

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Análisis de Disponibilidad Hídrica Subterránea y la Calidad
de Agua Potable en el Centro poblado de Jasana Grande –
Distrito de Samán 2024**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Americo Portillo Chuquimamani

Asesor:

Mg. Fritz Willy Mamani Apaza

Juliaca, febrero de 2026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Mg. Fritz Willy Mamani Apaza, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA SUBTERRANEA Y LA CALIDAD DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JASANA GRANDE – DISTRITO DE SAMAN 2024”** del autor Americo Portillo Chuquimamani tiene un índice de similitud de 13% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 24 días del mes de junio del año 2026.



Mg. Fritz Willy Mamani Apaza
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 19 día(s) del mes de febrero del año 2026, las 9:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección de:

(de la) presidente(a) Mtro. Leonel Chahuares Pacori el (la) secretario(a) Msc. Eder Mamani Shambi y los demás miembros Dr. Jose Pacori Pacori y el (la) asesor(a) Mg. Fritz Willy Mamani Apaya

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado

Análisis de Disponibilidad Hídrica Subterránea y la Calidad de Agua Potable en el Centro poblado de Jazana Grande Distrito de Samín 2024

del(los) bachiller(es): a) Americo Portillo Chuyimamani

b)

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Americo Portillo Chuyimamani

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente/a
[Firma]
Asesor/a
[Firma]
Bachiller (a)

[Firma]
Miembro
[Firma]
Bachiller (b)

[Firma]
Secretario/a
[Firma]
Miembro
[Firma]
Bachiller (c)

**Análisis de Disponibilidad Hídrica Subterránea y la Calidad de Agua
Potable en el Centro poblado de Jasana Grande Distrito de Samán 2024
Analysis of Groundwater Availability and Drinking Water Quality in the
Jasana Grande Settlement, Samán District, 2024**

Resumen: Acceder a agua potable fidedigna es un reto recurrente en comunidades rurales alto andinas, donde los recursos hídricos subterráneos representan la principal fuente de abastecimiento. La finalidad de este estudio fue determinar la disponibilidad hídrica subterránea y el estándar del agua ecológico en el área principal poblado de Jasana Grande, distrito de Samán, provincia de Azángaro, Puno. Fue utilizado un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y de metodología aplicada nivel explicativo, con una población de 360 habitantes y una muestra de 90 familias beneficiarias. Se realizaron 11 sondeos geoelectrónicos verticales y un inventario de pozos y manantiales; los parámetros hidrogeológicos clave (la transmisividad, el coeficiente de almacenamiento y la conductividad hidráulica) se estimaron mediante interpretación de resistividades y ley de Darcy. Asimismo, se proyectó la demanda poblacional considerando una tasa de crecimiento anual de 0,00% y una dotación de 80 L/hab-día conforme a la R.M. N.º 192-2018-VIVIENDA, obteniendo valores de 0,46 L/s (2025) y 0,46 L/s (2045). Los resultados identificaron al horizonte H2 como la unidad acuífera más favorable, con espesores efectivos de hasta 18,9 m y caudales explotables de 0,6–0,8 L/s, suficientes para cubrir la demanda actual y futura. Sin embargo, el análisis fisicoquímico y microbiológico reveló arsénico (0,0242 mg/L) y coliformes completas, fecales y E. coli superando los límites establecidos del D.S. N.º 004-2017-MINAM (Subcategoría A), clasificando al agua como no apta para consumo directo. Se concluye que el recurso subterráneo es suficiente en cantidad, pero requiere la implementación de una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) que elimina el arsénico y desinfección avanzada. Los hallazgos evidencian la necesidad de integrar estudios hidrogeológicos con planes de saneamiento rural para garantizar la sostenibilidad hídrica en cantidad y calidad.

Palabras clave: agua potable, acuífero, disponibilidad hídrica, hidrogeología, saneamiento rural

Abstract

Access to reliable drinking water is a recurring challenge in high Andean rural communities, where groundwater resources represent the main source of supply. The purpose of this study was to determine the availability of groundwater and the ecological water standard in the main populated area of Jasana Grande, Samán district, Azángaro province, Puno. A quantitative

approach was used, with a non-experimental design and an applied methodology at the explanatory level, with a population of 360 inhabitants and a sample of 90 beneficiary families. Eleven vertical geoelectric soundings were carried out, along with an inventory of wells and springs. Key hydrogeological parameters (transmissivity, storage coefficient, and hydraulic conductivity) were estimated through resistivity interpretation and Darcy's law. Population demand was projected considering an annual growth rate of 0.00% and a water allocation of 80 L/person-day, in accordance with Ministerial Resolution No. 100. No. 192-2018-VIVIENDA, obtaining values of 0.46 L/s (2025) and 0.46 L/s (2045). The results identified the H2 horizon as the most favorable aquifer unit, with effective thicknesses of up to 18.9 m and exploitable flow rates of 0.6–0.8 L/s, sufficient to cover current and future demand. However, the physicochemical and microbiological analysis revealed arsenic (0.0242 mg/L) and complete coliforms, fecal coliforms, and *E. coli* exceeding the limits established by Supreme Decree No. 004-2017-MINAM (Subcategory A), classifying the water as unsuitable for direct consumption. It is concluded that the groundwater resource is sufficient in quantity, but requires the implementation of a drinking water treatment plant (DWTP) that removes arsenic and provides advanced disinfection. The findings highlight the need to integrate hydrogeological studies with rural sanitation plans to guarantee water sustainability in quantity and quality.

Key words: Keywords: aquifer, drinking water, groundwater availability, hydrogeology, rural sanitation.

1. Introducción

Es de gran importancia preservar y emplear de manera eficaz los recursos hídricos subterráneos, debido a que en las naciones en vías de desarrollo representan la única fuente de agua biológico. Sin embargo, la disponibilidad de agua va en sentido contrario; o sea, que la oferta baja a medida que aumenta la demanda. Las características que determinan la disponibilidad del recurso natural existente están vinculadas con sus propiedades químicas, bacteriológicas y físicas. Del recurso existente están vinculadas con sus propiedades químicas, bacteriológicas y físicas.

Importancia de analizar las relaciones entre los diferentes parámetros del agua subterránea formular tácticas de gestión que garanticen su excelencia y alcance. a largo plazo es resaltada por estos retos (Benam et al., 2025). donde la pureza del agua terrestre está principalmente influenciada debido a factores del entorno, como la recarga del acuífero y la geología. embargo, las acciones humanas, sobre todo la agricultura intensiva, tienen también un impacto importante (Mohammed et al., 2025). embargo, las acciones humanas, sobre todo la agricultura intensiva, tienen también un impacto importante (Mohammed et al., 2025).

La contaminación de los suministros de agua y la contaminación se agravan notablemente debido al incremento poblacional, a la modernización y a la explotación excesiva, el vertido excesivo de desechos, el tratamiento ineficaz de las aguas residuales y otras actividades realizadas por seres humanos. sea complicado asegurar un suministro y una provisión de agua limpia, sin impurezas, para ser consumida por la población. un problema que se da en zonas urbanas y rurales (Brousett

et al., 2018; Cortez et al., 2019). un problema que se da en zonas urbanas y rurales (Brousett et al., 2018; Cortez et al., 2019).

Siguiendo esta línea, la pesquisa fue realizada en el asentamiento de Jasana, situado en la provincia de Azángaro, región Puno, Perú. Se caracteriza por la presencia de ciudades enfocadas en actividades agrícolas, siendo la ganadería la más destacada. Estas necesitan un suministro básico de agua potable y una eliminación rápida de secreciones debido a que presentan deficiencias en los sistemas públicos esenciales, como son el drenaje, el agua potable y las instalaciones de tratamiento. Esto lleva a los habitantes a consumir agua directamente y, en algunas ocasiones, también de pozos artesanales; Por lo tanto, es crucial determinar la disponibilidad y las condiciones del agua subterránea.

2. Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el centro poblado de Jasana Grande, que pertenece al distrito de Samán y está situado en la provincia de Azángaro, en el departamento de Puno. El sector de intervención está situado en la ribera del Ramis, a una altura que va desde los 3825 hasta los 3831 metros sobre el nivel del mar, y sus límites están marcados por las coordenadas UTM E 387000–388500 y N 8303500–8305000. La región tiene rasgos fisiográficos típicos del altiplano de Puno, con terrenos de procedencia aluvial y depósitos coluviales recientes, lo cual influye en la infiltración y el funcionamiento de los acuíferos locales. La localización geográfica del área de estudio se ilustra en la Figura 1.



