	1.5	
10/07/2024		14	720	6.09	0.34	1.5	
10/07/2024		16	780	6.08	0.33	1.5	
10/07/2024		18	840	6.1	0.35	1.5	
10/07/2024		20	900	6.1	0.35	1.5	
10/07/2024		22	960	6.09	0.34	1.5	
10/07/2024		24	1020	6.1	0.35	1.5	
10/07/2024		26	1080	6.11	0.36	1.5	
10/07/2024		28	1140	6.1	0.35	1.5	
10/07/2024	14:30:00	30	1200	6.1	0.35	1.5	
10/07/2024		33	1260	6.11	0.36	1.5	
10/07/2024		36	1320	6.11	0.36	1.5	
10/07/2024		39	1380	6.11	0.36	1.5	
10/07/2024		42	1440	6.11	0.36	1.5	
10/07/2024		45	1500	6.12	0.37	1.5	
10/07/2024		50	1560	6.12	0.37	1.5	
10/07/2024		55	1620	6.12	0.37	1.5	
10/07/2024	15:00:00	60	1680	6.12	0.37	1.5	
10/07/2024		65	1740	6.12	0.37	1.5	
10/07/2024		70	1800	6.12	0.37	1.5	
10/07/2024		75	1860	6.12	0.37	1.5	
10/07/2024		80	1920	6.12	0.37	1.5	
10/07/2024	15:30:00	90	1980	6.13	0.38	1.5	
10/07/2024		100	2040	6.13	0.38	1.5	
10/07/2024		110	2100	6.13	0.38	1.5	
10/07/2024	16:00:00	120	2160	6.13	0.38	1.5	