Figura 1. Ubicación del Área de Estudio

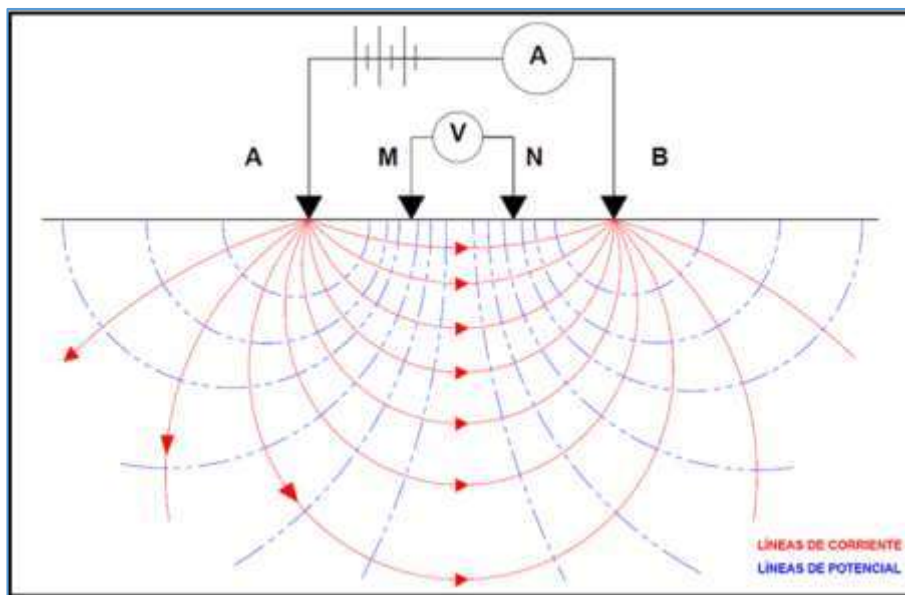


Figura 2. Esquema básico sondaje electro vertical

Se llevaron a cabo sondeos geoelectricos verticales (SGV) en la zona de Jasana Grande para describir el subsuelo, un método de prospección indirecta que se usa con frecuencia en investigaciones hidrogeológicas. Se utiliza el Instrumento simétrico con múltiples electrodos, de acuerdo con la configuración estandarizada a nivel internacional para este tipo de investigaciones. El levantamiento geofísico inclusión 11 perforaciones, repartidas en las zonas de Ampicha Killurumi, Ampicha Carpipampa, Ampicha Chuspicocha y terrenos agrícolas cercanos. Se georreferenciación cada encuesta usando coordenadas UTM (Datum WGS 84, Zona 19 L) y elevaciones.

Se utilizó un terrámmetro digital y sus accesorios adicionales (cables, electrodos y unidad de registro) para llevar a cabo el trabajo de campo, lo que posibilitó que se obtuvieran los índices de resistividad aparente en distintas profundidades de estudio. Las curvas de sondeo y los perfiles geoelectricos se construyeron con estos registros, que fueron utilizados como fundamento para la interpretación hidrogeológica y el reconocimiento de los horizontes acuíferos potenciales en el área estudiada

Se realizó un inventario de los orígenes hídricos subterráneas y superficial presentes en la zona analizada, teniendo en cuenta los pozos rústicos y los manantiales representativos. Se utiliza la Medición directa para registrar el caudal de aprovechamiento, la altitud y la ubicación geográfica de cada punto. Esta La información fue estructurada para ser analizada y comparada más adelante con los criterios de estado del agua y hidrogeológicos que se obtuvieron en la investigación.

Se utilizarán métodos indirectos, basados en sondas geoelectricas verticales, para establecer las propiedades hidráulicas del acuífero. La conductividad hidráulica (K), la transmisividad (T) y el

coeficiente de almacenamiento (S) se calcularon a partir de las curvas de resistividad. Estos son parámetros que permiten determinar la capacidad de transmisión y almacenamiento del agua subterránea. La ley de Darcy fue utilizada al principio para calcular los caudales potenciales que se pueden explotar, tomando en cuenta la forma geométrica de los horizontes permeables que fueron identificados en los perfiles geoelectricos. Estos valores se emplearon como insumo de referencia para el diseño inicial de la captación subterránea.

Con el fin de valorar la idoneidad del recurso, se llevó a cabo la toma de muestras, agua subterránea en los lugares representativos del lugar objeto de medida. Se utilizaron métodos apropiados para recoger, conservar y transportar las muestras hasta el laboratorio correspondiente a su análisis. Se examinaron criterios microbiológicos (por ejemplo, coliformes intestinales, *Escherichia coli*, bacterias heterótrofas y coliformes totales) y físico-químicos (entre los que se incluyen el manganeso y el arsénico). La interpretación de los análisis se realizó considerando los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, establecidos en la subcategoría A del DS N.º 004-2017-MINAM, que se refiere a las aguas empleadas para producir agua potable. Asimismo, se incorporó a los Límites Máximos Permisibles (LMP) fijados en el DS N.º 031-2010-SA referente a el agua con la que se abastece a la humanidad.

3. Resultados

Sondeos geoelectricos verticales: ubicación y distribución.

La zona de Jasana Grande, se llevó a cabo una vez sondeos geoelectricos verticales (SGV) para determinar la estratigrafía eléctrica del subsuelo e identificar los horizontes con potencial hidrogeológico. georreferenciado en la estructura de referencias UTM WGS-84, Zona 19L. También se registró la cota altitudinal correspondiente, que varió entre 3824 y 3831 mts sobre el nivel del mar puntos de prospección se repartieron en áreas estratégicas como Ampicha Chuspicocha, Ampicha Killurumi, Carpipampa y terrenos agrícolas cercanos, lo cual posibilitó una representación representativa de las distintas unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio.

La Tabla 1 muestra esta información, que sirve como fundamento para el análisis geoelectrico subsiguiente. **Tabla 1.** Coordenadas de ubicación de los sondeos geoelectricos verticales

Nº SVG	COORDENADAS		COTA	LOCALIZACIÓN
	NORTE	ESTE	m.s.n.m.	
01	8304263	387520	3825	Terreno de Donato Apaza caira Vaso de la Laguna seca Ampicha
02	8304389	387419	3824	Chuspicocha
03	8304195	387387	3825	Area Ampicha Chuspicocha
04	8304339	387573	3826	Area Ampicha Chuspicocha
05	8304504	387641	3825	Area Ampicha Chuspicocha
06	8304660	387915	3826	Area Ampicha Killuruni
07	8304465	387711	3828	Terreno de Alfredo apaza
08	8303965	387340	3830	Terreno limite Caminaca

N° SVG	COORDENADAS		COTA	LOCALIZACIÓN
	NORTE	ESTE	m.s.n.m.	
09	8303803	387457	3830	Terreno Ampicha Carpipampa
10	8304073	387638	3830	Terreno de cultivo
11	8304282	387726	3829	Terreno Hector Apaza

La distribución de los once sondeos posibilitó la creación de transectos transversales y longitudinales en relación con el área deseada. El sector Ampicha Chuspicocha (SGV 02, 03, 04 y 05) fue el que más concentró los depósitos aluviales con relevancia hidrogeológica. Mientras los SGV 06 y 07 se encontraron en Killurumi, los SGV 08 y 09 se ubican cerca de las fronteras con Carpipampa y Caminaca, lo que posibilitó comparar la variación espacial de los materiales. Para, En conclusión, los SGV 10 y 11 se ubicaron en zonas de cultivo, lo que permitirá correlacionar las propiedades geoeléctricas del subsuelo con el potencial de uso del recurso hídrico en terrenos agrícolas.

Interpretación geoeléctrica

El análisis de los once sondeos geoeléctricos verticales permitió identificar la presencia de cuatro horizontes geoeléctricos principales (H1, H2, H3 y H4), diferenciados por sus rangos de resistividad y espesores característicos. Esta estratificación refleja la alternancia de materiales con distinta la habilidad de almacenar y filtrar agua subterránea, la cual es fundamental para establecer las áreas hidrogeológicas de interés en el área de Jasana Grande.

Los valores de resistividad aparente se asociaron a materiales de distinta naturaleza:

- H1 corresponde a depósitos superficiales poco consolidados, de baja resistividad y reducido espesor.
- H2 presenta valores intermedios, vinculados a materiales arenosos y gravo-arenosos con mayor permeabilidad, que representan los horizontes de mayor potencial acuífero.
- H3 está conformado por depósitos arcillosos y limosos de alta resistividad relativa, que actúan como niveles semiconfinantes.
- H4 corresponde a la base del perfil, compuesta por formaciones rocosas o materiales de muy baja permeabilidad, que constituyen el basamento hidrogeológico.

Los perfiles geoeléctricos, que se construyeron con base en los registros de campo, se muestran en la Figura 2, y los valores promedio de resistividades y espesores cuantitativos que se obtuvieron al realizar la interpretación están en la Tabla 2.

Tabla 2. Resistividades y espesores interpretados para los horizontes geoelectricos en Jasana Grande

SGV	H1		H2		H3	
	R1	E1	R2	E2	R3	E3
01	480	3	9.6	16.8	21	
02	7.2	1.5	11	17.5	4.6	49.8
03	16	2	13	20.1	5.5	
04	19	1.9	74	3.6	14	22.9
05	496	2.9	992	3.1	12	
06	44	3.8	13			
07	121	2.4	302	10.2	72	7.6
08	30	2.8	120	6.7	31	11.4
09	5.8	2.2	55	18.9	8.5	
10	7.8	2	23	25.1	8.4	
11	49	1.7	15	38.2	12	