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

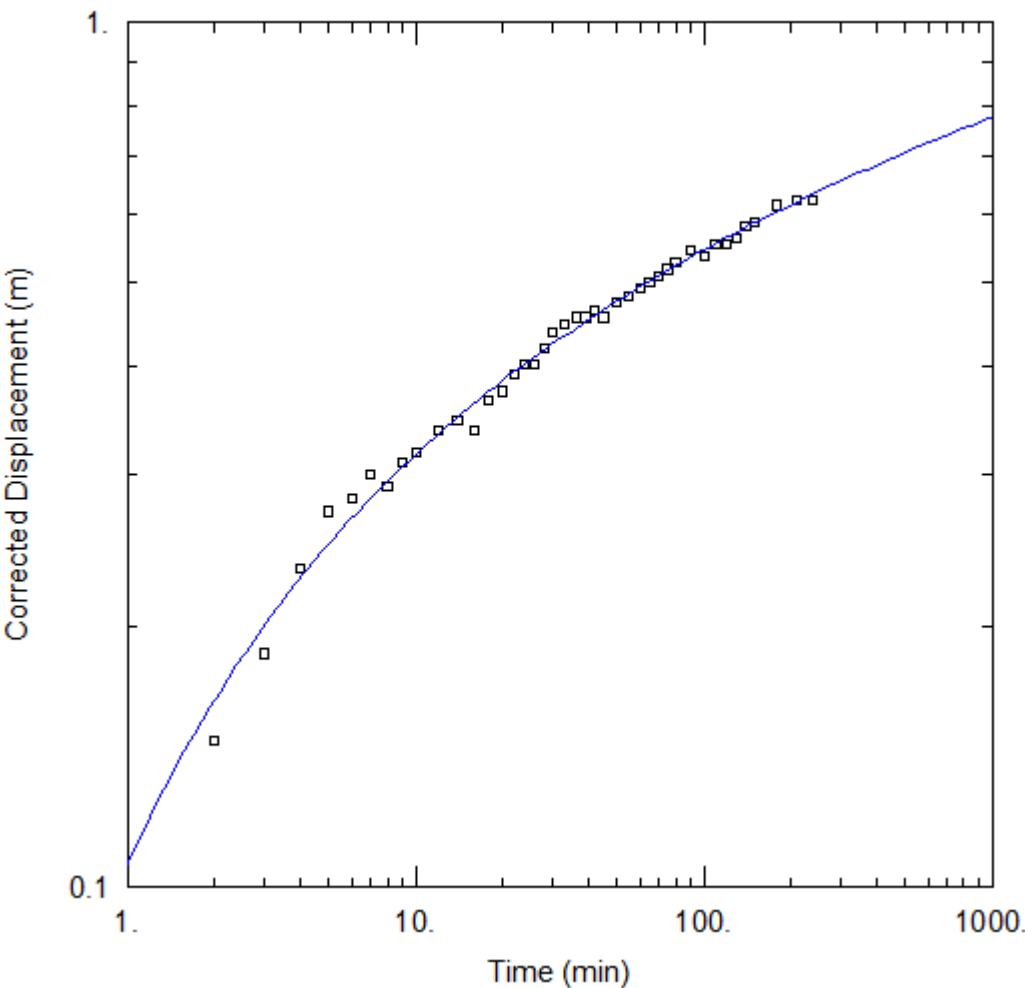
		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA					
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA					
		PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:		Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:	San Salvador	
Propietario del Pozo:		Sra. Andrea		Pozo N°: P_08	Lugar: Chuecamayo		
Coordenadas en UTM WGS_84:		Este: 196693		Norte: 8508085		Cota: 2998	
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas			Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		
Caudal de Bombeo (Q) l/s:		2.15		Prof inicial NE/PR (m):		9.2	
Espesor Sat Acuif (m):		3.45		Prof final ND/PR (m):		9.95	
Prof. del pozo/PR:		12.65		Tiempo de Bombeo (min):		120	
Fecha Ejecución:		11/07/2024		Fecha Interpretación:		15/08/2024	
TIEMPO DE DESCENSO (Td)				DESCENSO DEL NIVEL DEL AGUA		CAUDAL	
Fecha	Hora	Min	Seg	Prof ND/S (m)	Abatimiento (m)	Q (l/s)	
11/07/2024	08:00:00	0	0	8.5	0	2.15	
11/07/2024		1	60	8.83	0.33	2.15	
11/07/2024		2	120	8.94	0.44	2.15	
11/07/2024		3	180	9.05	0.55	2.15	
11/07/2024		4	240	9.17	0.67	2.15	
11/07/2024		5	300	9.21	0.71	2.15	
11/07/2024		6	360	9.29	0.79	2.15	
11/07/2024		7	420	9.37	0.87	2.15	
11/07/2024		8	480	9.44	0.94	2.15	
11/07/2024		9	540	9.53	1.03	2.15	
11/07/2024	08:15:00	10	600	9.58	1.08	2.15	
11/07/2024		12	660	9.61	1.11	2.15	
11/07/2024		14	720	9.59	1.09	2.15	
11/07/2024		16	780	9.65	1.15	2.15	
11/07/2024		18	840	9.69	1.19	2.15	
11/07/2024		20	900	9.67	1.17	2.15	
11/07/2024		22	960	9.7	1.2	2.15	
11/07/2024		24	1020	9.71	1.21	2.15	
11/07/2024		26	1080	9.73	1.23	2.15	
11/07/2024		28	1140	9.74	1.24	2.15	
11/07/2024	08:30:00	30	1200	9.75	1.25	2.15	
11/07/2024		33	1260	9.74	1.24	2.15	
11/07/2024		36	1320	9.76	1.26	2.15	
11/07/2024		39	1380	9.78	1.28	2.15	
11/07/2024		42	1440	9.73	1.23	2.15	
11/07/2024		45	1500	9.8	1.3	2.15	
11/07/2024		50	1560	9.87	1.37	2.15	
11/07/2024		55	1620	9.84	1.34	2.15	
11/07/2024	09:00:00	60	1680	9.85	1.35	2.15	
11/07/2024		65	1740	9.88	1.38	2.15	
11/07/2024		70	1800	9.87	1.37	2.15	
11/07/2024		75	1860	9.88	1.38	2.15	
11/07/2024		80	1920	9.89	1.39	2.15	
11/07/2024	09:30:00	90	1980	9.91	1.41	2.15	
11/07/2024		100	2040	9.91	1.41	2.15	
11/07/2024		110	2100	9.94	1.44	2.15	
11/07/2024	10:00:00	120	2160	9.95	1.45	2.15	

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

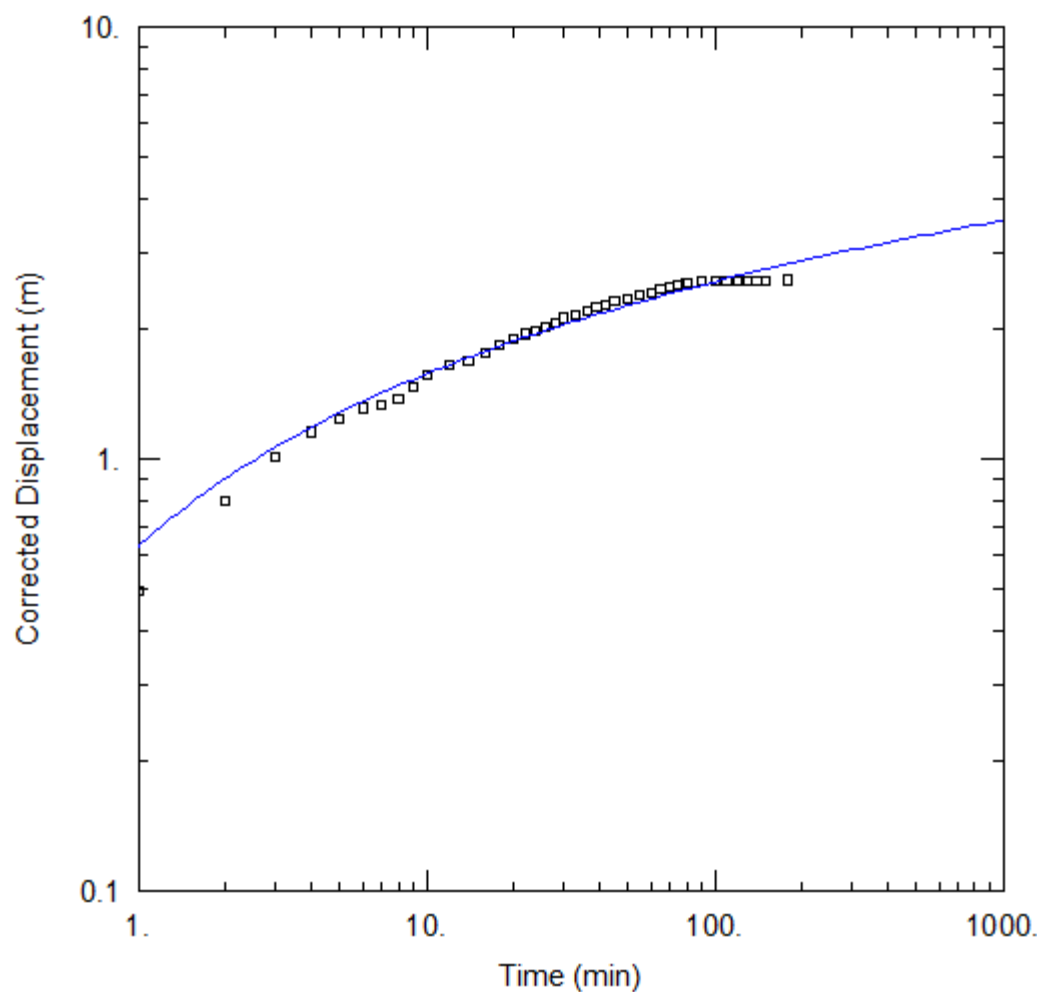
		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA							
PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE							
Departamento:		Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:		San Salvador
Propietario del Pozo:		FitoHidro Valle		Pozo N°: P_09	Lugar: San Salvador-AsnoCancha		
Coordenadas en UTM WGS_84:		Este: 198622		Norte: 8507243			Cota: 3011
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas			Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		
Caudal de Bombeo (Q) l/s:		4.85		Prof inicial NE/PR (m):		16.25	
Espesor Sat Acuif (m):		13.75		Prof final ND/PR (m):		22.4	
Prof. del pozo/PR:		30		Tiempo de Bombeo (min):		240	
Fecha Ejecución:		16/07/2024		Fecha Interpretación:		16/08/2024	
TIEMPO DE DESCENSO (Td)				DESCENSO DEL NIVEL DEL AGUA		CAUDAL	
Fecha	Hora	Min	Seg	Prof ND/S (m)	Abatimiento (m)	Q (l/s)	
09/07/2024	08:00:00	0	0	16.25	0	4.85	
09/07/2024		1	60	16.7	0.45	4.85	
09/07/2024		2	120	17.09	0.84	4.85	
09/07/2024		3	180	17.5	1.25	4.85	
09/07/2024		4	240	17.76	1.51	4.85	
09/07/2024		5	300	18.12	1.87	4.85	
09/07/2024		6	360	18.36	2.11	4.85	
09/07/2024		7	420	18.68	2.43	4.85	
09/07/2024		8	480	18.92	2.67	4.85	
09/07/2024		9	540	19.11	2.86	4.85	