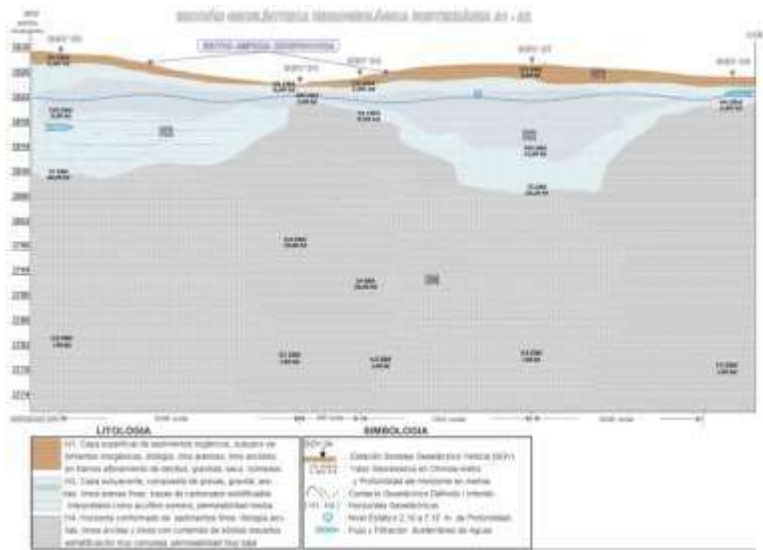


Figura 3. Sección A1-A2 Hidrogeológico Jasana Grande



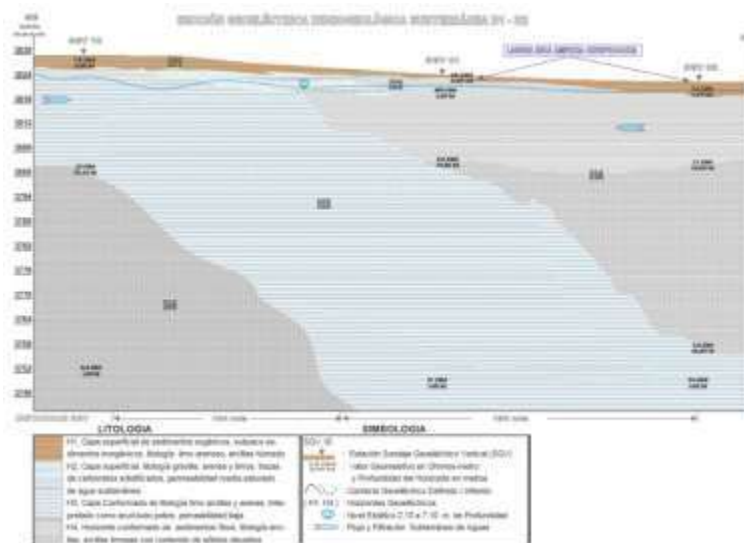


Figura 6. Sección D1-D2 Hidrogeológico Jasana Grande

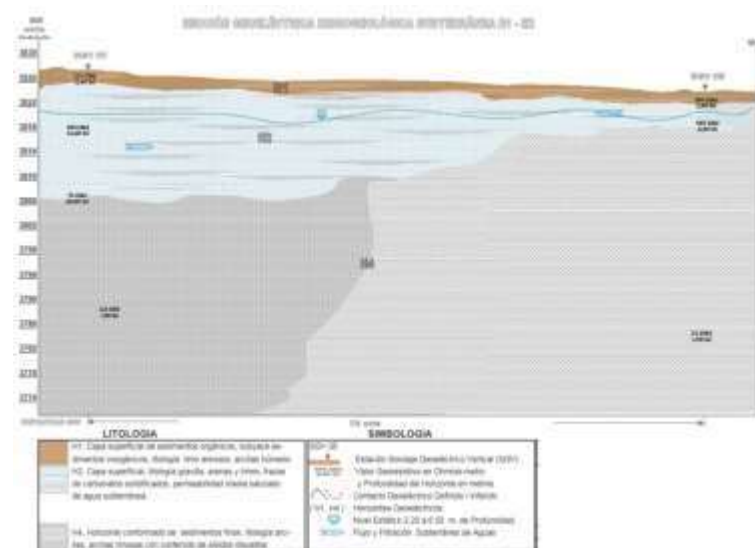


Figura 7. Sección E1-E2 Hidrogeológico Jasana Grande





Fotografías 1. Testimonio fotográfico de sondajes verticales en lugar de investigación

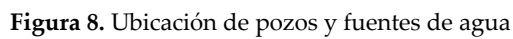
Secciones geoeléctricas hidrogeológicas

En el área de Jasana Grande, se logró correlacionar los once sondeos verticales y determinar la continuidad lateral de los horizontes H1, H2, H3 y H4 gracias a la creación de las secciones geoeléctricas. Las secciones transversales y longitudinales ilustran claramente cómo están dispuestas las unidades más relevantes desde el punto de vista hidrogeológico, así como los niveles restrictivos que regulan la dinámica subterránea. En todas las partes, se identificó un horizonte superficial (H1) de poca profundidad, formado por depósitos aluviales y coluviales cuaternarios. Su baja resistividad está asociada con suelos de arcilla y limo-arenosos saturados. El horizonte H2, que se encuentra por debajo de este nivel y tiene una mayor extensión lateral y resistividades intermedias, se interpreta como arenas y gravas con permeabilidad media a alta. Este horizonte es el acuífero más importante del área, con espesores que superan los 20 m en zonas como Ampicha Chuspicocha y Killurumi. Por otro lado, los horizontes H3 y H4 tienen condiciones hidrogeológicas menos óptimas. H3 se vincula a depósitos de limos y arcillas, funcionando como una capa con baja transmisividad que restringe el flujo vertical. Por último, H4 se refiere al basamento hidrogeológico, que es el nivel de arcillas densas y formaciones rocosas fracturadas con permeabilidad muy baja. Este nivel establece el límite inferior del sistema acuífero. La relación entre las secciones de los sondeos muestra que el horizonte H2 tiene continuidad lateral en la mayoría del área de estudio, lo que justifica su elección como unidad objetivo para la perforación futura del pozo tubular planeado. La interpretación geoeléctrica muestra que el horizonte H2 tiene las condiciones más propicias para extraer agua subterránea, ya que exhibe espesores importantes y resistividades acordes con materiales altamente permeables. Por del otro lado, los horizontes H3 y H4 están relacionados con materiales de menor capacidad de transmisión, cumpliendo funciones de confinantes y base del sistema respectivamente.

Inventario de pozos y manantiales

Inventario de las fuentes de agua subterránea y manantiales presentes en la zona de estudio fue parte del método de recolección de datos. Se registraron los caudales de aprovechamiento que se

14



Nº SVG	CORDENADAS		caudal (l/s)
	NORTE	ESTE	
01	8304263	387520	0.0061
02	8304389	387419	0.0059
03	8304195	387387	0.006
04	8304339	387573	0.0061
05	8304504	387641	0.0072
06	8304660	387915	0.0074
07	8304465	387711	0.0071
08	8303965	387340	0.4600
09	8303803	387457	0.190
10	8304073	387638	0.0074
11	8304282	387726	0.0074

El cuadro 3 muestra claramente la localización de los pozos piezométricos definitivos. La opción 1 es el pozo número 8, cuyo caudal es de 0,46 l/s; el pozo número 9, que tiene un caudal de 0,190 l/s. es la alternativa 2. La eficiencia del caudal en cada uno de estos pozos es apenas recomendable.

Tabla 4. Poblacion, Taza de Crecimiento Futura y Caudal de Dotacion

LOCALIDAD	ZONA	TIPO	Nº FAMILIAS	POBLACION (Hab.)	TAZA DE CRECIMIENTO (Hab/Año)	PERIODO DEL PROYECTO (Años)	POBLACION FUTURA (Hab)	DOTACION (L/Hab/día)
C.P. Jasana Grande	2	Rural	90	360	0.00%	20	360	80

Por último, se calcularán los volúmenes de aguas subterráneas de las capas de acuíferos y acoclados presentes en el H2 utilizando la fórmula matemática de la ley de Darcy. Esto generará caudales de bombeo en los pozos tubulares proyectados que superen 0,60 l/s en el pozo destinado para la captación (P1). La demanda anual de agua para P1, que tiene un carácter rural y una duración de 20 años, se espera que la población de 360 habitantes, con una tasa de crecimiento del 0.00%, permanezca igual. y se estima que alcanzará a 360 habitantes en el futuro, requiriendo cada uno 80 l/hab/día; por lo tanto, equivaldría a 12.613 m3.

Tabla 5. Demanda de Agua

DESCRIPCION	UND	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
Dias del Mes	Dias	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	M3
Demanda C.P. Jasana Grande	Lts/seg	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	
Demanda Requerido	m3/mes	1,037	1,071	1,037	1,071	1,071	968	1,071	1,037	1,071	1,037	1,071	1,071	12,613

En la tabla 5, se muestra que el requerimiento hídrico para el P1 o caudal de demanda necesario para una población de 360 habitantes es de 0,33 l/seg y que la demanda requerida cada año sería de 12.613 m3; no obstante, el caudal de pozo (P1) es de 0,460 l/seg. Si la oferta de agua es superior a la demanda, se llevará a cabo un único pozo para abastecer a la población con agua.