09/07/2024	08:10:00	10	600	19.4	3.15	4.85	
09/07/2024		12	660	19.56	3.31	4.85	
09/07/2024		14	720	19.89	3.64	4.85	
09/07/2024		16	780	20.04	3.79	4.85	
09/07/2024		18	840	20.19	3.94	4.85	
09/07/2024		20	900	20.48	4.23	4.85	
09/07/2024		22	960	20.66	4.41	4.85	
09/07/2024		24	1020	20.82	4.57	4.85	
09/07/2024		26	1080	20.9	4.65	4.85	
09/07/2024		28	1140	20.99	4.74	4.85	
09/07/2024	08:30:00	30	1200	21.07	4.82	4.85	
09/07/2024		33	1260	21.2	4.95	4.85	
09/07/2024		36	1320	21.36	5.11	4.85	
09/07/2024		39	1380	21.44	5.19	4.85	
09/07/2024		42	1440	21.52	5.27	4.85	
09/07/2024		45	1500	21.59	5.34	4.85	
09/07/2024		50	1560	21.66	5.41	4.85	
09/07/2024		55	1620	21.75	5.5	4.85	
09/07/2024	09:00:00	60	1680	21.84	5.59	4.85	
09/07/2024		65	1740	21.92	5.67	4.85	
09/07/2024		70	1800	21.99	5.74	4.85	
09/07/2024		75	1860	22.06	5.81	4.85	
09/07/2024		80	1920	22.14	5.89	4.85	
09/07/2024	09:30:00	90	1980	22.21	5.96	4.85	
09/07/2024		100	2040	22.29	6.04	4.85	
09/07/2024		110	2100	22.33	6.08	4.85	
09/07/2024	10:00:00	120	2160	22.34	6.09	4.85	
09/07/2024		130	2220	22.34	6.09	4.85	
09/07/2024		140	2280	22.35	6.1	4.85	
09/07/2024		150	2340	22.35	6.1	4.85	
09/07/2024	11:00:00	180	2400	22.38	6.13	4.85	
09/07/2024		210	2460	22.4	6.15	4.85	
09/07/2024	12:00:00	240	2520	22.4	6.15	4.85	

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DEL CHANNEL BELT DEL RÍO VILCANOTA PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SECTORES DE CHUECAMAYO, PILLAHURA, QOSQO AYLLU, HUANCAPAMPA Y CHILLINKAY, DISTRITO DE SAN SALVADOR - CALCA - CUSCO - 2023”

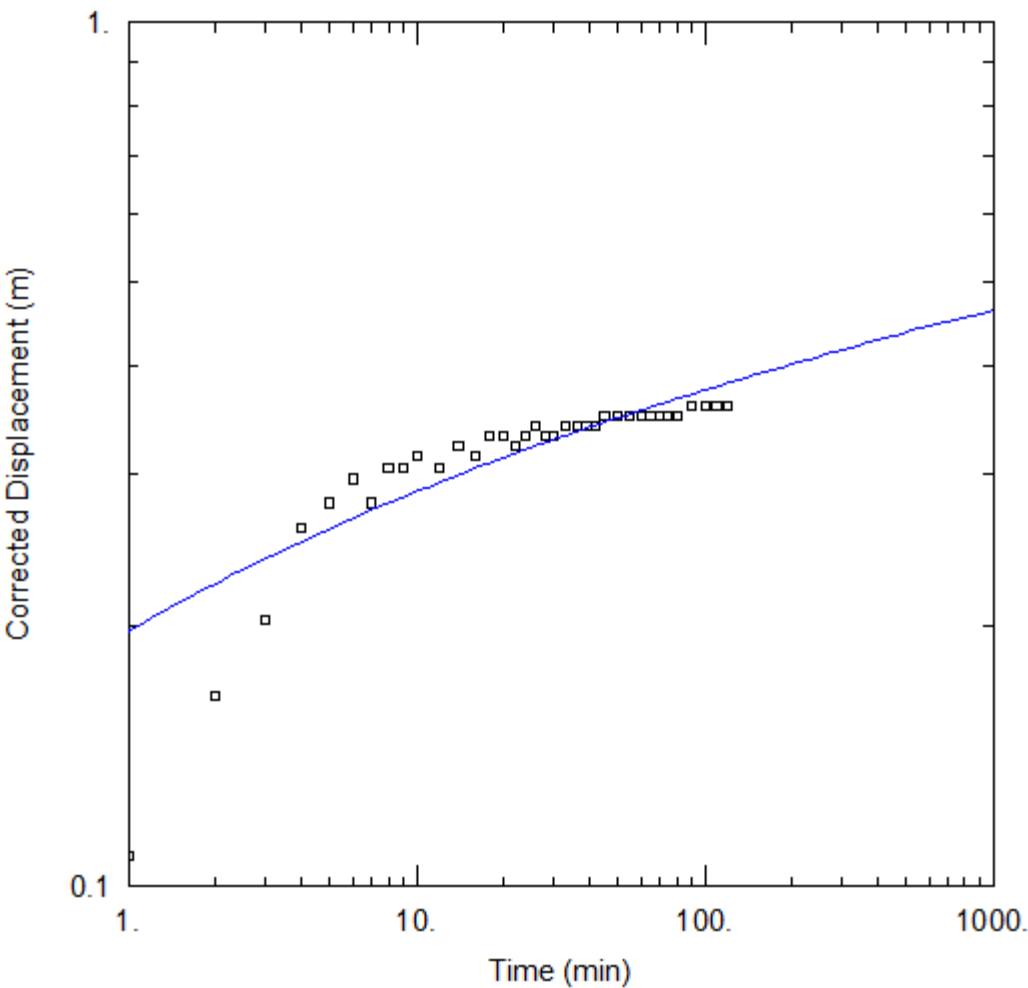
		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA					
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA					
		PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE					
Departamento:		Cusco	Provincia:	Calca	Distrito:	San Salvador	
Propietario del Pozo:		Restaurante la Mestiza		Pozo N°: P_10	Lugar: Hatumpampa		
Coordenadas en UTM WGS_84:		Este: 199510		Norte: 8506044		Cota: 3.16	
Ejecutores:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas			Interpretado por:	Bach. Ismael Orcon, Bach. Amir Cardenas		
Caudal de Bombeo (Q) l/s:		1.95		Prof inicial NE/PR (m):		15.12	
Espesor Sat Acuíf (m):		3.63		Prof final ND/PR (m):		18.58	
Prof. del pozo/PR:		18.75		Tiempo de Bombeo (min):		90	
Fecha Ejecución:		13/07/2024		Fecha Interpretación:		17/08/2024	
TIEMPO DE DESCENSO (Td)				DESCENSO DEL NIVEL DEL AGUA		CAUDAL	
Fecha	Hora	Min	Seg	Prof ND/S (m)	Abatimiento (m)	Q (l/s)	
13/07/2024	08:00:00	0	0	15.12	0	1.95	
13/07/2024		1	60	15.72	0.6	1.95	
13/07/2024		2	120	15.91	0.79	1.95	
13/07/2024		3	180	16.07	0.95	1.95	
13/07/2024		4	240	16.26	1.14	1.95	
13/07/2024		5	300	16.4	1.28	1.95	
13/07/2024		6	360	16.51	1.39	1.95	
13/07/2024		7	420	16.59	1.47	1.95	
13/07/2024		8	480	16.7	1.58	1.95	
13/07/2024		9	540	16.82	1.7	1.95	
13/07/2024	08:15:00	10	600	16.86	1.74	1.95	
13/07/2024		12	660	16.97	1.85	1.95	
13/07/2024		14	720	17.06	1.94	1.95	
13/07/2024		16	780	17.23	2.11	1.95	
13/07/2024		18	840	17.33	2.21	1.95	
13/07/2024		20	900	17.44	2.32	1.95	
13/07/2024		22	960	17.53	2.41	1.95	
13/07/2024		24	1020	17.62	2.5	1.95	
13/07/2024		26	1080	17.69	2.57	1.95	
13/07/2024		28	1140	17.74	2.62	1.95	
13/07/2024	08:30:00	30	1200	17.81	2.69	1.95	
13/07/2024		33	1260	17.9	2.78	1.95	
13/07/2024		36	1320	17.96	2.84	1.95	
13/07/2024		39	1380	18.05	2.93	1.95	
13/07/2024		42	1440	18.13	3.01	1.95	
13/07/2024		45	1500	18.21	3.09	1.95	
13/07/2024		50	1560	18.26	3.14	1.95	
13/07/2024		55	1620	18.31	3.19	1.95	
13/07/2024	09:00:00	60	1680	18.36	3.24	1.95	
13/07/2024		65	1740	18.41	3.29	1.95	
13/07/2024		70	1800	18.45	3.33	1.95	
13/07/2024		75	1860	18.49	3.37	1.95	
13/07/2024		80	1920	18.53	3.41	1.95	
13/07/2024	09:30:00	90	1980	18.58	3.46	1.95	