Tabla 6. Calculo de demanda de agua en el Centro Poblado Jasana Grande

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE SISTEMA INTEGRAL																				
AÑO	P	BLACION	COBERTURA (%)		POBLACION SERVIDA (hab)	VIVIENDAS SERVIDAS (unidades)	TIPO DE CONEXIONES				CONSUMO DE AGUA (l/día)				DEMANDA AGUA					Volumen de Regulación (m3)
			CONEX.	OTROS MEDIOS (%)			CONEXIONES DOMESTICO	CONEXIONES ESTATALES	CONEXIONES SOCIALES	TOTAL CONEXIONES	CONSUMO DOMESTICO	CONSUMO ESTATAL	CONSUMO SOCIAL	CONSUMO TOTAL CONECTADO	Qp (l/s)	Qp (m³/s)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)	Qunit (l/s)	
2,024	0	360	100.00%	0.00%	360	90	90	1	2	93	36,000	1,650	1,800	39,450	0.46	14,507	0.60	0.83	0.0089	9.94
2,025	1	363	100.00%	0.00%	363	91	91	2	4	97	36,300	3,300	3,600	43,200	0.50	15,768	0.65	0.90	0.0093	10.80
2,026	2	367	100.00%	0.00%	367	92	92	2	4	98	36,700	3,300	3,600	43,600	0.50	15,768	0.65	0.90	0.0092	10.80
2,027	3	370	100.00%	0.00%	370	93	93	2	4	99	37,000	3,300	3,600	43,900	0.51	16,083	0.66	0.92	0.0093	11.02
2,028	4	373	100.00%	0.00%	373	93	93	2	4	99	37,300	3,300	3,600	44,200	0.51	16,083	0.66	0.92	0.0092	11.02
2,029	5	377	100.00%	0.00%	377	94	94	2	4	100	37,700	3,300	3,600	44,600	0.52	16,399	0.68	0.94	0.0093	11.23
2,030	6	380	100.00%	0.00%	380	95	95	2	4	101	38,000	3,300	3,600	44,900	0.52	16,399	0.68	0.94	0.0093	11.23
2,031	7	384	100.00%	0.00%	384	96	96	2	4	102	38,400	3,300	3,600	45,300	0.52	16,399	0.68	0.94	0.0092	11.23
2,032	8	387	100.00%	0.00%	387	97	97	2	4	103	38,700	3,300	3,600	45,600	0.53	16,714	0.69	0.95	0.0093	11.45
2,033	9	391	100.00%	0.00%	391	98	98	2	4	104	39,100	3,300	3,600	46,000	0.53	16,714	0.69	0.95	0.0092	11.45
2,034	10	394	100.00%	0.00%	394	99	99	4	7	110	39,400	6,600	6,300	52,300	0.61	19,237	0.79	1.10	0.0100	13.18
2,035	11	398	100.00%	0.00%	398	100	100	4	7	111	39,800	6,600	6,300	52,700	0.61	19,237	0.79	1.10	0.0099	13.18
2,036	12	401	100.00%	0.00%	401	100	100	4	7	111	40,100	6,600	6,300	53,000	0.61	19,237	0.79	1.10	0.0099	13.18
2,037	13	405	100.00%	0.00%	405	101	101	4	7	112	40,500	6,600	6,300	53,400	0.62	19,552	0.81	1.12	0.0099	13.39
2,038	14	409	100.00%	0.00%	409	102	102	4	7	113	40,900	6,600	6,300	53,800	0.62	19,552	0.81	1.12	0.0099	13.39
2,039	15	412	100.00%	0.00%	412	103	103	4	7	114	41,200	6,600	6,300	54,100	0.63	19,868	0.82	1.13	0.0099	13.61
2,040	16	416	100.00%	0.00%	416	104	104	4	7	115	41,600	6,600	6,300	54,500	0.63	19,868	0.82	1.13	0.0099	13.61
2,041	17	420	100.00%	0.00%	420	105	105	4	7	116	42,000	6,600	6,300	54,900	0.64	20,183	0.83	1.15	0.0099	13.82
2,042	18	424	100.00%	0.00%	424	106	106	4	7	117	42,400	6,600	6,300	55,300	0.64	20,183	0.83	1.15	0.0098	13.82
2,043	19	428	100.00%	0.00%	428	107	107	4	7	118	42,800	6,600	6,300	55,700	0.64	20,183	0.83	1.15	0.0098	13.82
2,044	20	432	100.00%	0.00%	432	108	108	4	7	119	43,200	6,600	6,300	56,100	0.65	20,498	0.85	1.17	0.0098	14.04

Demanda de agua poblacional

Determinar si la oferta de agua subterránea es suficiente, es esencial calcular la demanda de agua. Grande, la población actual es de 360 personas y se calcula que el ritmo de aumento por año es 0,00%. Por lo tanto, el número de habitantes se mantendrá en 360 durante los próximos 20 años. Según los hallazgos de la exploración geofísica hidrogeológica, revisados y replanteados en zonas directas de la localidad, se ha determinado el sitio de captación a través de un pozo perforado. En estos lugares de captación, se hará uso y explotación del recurso subterráneo proveniente de las capas del horizonte geoelectrico H2. Se alcanzarán caudales de bombeo superiores a 0.46 lts/seg.

El ritmo del flujo de agua subterránea, que pasa por medio de acuíferos, acuíclados y acuitardos, es directamente proporcional a la recarga hidráulica subterránea y tiene una relación inversa con la distancia recorrida hasta el punto de captación.

Según la RM N.º 192-2018-VIVIENDA, se debe tener en cuenta que las poblaciones rurales deben recibir entre 80 y 100 litros por persona al día. Con el objetivo de garantizar un cálculo conservador que asegure el suministro, para esta investigación se desarrolla el valor de 100 L/hab/día.

Tabla 7. Oferta y Demanda de agua en Jasana Grande (actual y proyectada)

Horizonte	Población (hab)	Dotación (L/hab-día)	Demanda diaria (m³/día)	Demanda (L/s)
Oferta	360	80	39,74	0,46
Actual (2024)	360	80	28,51	0,33
Proyectado (2044)	360	80	28,51	0,33

Los hallazgos indican que la demanda en el presente es de 0,40 L/s, y que se mantendrá en ese nivel durante los próximos 20 años. Al Comparando estos valores con la oferta subterránea del horizonte H2, que muestra caudales explotables de entre 0,6 y 0,8 L/s en las áreas de mayor grosor (B1-B2 y C1-C2), se verifica que el recurso subterráneo es adecuado para cubrir la solicitud presente, así como futura de la población.

Parámetros hidrogeológicos

La cotización de los once SGV en las secciones geoelectricas posibilitó la identificación del horizonte H2 como el más interesante para captación, ya que cuenta con continuidad lateral y espesores efectivos más altos que los del resto de horizontes. En la Sección A1-A2, los rangos para H2 son de 0,90 a 3,00 m (SGV-01), 1,90 a 5,50 m (SGV-04), de 2,40 a 5,50 m (SGV-07), de 0,00 a 3,80 m (SGV-06) y de 2,80 a 20,90 m (SGV-08). Los espesores correspondientes son: respectivamente: 2,10m; 3,60m; 3,10 m; 3,80m y 18,10m. La sección B1-B2 de SGV-09 muestra un grosor de 18,90 metros para H2 (de 2,20 a 21,10 m); para SGV-10 Se documenta la presencia de H2 en la sección y se mantienen los límites consolidados en los anexos del estudio. En la Sección C1-C2, H2 llega a los 18,10 m (SGV-08: 2,80-20,90 m) y a los 18,90 m (SGV-09: 2,20-21,10 m). En la sección D1-D2, H2 tiene un grosor de 0,90 a 3,00 m (con una media de 2,10 m). Por último, en la Sección E1-E2, H2 muestra 3,10 m (SGV-05: 2,90-6,00 m) y 17,80 m (SGV-07: 2,40-20,20 m). Los

Los niveles estáticos que se han estimado o observado son consistentes con el régimen estacional y la geometría de H2: 2,10-7,10. m En A1-A2 (enero), la posición se estima en aproximadamente 6,80 m para el estiaje; de 6,50 a 7,10 m en B1-B2 (enero) y alrededor de 7,80 m para el estiaje; 7,10 m en C1-C2 (enero) y cerca de 8,20 m para el estiaje; 2,10 m en D1-D2 (enero) y alrededor de 8,20 m para el estiaje; entre 2,20 y 2,50 m en E1-E2 (enero) y aproximadamente a 6,50 m para el estiaje. La elección de H2 como unidad objetivo para el diseño de captación se basa en estos rangos. A partir de la caracterización hidrogeofísica del horizonte H2, se obtuvieron parámetros hidráulicos preliminares que son fundamentales para demostrar la disponibilidad de agua subterránea en Jasana Grande. Los sondeos indicaron que los espesores efectivos variaban entre 2,1 m (en la sección D1-D2) y 18,9 m (en las secciones B1-B2 y C1-C2), con un promedio general de 12,1 m. Se optaron según indicadores de flujo hidráulica (K) que oscilen entre 2,0 y 6,0 metros por día, que son compatibles con acuíferos aluviales del Cuaternario, teniendo en cuenta la litología (arenas y gravas con intercalaciones limosas) y las resistividades intermedias registradas. La transmisividad (T), que se obtiene a través de la fórmula $T=K \cdot b$, fluctuó entre 4,2 y 12,6 m²/día en las zonas menos gruesas y entre 37,8 y 113,4 m²/día en los sectores más desarrollados.

Se calculó la constante de guardado (S) se ubica entre 0,01 y 0,05, lo cual es un valor común para acuíferos exentos de sedimentos poco compactados. El caudal explotable fue calculado utilizando la ley de Darcy, con una estimación entre 0.6 y 0.8 L/s en las zonas más propicias (B1-B2 y C1-C2), lo que evidencia la factibilidad técnica de perforar un pozo tubular en esas áreas.

Tabla 8. Parámetros hidrogeológicos estimados en Jasana Grande

Seccion	Espesor HZ (m)	K adoptado (m/día)	T calculado (m ² /día)	S estimado	Caudal explotable (l/s)
A1-A2	6,1	2-4	12,2-24,4	0,01-0,05	0,20-0,35
B1-B2	18,9	3-6	56,7-113,4	0,01-0,05	0,60-0,80
C1-C2	18,5	3-6	55,5-111,0	0,01-0,05	0,60-0,80
D1-D2	2,1	2-3	4,2-6,3	0,01-0,05	≤0,10
E1-E2	10,5	2-5	21,0-52,5	0,01-0,05	0,30-0,50

Los hallazgos corroboran que el acuífero H2 es la unidad ideal para la captación subterránea, ya que posee rendimientos apropiados para proveer a las poblaciones rurales e incrementar el mecanismo de agua eficaz planeado. Por el contrario, los sectores con espesores pequeños (como D1-D2) presentan restricciones evidentes para la explotación.

Calidad del agua subterránea

El estudio fisicoquímico y microbiológico de la muestra de agua subterránea (captación en Ampicha – Jasana Grande) fue realizado en un laboratorio que cuenta con la acreditación del INACAL. Los hallazgos obtenidos se compararon con los límites Máximos Permisibles (LMP) del DS N.º 031-2010-SA y con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, subcategoría A, del DS N.º 004-2017-MINAM, que buscan la obtención de agua abastecida.

Tabla 9. Resultados de análisis de calidad de agua y comparación con normativa (pozo N° 1)

Parámetro	Resultado	Límite normativo	Cumple
Aluminio (Al)	0,029 mg/L	0,2 mg/L	Cumple
Arsénico (As)	0,0242 mg/L	0,01 mg/L	No cumple
Boro (B)	0,1290 mg/L	1,5 mg/L	Cumple
Bario (Ba)	0,03335 mg/L	0,7 mg/L	Cumple
Cadmio (Cd)	0,00011 mg/L	0,003 mg/L	Cumple
Cromo Total (Cr)	0,00039 mg/L	0,05 mg/L	Cumple
Cobre (Cu)	0,002 mg/L	2 mg/L	Cumple
Hierro (Fe)	0,245 mg/L	0,3 mg/L	Cumple
Mercurio (Hg)	0.00041 mg/L	0,001 mg/L	Cumple
Manganeso (Mn)	0,377 mg/L	0,4 mg/L	Cumple
Molibdeno (Mo)	0,00038 mg/L	0,07 mg/L	Cumple
Sodio (Na)	15,9 mg/L	200 mg/L	Cumple
Niquel (Ni)	0,00051 mg/L	0,02 mg/L	Cumple
Plomo (Pb)	0,0026 mg/L	0.01 mg/L	Cumple
Antimonio (Sb)	0,00049 mg/L	0,02 mg/L	Cumple
Selenio (Se)	0,002 mg/L	0,01 mg/L	Cumple
Zinc (Zn)	0,0031 mg/L	3 mg/L	Cumple
Uranio (U)	0,005 mg/L	0,015 mg/L	Cumple
Olor	Inodoro	Inofensivo	Cumple
Amoniaco	0,08 mg/L	1,5 mg/L	Cumple
Color	5 UCV escala pt Co	15 UCV escala pt Co	Cumple
C.E.	0,417 mS/cm	1,5 mS/cm	Cumple
pH	7,88	6,5–8,5	Cumple
Turbidez	4 FTU	5 FTU	Cumple
Cianuro (CN)	0,005 mg/L	0,07 mg/L	Cumple
Cloro (Cl ₂)	0,06 mg/L	5 mg/L	Cumple
Cloruros (Cl)	1,6 mg/L	250 mg/L	Cumple
Dureza Total	198,3 mg CaCO ₃ /L	500 mg CaCO ₃ /L	Cumple

Floururo (F)	0,17 mg/L	1 mg/L	Cumple
Nitratos (NO ₃)	0,32 mg/L	50 mg/L	Cumple
Nitratos (NO ₂)	0,024 mg/L	0,2 mg/L	Cumple
Sólidos totales disueltos	282 mg/L	1000 mg/L	Cumple
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	114,1 mg/L	250 mg/L	Cumple
Aceite y Grasas	0,32 mg/L	0,5 mg/L	Cumple
Bacterias Heterotraficas	1700 UFC/mL	500 UFC/mL	No Cumple
Bacterias Coliformes Totales	1600 UFC/100mL	0	No Cumple
a 35°C			
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	170 UFC/100mL	0	No Cumple
a 44.5°C			
Escheriche coli	7,8 UFC/100mL	0	No Cumple
a 44.5°C			
Huevos y Larvas de Helmintos patógenos	0 N°org/L	0	Cumple
Quistes y coquistes de protozoarios patógenos	0 N°org/L	0	Cumple
Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos	0 N°org/L	0	Cumple

La mayor parte de los parámetros medidos del agua subterránea tienen condiciones fisicoquímicas aceptables, incluyendo la dureza, las sustancias solubles, el pH, la resistencia y la materia sólida disueltos. No, sin embargo, se observan sobrepasos importantes en los parámetros microbiológicos y en el arsénico (0,0242 mg/L, más del doble de lo permitido), con el hecho de que exista coliformes fecales, coliformes totales y la bacteria E. coli. Esto clasifica al cauce de agua como no adecuada para ser utilizada directamente por los individuos sin ser sancionada.

Tabla 10. Resultados de análisis de calidad de agua y comparación con normativa (pozo N° 2)

Parámetro	Resultado	Límite normativo	Cumple
Arsénico (As)	0,0242 mg/L	0,01 mg/L	No Cumple
Coliformes Totales	1600 UFC/100mL	0	No cumple
Coliformes Termotolerantes	170 UFC/100mL	0	No Cumple
Bacterias Heterotróficas	1700 UFC/100mL	500 UFC/100mL	No Cumple
Escherichia - coli	7.8 UFC/100mL	0	No Cumple

En la tabla se muestra análisis de agua subterránea casi similar a los resultados del pozo número 1, por que la distancia es de 50 metros, por tal razón son semejantes en los parámetros de los resultados.

Tabla 11. Resultados de análisis de calidad de agua y comparación con normativa (pozo N° 3)

Parámetro	Resultado	Límite normativo	Cumple
Arsénico (As)	0,0215 mg/L	0,01 mg/L	No Cumple
Coliformes Totales	1500 UFC/100mL	0	No cumple
Coliformes Termotolerantes	110 UFC/100mL	0	No Cumple
Bacterias Heterotróficas	1500 UFC/100mL	500 UFC/100mL	No Cumple
Escherichia - coli	9.3 UFC/100mL	0	No Cumple

Resultados del pozo número 3 aparecen en la tabla 11. En este caso, los parámetros de esta evaluación de agua presentan ciertas diferencias importantes debido a que algunos de ellos tienen un porcentaje menor de materiales contaminantes.

Por lo tanto, para utilizar el recurso es necesario poner en marcha una planta de tratamiento (PTAP) que contenga procesos de eliminación del arsénico (intercambio iónico, adsorción o coagulación-filtración específica), así como filtración avanzada y desinfección, a fin de acatar las regulaciones del agua potable y garantizar la eliminación de contaminantes microbiológicos.

En los niveles de calidad ambiental para el agua y los resultados de los análisis de agua realizados dentro de la clínica, se muestran que el contenido de arsénico es superior a los parámetros establecidos por el decreto supremo. Esto significa que es necesario realizar un tratamiento del agua, ya que el arsénico excede los límites definidos en el DS N° 004-2017-MINAM. En otras palabras, es necesario depurar el agua para purificarla y hacerla adecuada para el consumo humano.

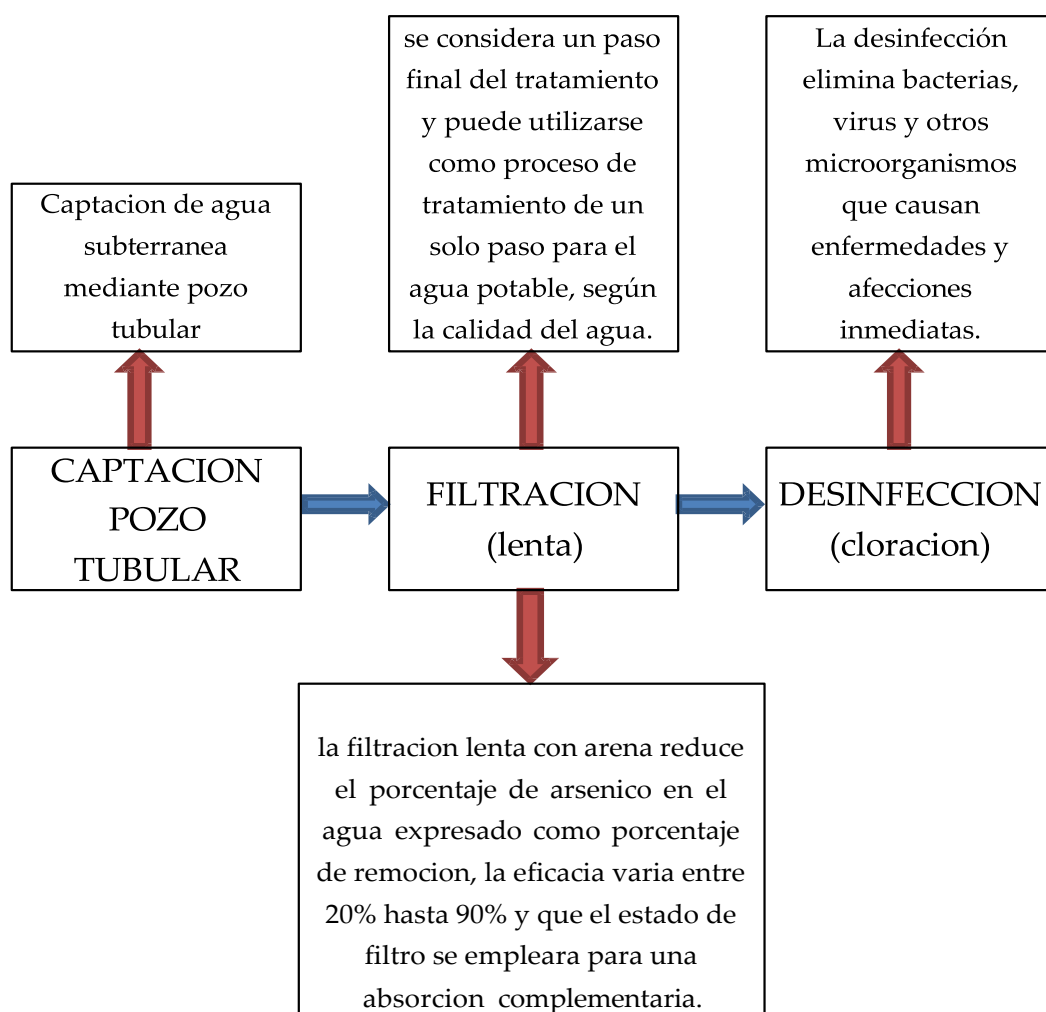


Figura 9. muestra un tratamiento de agua ya que el resultado del agua supera los parámetros microbiológicos

El diagrama de flujo del tratamiento del agua ilustra todo el procedimiento para disminuirla de manera efectiva y que así el agua sea potable. En cuanto a las "bacterias heterotróficas" y unidades, se emplea la cuenta de bacterias heterotróficas en placa (HPC) como indicador adicional del estado y la calidad microbiológica, así como del estado de los procesos de tratamiento y la red. No se emplea para coliformes totales y *E. coli* (que sí son criterios normativos para el consumo humano), pero sirve para identificar la multiplicación de microorganismos en las redes y analizar la efectividad de la desinfección.