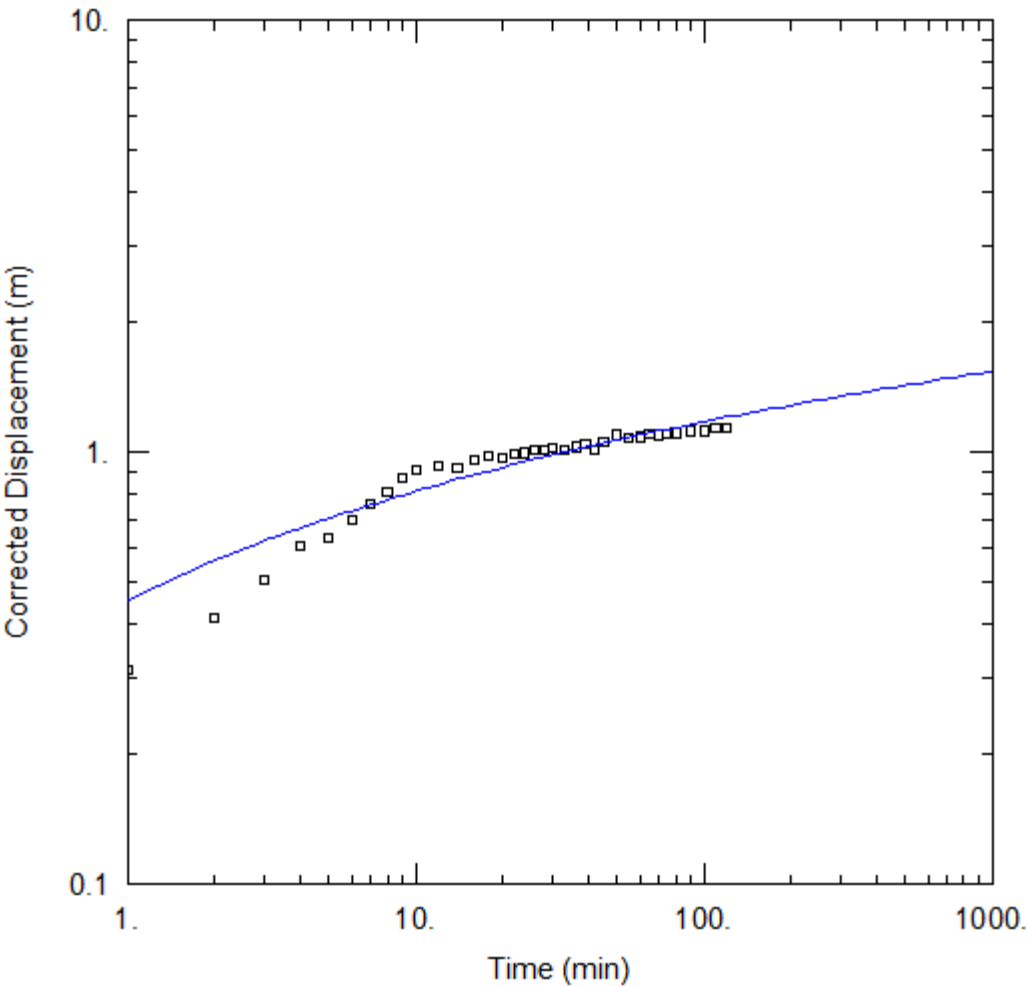
WELL TEST ANALYSIS					
Data Set:					
Date: 11/27/24			Time: 10:35:51		
PROJECT INFORMATION					
Client: Asociacion Pacha					
Project: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDR.					
Location: Dist. San Salvador- QosqoAyllu					
Test Well: POZO 01					
Test Date: 10/07/2024					
WELL DATA					
Pumping Wells			Observation Wells		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
P_01	195138	8509024	P_01	195138	8509024
SOLUTION					
Aquifer Model: Unconfined			Solution Method: Theis		
T = 188.2 m ² /day			S = 5.543		
Kz/Kr = 1.			b = 4.88 m		



WELL TEST ANALYSIS					
Data Set:					
Date: 11/27/24			Time: 13:35:40		
PROJECT INFORMATION					
Client: Sr. Ardayglie					
Project: <u>EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDR.</u>					
Location: <u>Dist. San Salvador-Chuecamayo</u>					
Test Well: <u>POZO 06</u>					
Test Date: <u>12/07/2024</u>					
WELL DATA					
Pumping Wells			Observation Wells		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
P_06	196011	8508857	□ P_06	196011	8508857
SOLUTION					
Aquifer Model: <u>Unconfined</u>			Solution Method: <u>Theis</u>		
T = <u>38.6</u> m ² /day			S = <u>0.7088</u>		
Kz/Kr = <u>1.</u>			b = <u>8.5</u> m		