Las unidades para líquido que se destina para el consumo de los seres humanos, los hallazgos microbiológicos que reportan en UFC/100mL, para datos por placa, y la expresión NMP/100mL (número más probable), se emplean en algunos laboratorios y para aguas residuales. No obstante, si el objetivo es potabilizar y cumplir con el DS N° 031-2010-SA, es necesario informar las medidas utilizando la unidad y el método establecidos por la normativa o el laboratorio. Para las HPC, se debe usar UFC/100 mL con un método de placa; para coliformes, puede usarse NMP/100 mL si este fue el método analítico; En este caso, el laboratorio optó por utilizarlo para coliformes.

Metodología de perforación del pozo

Para la exploratoria perforatoria del pozo, es necesario usar una máquina perforadora de tipo rotativa y brocas de corte tricono con un diámetro de entre 4 y 18 pulgadas hasta alcanzar los 40 metros de profundidad. Los tubos deben estar equipados con filtros y durante el proceso se tiene que realizar muestras y loqueos detallados, codificados correctamente para su análisis granulométrico. Esto permitirá añadir o reemplazar brocas y trépanos según la estratigrafía y litología atravesadas. Además, se deben emplear aditivos biodegradables a base de arcilla natural para preparar lodo con viscosidad y densidad reguladas mediante viscosímetro y densímetro, destinados a extraer sedimentos y detritus del interior del pozo.

La geodiagrafía del pozo requiere la implementación de trabajos especializados con equipos geofísicos. El propósito es identificar y definir los horizontes acuíferos o acuíclados y valorar la calidad del agua terrestre, utilizando un método directo y cualitativo. Según los resultados de los análisis hidrogeológicos y geofísicos de las áreas en cuestión, el flujo subterráneo se originaría en el paleo cauce romero; no hay conexión hidráulica entre este flujo subterráneo y el río Ramis. Además, los estudios hidrogeológicos realizados demuestran que las condiciones hidrogeológicas de los acuíferos superficiales son escasas en términos de espesor, con una calidad del agua muy crítica en la mitad de las áreas.

Análisis estadístico (Análisis, interpretación y explicación)

La evaluación inferencial señala que no existen diferencias numéricas significativas ($p > 0.05$) entre cada uno de pozos en ninguno de los parámetros examinados, lo cual sugiere una contaminación homogénea en el acuífero subterráneo. No sin embargo, las cifras de arsénico y parámetros microbiológicos (coliformes totales, coliformes fecales, E. coli y bacterias heterotróficas) sobrepasan con creces los límites fijados por el DS N° 004-2017-MINAM (ECA para suministro que se destina al consumo humano).

Se determina que el agua de los tres reservorios no es apta para ser consumida por seres humanos sin un tratamiento previo, por lo que se hace indispensable poner en marcha métodos de desinfección bacteriológica (como la filtración o la cloración con óxidos de hierro) y sistemas de eliminación del arsénico (por ejemplo, filtración o adsorción).

Tabla 12. Fiabilidad del instrumento de disponibilidad hídrica subterránea.

Parámetro	Promedio (u)	Desv. Est.	
		(σ)	CV(%)
Arsenico	0.0242	0.0003	1.24
Coliformes totales	1616.7	95.6	5.9
Coliformes fecales	166.7	4.9	2.9
E. coli	7.7	0.45	5.8
Bacterias heterotroficas	1680	52.9	3.2

En la tabla 10 se calcularán el coeficiente de variación (CV), la desviación estándar (σ) y los valores medios (μ). Los indicadores de variación son menores al diez por ciento. en cada uno de los parámetros, lo que señala que existe uniformidad entre los datos que se han recopilado en los tres pozos. Entre no hay diferencias numéricas notables. ellos.

Análisis estadístico t de Student

La fórmula es:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}}$$

donde:

- $\bar{x}$ = media muestral
- μ_0 = valor normativo (ECA)
- s = desviación estándar muestral
- n = número de pozos (3)

Tabla 13. Análisis Inferencial (t de Student)

Parámetro	Media (x)	Desv. Est. (s)	t (calculada)	t critica (gl=2, 0.05una cola=2.92)	p-valor	Decisión
Arsénico	0.0242	0.0003	84.3	2.92	<0.001	Rechazada Ho
Coliformes totales	1616.7	95.00	29.5	2.92	<0.001	Rechazada Ho
Coliformes fecales	166.7	4.9	59.0	2.92	<0.001	Rechazada Ho
E. coli	7.7	0.45	29.4	2.92	<0.001	Rechazada Ho
Bacterias heterotróficas	1680	52.9	39.0	2.92	<0.001	Rechazada Ho

a.- Planteamiento de la prueba de hipótesis para arsenico

Ho = hipótesis nula

H1 = hipótesis alterna

Ho: $\mu = 0.0242$

H1: $\mu < 0.0242$

b: Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$

c.- Se obtiene un valor de $t = 2.92$ a partir de la tabla de datos con cinco grados de libertad ($n-1$) y un nivel de seguridad del 95%.

Si el valor calculado de t se encuentra en el área sombreada, se acepta la hipótesis alterna y se niega la nula.

Si el valor de t que se ha contabilizado se encuentra en la zona no sombreada, se acepta la hipótesis nula y se descarta la alternativa.

usaremos una prueba t de una muestra con $n=3$ (los tres pozos)



Figura 10. muestra la prueba de hipótesis

Conforme a la figura 10, adoptamos la siguiente resolución. Dado que el valor de $t = 84.3$, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis H_1 ; en el área sombreada y es superior a $t = 2.92$.

b.- Planteamiento de la prueba de hipótesis para Coliformes Totales

$H_0: u = 1616.7$

$H_1: u < 1616.7$

b.- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$

c.- Se obtiene un valor de $t = 2.92$ a partir de la tabla de datos con cinco grados de libertad ($n-1$) y un nivel de certeza del 95%.

Si el valor contabilizado de t se encuentra dentro de la zona sombreada, se acepta la hipótesis alterna y se niega la nula.

Si el valor de t registrado está en la zona sin sombrear, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la opción.

usaremos una prueba t de una muestra con $n=3$ (los tres pozos)



Figura 11. muestra la prueba de hipótesis

Siguiendo lo que muestra la figura 11, tomamos la decisión siguiente: Dado que el valor de $t = 29.5$ es superior al de $t = 2.92$, se acepta H_1 y se excluye la hipótesis nula H_0 . y dentro del área sombreada.

c.- Planteamiento de la prueba de hipótesis para Coliformes Fecales

$H_0: \mu = 166.7$

$H_1: \mu < 166.7$

b.- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$

c.- Se obtiene un valor de $t = 2.92$ a partir de la gráfica estadística con cinco etapas de libertad ($n-1$) y un nivel de certeza del 95%.

Si el valor de t que se obtiene está en la zona oscurecida, se descarta la hipótesis nula y se aprueba la teoría alterna.

Si el índice de t que se ha calculado se encuentra en la zona no sombreada, se acepta la hipótesis nula y se descarta la alternativa

usaremos una prueba t de una muestra con $n=3$ (los tres pozos)

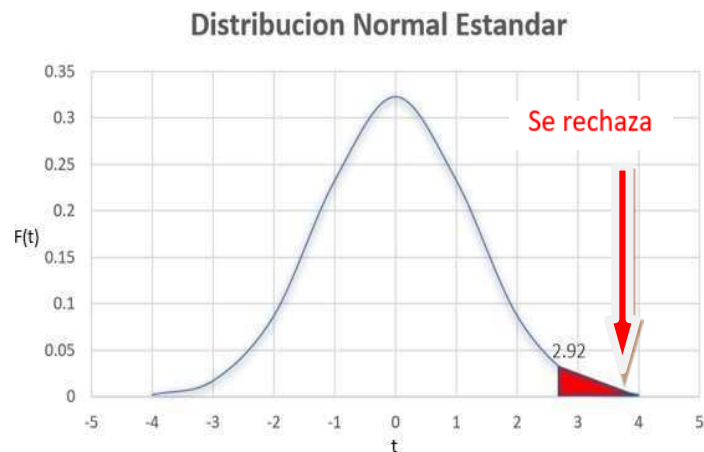


Figura 12. muestra la prueba de hipótesis

De acuerdo a la figura 12, la decisión que tomamos es la siguiente: se descarta la hipótesis nula H_0 y se acepta la H_1 , ya que el valor de $t = 59.0$ está en el interior de la región sombreada y supera a $t = 2.92$.

d.- Planteamiento de la prueba de hipótesis para E. Coli

$H_0: u = 7.7$

$H_1: u < 7.7$

b.- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$

c.- Se obtiene un valor de $t = 2.92$ a partir de la tabla de datos con cinco grados de autonomía ($n-1$) y un nivel de confianza del 95%.

Si la cantidad de t que se obtiene está en la zona oscurecida, se descarta la hipótesis nula y se aprueba la teoría alterna.