WELL TEST ANALYSIS					
Data Set:			Time: 16:36:26		
Date: 11/27/24					
PROJECT INFORMATION					
Client: Sr. Castillo Licona					
Project: <u>EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDR.</u>					
Location: <u>Dist. San Salvador-Chuecamayo</u>					
Test Well: <u>POZO 07</u>					
Test Date: <u>10/07/2024</u>					
WELL DATA					
Pumping Wells			Observation Wells		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
P_07	196239	8508485	P_07	196239	8508485
SOLUTION					
Aquifer Model: <u>Unconfined</u>			Solution Method: <u>Theis</u>		
T = <u>266.5</u> m ² /day			S = <u>0.003965</u>		
Kz/Kr = <u>1.</u>			b = <u>3.5</u> m		



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:

Date: 11/27/24

Time: 17:14:58

PROJECT INFORMATION

Client: Sra. Andrea

Project: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDR.

Location: Dist. San Salvador-Chuecamayo

Test Well: POZO_08

Test Date: 11/07/2024

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
P_08	196693	8508085

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
P_08	196693	8508085

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined

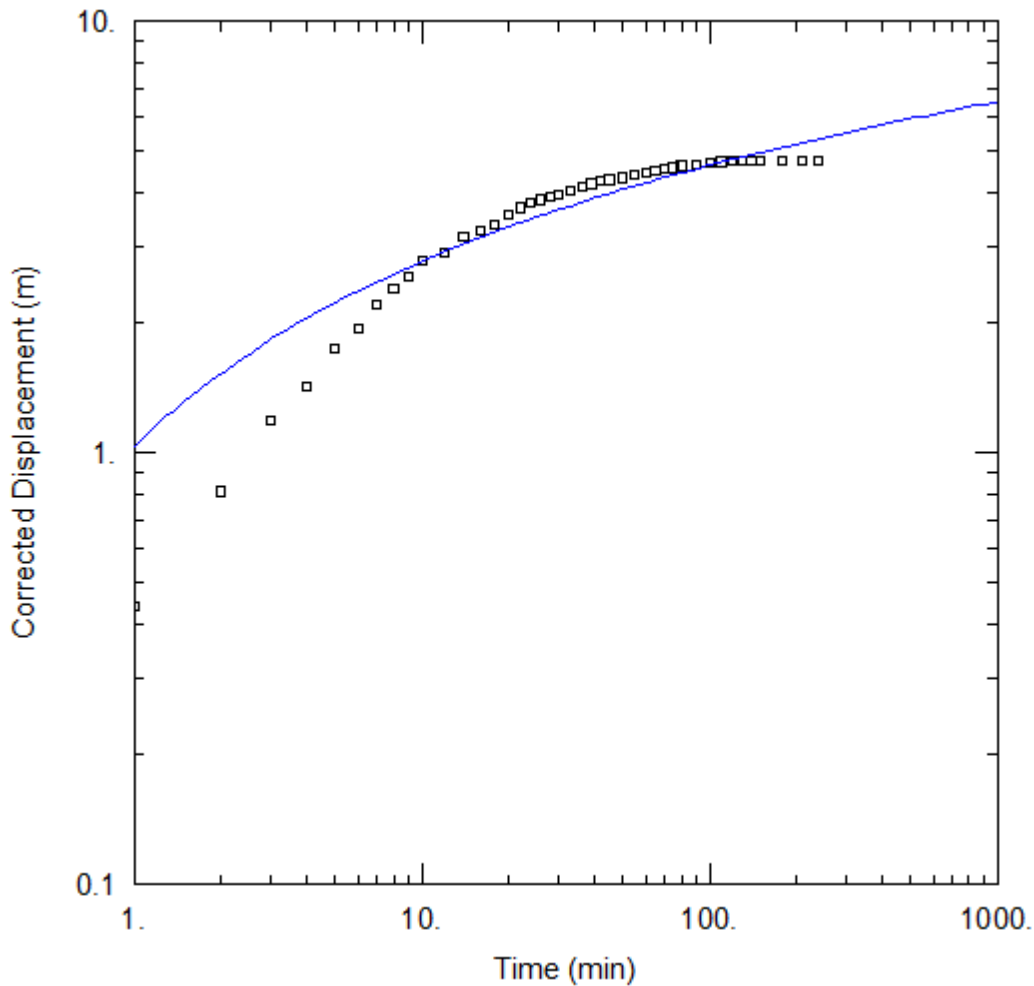
Solution Method: Theis

T = 93.48 m²/day

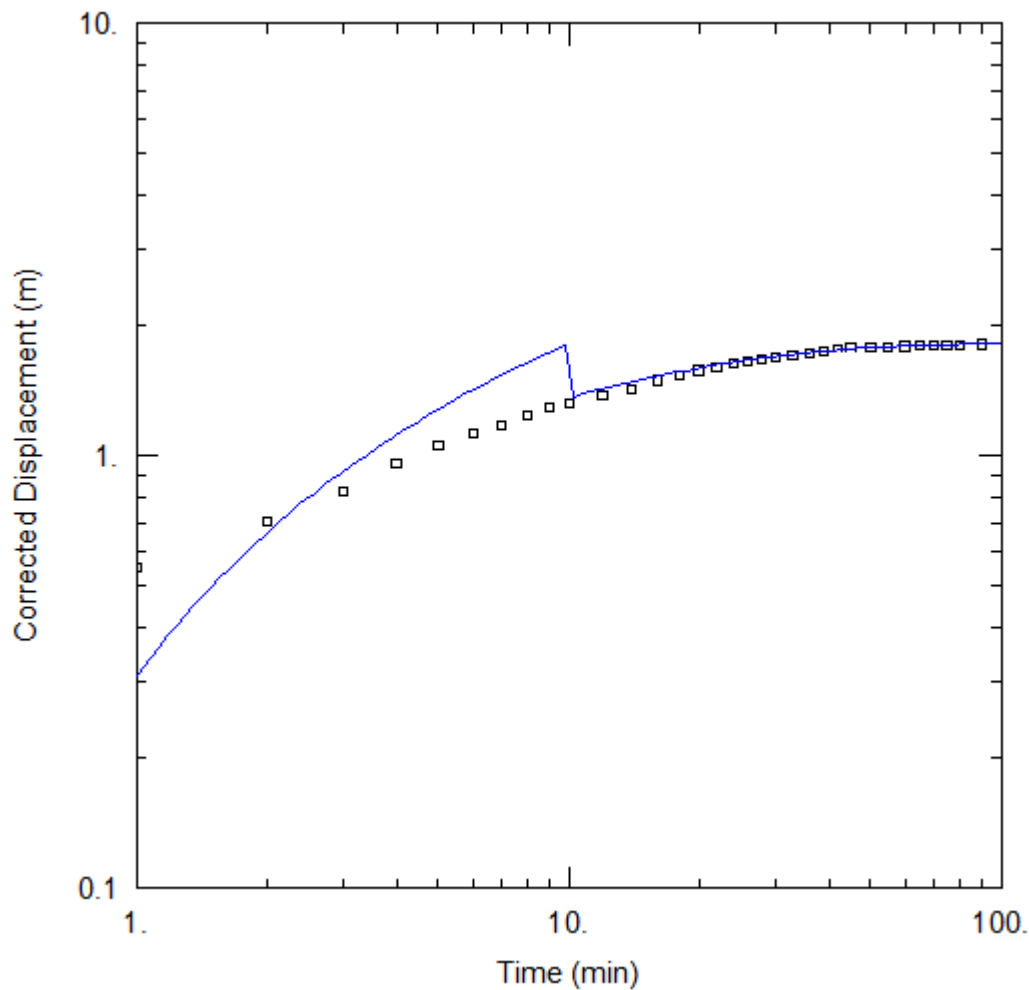