Si el índice de t que se ha calculado está en la zona no sombreada, se acepta la hipótesis nula y se descarta la alternativa.

usaremos una prueba t de una muestra con $n=3$ (los tres pozos)

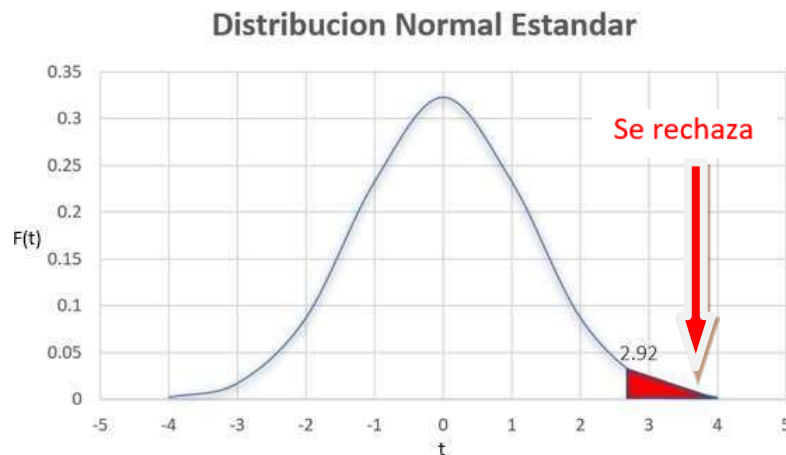


Figura 13. muestra la prueba de hipótesis

De acuerdo a la figura 13, se opta por la a continuación decisión: se desestima la hipótesis nula H_0 y se confirma la hipótesis H_1 , debido a que el valor de $t = 29.4$ está en la zona sombreada y es superior a $t = 2.92$.

e.- Planteamiento de la prueba de hipótesis para Bacterias heterotroficas

Ho: $\mu = 1680$

H1: $\mu < 1680$

b.- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$

c.- Se consigue un valor de $t = 2.92$ a partir de la tabla estadística utilizando cinco fases de libertad ($n-1$) y un estándar de certeza del 95%.

Si la cantidad de t que se obtiene está en la zona oscurecida, se anula la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alterna.

Si el valor de t que se ha calculado se encuentra en la zona sin sombra, se admite la hipótesis nula y se descarta la alternativa.

usaremos una prueba t de una muestra con $n=3$ (los tres pozos)



Figura 14. muestra la prueba de hipótesis

figura 12, hemos tomado la decisión subsiguiente: Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aprobamos la hipótesis H_1 , ya que $t = 39.0$ se encuentra dentro de la región sobreada y es superior a $t = 2.92$.

los parámetros que se han evaluado, Los resultados t calculados son mucho de mayor tamaño que el valor crítico ($t > 2.92$) y los p tienen un valor menor a 0.05. señala que hay una gran y notable diferencia estadística entre las concentraciones medidas y los límites normativos del ECA.

En los tres pozos hay cantidades de coliformes fecales y totales. E. coli, bacterias heterotróficas y arsénico, que rebasan de manera significativa los máximos permitidos por la legislación medioambiental, no satisfacen los criterios de condición del agua.

Tabla 14. Comparación con los Límites del ECA (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Parámetro	Promedio	Límite ECA	Cumple	Evaluación
Arsénico	0.0242 mg/L	0.01mg/L	No cumple	Supera 2.4 veces el límite, contaminación probable por minerales arsenicales o drenaje minero
Coliformes totales	1616.7 NMP/100mL	0	No cumple	Alta contaminación microbiológica, riesgo sanitario elevado
Coliformes fecales	166.7 NMP/100mL	0	No cumple	Indica presencia de materia fecal y contaminación biológica activa
E. coli	7.7 NMP/100mL	0	No cumple	Evidencia contaminación fecal reciente
Bacterias heterotróficas	1680 UFC/mL	500	No cumple	Exceso de actividad bacteriana y condiciones desfavorables para consumo

La tabla 14 muestra que las condiciones hidrogeológicas del análisis de agua de los tres pozos son completamente desfavorables. Se observa un acuífero con la presencia de material arsénico que excede en gran medida el límite máximo permitido, pero con una transmisibilidad apropiada, lo cual indica una alta productividad y viabilidad para la explotación del pozo. Sin embargo, es necesario implementar un tratamiento para potabilizarlo.

Finalmente, el gráfico muestra la dispersión de los factores que determinan la condición del agua en los tres pozos. Los resultados indican que están muy lejos del límite máximo permitido y que los valores bacteriológicos de la calidad capacidad agua subterránea es una recién tecnología relevante para su exploración. Se requiere un tratamiento específico para los materiales contaminantes, con un enfoque en parámetros fisicoquímicos. Los hallazgos resaltan la necesidad de monitoreo constante y estrategias de gestión particulares para tratar la contaminación y Proveer la sustentabilidad de los recursos de agua. Con el fin de preservar la salud de los recursos hídricos subterráneos a largo plazo, es fundamental implementar prácticas de conservación, recarga y una gestión eficaz del estándar del agua.

4. Discusión

Los hallazgos de la investigación comprueban que el horizonte H2 es la unidad hidrogeológica más importante en el centro poblado de Jasana Grande, ya que muestra espesores efectivos de entre 2,1 y 18,9 m y una continuidad lateral relevante. Las estimaciones de la capacidad conductiva hidráulica (K) oscilan entre 2 y 6 m/día, así como los de la transmisividad (T), que van de 12 a 113 m²/día, son compatibles con los informes sobre acuíferos aluviales cuaternarios con permeabilidad media o alta (Freeze & Cherry, 1979; Domenico & Schwartz, 1998). Los sectores más gruesos (B1–B2 y C1–C2) tienen la posibilidad técnica de explotar caudales de entre 0,6–0,8 L/s, mientras que en las áreas menos gruesas (de hasta 3 m), el aprovechamiento es limitado (menos de 0,1 L/s).

La población actual es de 360 personas y si se proyecta a 20 años con un crecimiento anual del 0,00%, se espera que la cifra siga siendo la misma. Teniendo en cuenta que la dotación es de 80 L/hab/día, conforme a la RM N.º 192-2018-VIVIENDA, se calcula que la demanda llega a 0,40 L/s hoy en día y también en el horizonte de diseño. Comparando estos valores con la oferta subterránea de H2 (0,6–0,8 L/s), se demuestra que el recurso hídrico es adecuado para satisfacer la demanda presente y futura, lo que asegura su sostenibilidad en cuanto a cantidad.

Sin embargo, el estudio de la excelencia del agua muestra restricciones importantes. Se detectaron excedencias en arsénico (0,0242 mg/L contra 0,01 mg/L permitido) e indicadores microbiológicos (*Escherichia coli*, coliformes totales y fecales, bacterias heterotróficas), a pesar de que elementos como el pH, la dureza, la capacidad de conducir y los sólidos fluidos cumplen con las regulaciones. Estos hallazgos son congruentes con investigaciones realizadas en otras zonas altoandinas, donde se ha encontrado la presencia de arsénico vinculada a la infiltración de aguas superficiales contaminadas y a litologías volcánicas (Brousett et al., 2018; Cortez et al., 2019). Además, El ejercicio del ganado y el manejo inadecuado de excretas podrían resultar excretas podrían ser las razones de la contaminación bacteriana en Jasana, como se ha comprobado en otras microcuencas rurales de Puno (Salas-Mercado et al., 2022). las razones la contaminación bacteriana en Jasana, como se ha comprobado en otras microcuencas rurales de Puno (Salas-Mercado et al., 2022).

En este contexto, pese a que la oferta hídrica subterránea satisface la demanda, la calidad del recurso lo califica como no apto para el consumo humano directo. Para Garantizar la potabilidad, es esencial poner en funcionamiento una planta de tratamiento (PTAP) que incluya procesos de eliminación de arsénico y desinfección avanzada, conforme a las regulaciones peruanas (DS N.º 031-2010-SA; DS N.º 004-2017-MINAM, subcategoría A). Este descubrimiento se alinea con experiencias globales, que indican que la sustentabilidad de acuíferos someros no solo depende del rendimiento hidráulico, sino también de la puesta en marcha de innovaciones adecuadas para la gestión a fin de asegurar un agua segura (Benam et al., 2025; Mohammed et al., 2025).

La investigación demuestra que Jasana Grande cuenta con un acuífero que tiene la capacidad de satisfacer la demanda poblacional actual y futura, aunque su calidad requiere un tratamiento integral. Estos Los hallazgos resaltan la necesidad de combinar el uso del agua subterránea con estrategias de saneamiento rural y gestión comunitaria del suministro, con el fin de garantizar la sustentabilidad prolongada de este recurso.

5. Conclusiones

hay un recurso hídrico subterráneo mediante la interpretación de la una vez perforaciones geoelectricas, lo que permitió reconocer cuatro horizontes principales (H1-H4). El horizonte H2 tiene las condiciones más propicias para extraer agua subterránea, con espesores efectivos de hasta 18,9 m y una continuidad lateral en las áreas C1-C2 y B1-B2. valores estimados de los parámetros hidrogeológicos son: $K = 2\text{-}6\text{ m/día}$; $T = 12\text{-}113\text{ m}^2/\text{día}$.

Presencia del acuífero en el intervalo de permeabilidad media a alta, con caudales extraíbles de 0,6-0,8 L/s; estos son adecuados para establecer un pozo tubular destinado al abastecimiento poblacional.

De acuerdo con la RM N.º 192-2018-VIVIENDA, se estima el volumen de recuperación y la demanda de agua por población es de 0,40 L/s para el año 2024 (360 habitantes) y de 0,45 L/s para el año 2044 (360 habitantes). Estos valores evidencian que el horizonte H2 tiene una oferta subterránea suficiente para satisfacer la demanda presente y futura.