S = 0.3681

Kz/Kr = 1.

b = 3.45 m



WELL TEST ANALYSIS					
Data Set:			Time: 17:51:48		
Date: 11/27/24					
PROJECT INFORMATION					
Client: Hidro Valle					
Project: <u>EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDR.</u>					
Location: <u>Dist. San Salvador-Asno Cancha</u>					
Test Well: <u>POZO 09</u>					
Test Date: <u>16/07/2024</u>					
WELL DATA					
Pumping Wells			Observation Wells		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
P_09	198622	8507243	P_09	198622	8507243
SOLUTION					
Aquifer Model: <u>Unconfined</u>			Solution Method: <u>Theis</u>		
T = <u>46.43</u> m ² /day			S = 1.046		
Kz/Kr = <u>1.</u>			b = <u>13.75</u> m		



WELL TEST ANALYSIS

Data Set:

Date: 11/27/24

Time: 18:35:03

PROJECT INFORMATION

Client: Restaurante la Mestiza

Project: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDR.

Location: Dist. San Salvador-Hatumpampa

Test Well: POZO 10

Test Date: 13/07/2024

WELL DATA

Pumping Wells			Observation Wells		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
P_10	199510	8506044	□ P_10	199510	8506044

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined

Solution Method: Theis

$T = 20.17 \text{ m}^2/\text{day}$

$S = 1.728$

$Kz/Kr = 1.$

$b = 3.63 \text{ m}$