Se determinó que los análisis fisicoquímicos y microbiológicos mostraron sobrepasos en contaminación bacteriológica (*E. coli*, coliformes totales y fecales) y arsénico (0,0242 mg/L en comparación con el límite permitido de 0,01 mg/L), lo cual indica que el agua no es apta para que las personas la consuman directamente. Se indica establecer una planta de tratamiento de agua abastecida (PTAP) para garantizar la calidad del agua en conformidad con las regulaciones estatales (subcategoría A, DS N.º 031-2010-SA y DS N.º 004-2017-MINAM). que incluya métodos avanzados de desinfección y eliminación de arsénico. Los resultados destacan la relevancia de combinar el aprovechamiento hidrogeológico con la gestión del saneamiento rural, para que la disponibilidad de recursos hídricos no dependa únicamente de la cantidad, sino también de su calidad y sustentabilidad a futuro.

Referencias

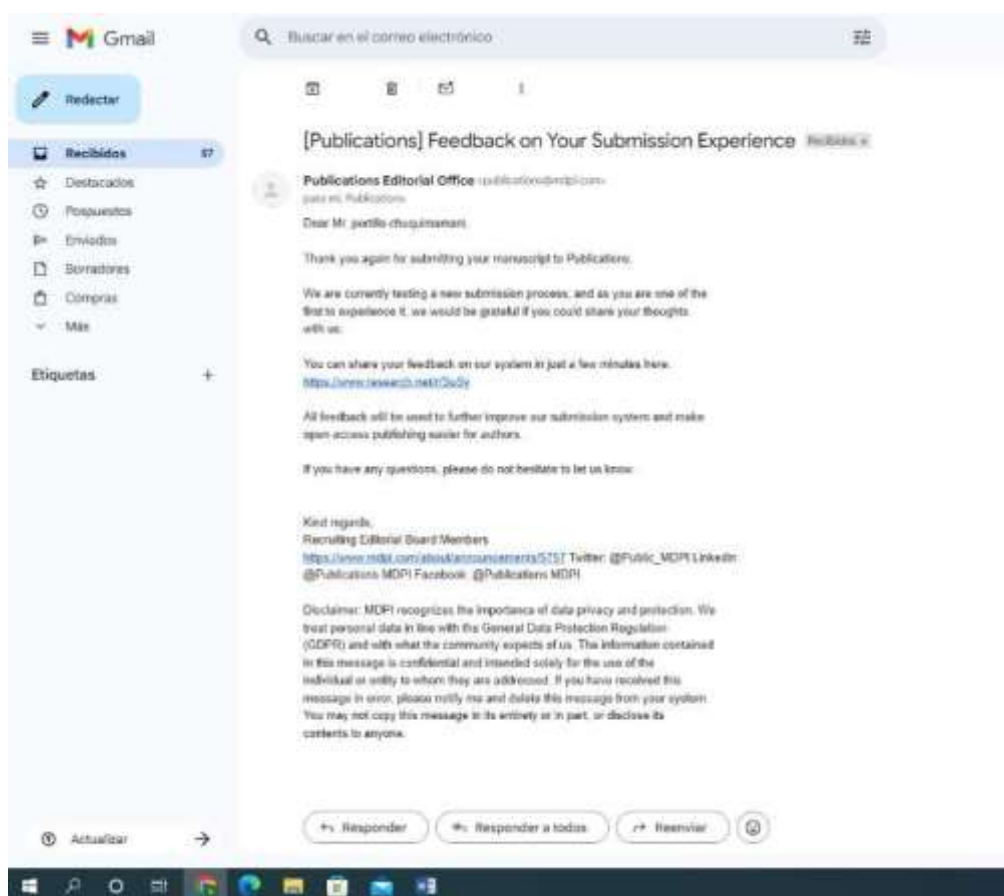
1. Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2015). Guía metodológica para la verificación de disponibilidad hídrica subterránea y los estudios hidrogeológicos. Perú, Lima.
2. Bear, J. (año 1972). Comportamiento de los fluidos en medios porosos. Elsevier.
3. Bear, J., & Verruijt, A. (1987). Modelado de la contaminación y el flujo del agua subterránea. D. Reidel Editorial.
4. Cooper, H. H., y Jacob, C. E. (1946). Un método gráfico generalizado para evaluar las constantes de formación y condensar la historia del campo de pozos. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 27(4), pp. 526 a 534. <https://doi.org/10.1029/TR027i004p00526>
5. G. Marsily (1986). Hidrogeología cuantitativa: La hidrología de aguas subterráneas para ingenieros. Prensa académica.
6. Schwartz, F. W., & Domenico, P. A. (1998). Geoquímica y geofísica hidrogeológica (2.ª edición). John Wiley & Sons, Inc..
7. Fetter, C. W. (año 2001). Geología aplicada (4ª ed.). Prentice Hall.
8. Cherry, J. A., & Freeze, R. A. (1979). Agua subterránea. Prentice Hall.
9. Hantush, M. S. (1964). Hidráulica de los pozos. *Avances en la hidrociencia*, 1, 281–442.
10. Prensa de carácter académico. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-2771-9.50011-2>Hantush, M. S., & Jacob, C. E. (1955). Flujo radial no constante en un acuífero infinito con filtraciones. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 36(1), 95-100. <https://doi.org/10.1029/TR036i001p00095>
11. Heath, R. C. (1983). Fundamentos de la hidrología de aguas subterráneas (USGS Water-Supply Paper 2220). Servicio Geológico de los Estados Unidos.

12. Hem, J. D. (1985). *Análisis e interpretación de las propiedades químicas del agua natural* (3.^a ed.). Servicio Geológico de los Estados Unidos.
13. Organización Internacional de Normalización (ISO). (2018). ISO 5667-3:2018. Calidad del agua — Muestreo — Parte 3: Conservación y manipulación de muestras de agua. Organización Internacional de Normalización.
14. Organización Internacional de Normalización (ISO). (2021). ISO 19458:2021. Calidad del agua: muestreo para análisis microbiológico. Organización Internacional de Normalización.
15. Kruseman, G. P., y de Ridder, N. A. (2000). *Evaluación y análisis de los datos de la prueba de bombeo* (2.^a edición, completamente actualizada). Instituto Internacional de Recuperación y Mejora de Tierras (ILRI).
16. Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, que ratifica los Estándares de Calidad Ambiental para el agua (ECA). Lima, Perú: Diario Oficial El Peruano.
17. El ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2019). Lineamientos para la utilización sostenible de aguas subterráneas, Resolución Ministerial N.º 039-2019-MINAGRI. Perú, Lima.
18. MINSA (Ministerio de Salud). (2010). Reglamento de la calidad del agua destinada al consumo humano. Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Lima, Perú: Diario Oficial El Peruano.
19. Ministerio de Saneamiento, Vivienda y Construcción (MVCS). (2018). Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA, Provisión de agua potable para iniciativas de saneamiento rural. Lima, en Perú.
20. Montgomery, J. M. (año 1985). *Principios y diseño del tratamiento de agua*. John Wiley & Sons, Inc..
21. Kinniburgh, D. G., & Smedley, P. L. (2002). Un análisis de la fuente, comportamiento y distribución del arsénico en aguas naturales. *Applied Geochemistry*, 17(5), páginas 517 a 568. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00018-5)
22. *Métodos estándar para la inspección del agua y las aguas residuales*. (2017). *Métodos estándar para el análisis de aguas y aguas residuales* (23.^a edición). WEF/APHA/AWWA.
23. Stumm, W., y Morgan, J. J. (1996). *Química acuática: Equilibrios químicos y tasas en aguas naturales* (tercera edición). John Wiley & Sons, Inc..
24. Theis, C. V. (año 1935). La relación entre la disminución de la superficie piezométrica y el ritmo y tiempo de desagüe de un pozo que utiliza almacenamiento de aguas subterráneas. *Transactions, American Geophysical Union*, 16, 519-524. <https://doi.org/10.1029/TR016i002p00519>
25. Tóth, J. (Año 1963). Un análisis teórico del flujo de aguas subterráneas en pequeñas cuencas de drenaje. 4795-4812, 68(16), *Journal of Geophysical Research*. <https://doi.org/10.1029/JZ068i016p04795>
26. Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (US EPA). (2001). Reglamentaciones nacionales para el agua potable primaria; aclaraciones acerca de la conformidad y monitoreo de contaminantes nuevos en fuentes (66 FR 6976). Registro Federal
27. Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. (EPA por sus siglas en inglés). (2003). Manual para la evaluación de tecnologías de tratamiento de arsénico para sistemas pequeños (EPA/816-R-03-014). Oficina de Agua.
28. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA). (2006). Reglamento nacional de agua potable: Normativa de desinfectantes y subproductos de desinfección de la etapa 2 (71 FR 387). Registro Federal.
29. World Health Organization (WHO). (2017). Normas para la calidad del agua potable (4.^a edición, incluyendo el primer apéndice). OMS.
30. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). *Arsénico en el agua potable: Background document for development of WHO guidelines*. OMS.
31. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). Normas sobre salud y sanidad. OMS.

32. El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Progreso en el agua potable, la higiene y el saneamiento del hogar entre 2000 y 2020: cinco años después de los ODS. Programa conjunto de monitoreo de la OMS y UNICEF (JMP)
 33. Younger, P. L. (2007). Agua subterránea en el medioambiente: Una introducción. Editorial Blackwell.
 34. Zektser, I. S., y Everett, L. G. (2004). Los recursos hídricos subterráneos del mundo y su utilización. UNESCO.
 35. Zheng, C., y Bennett, G. D. (2002). Applied contaminant transport modeling (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Anderson, G., & Zhu, C. (2002). Aplicaciones medioambientales de la modelación geoquímica.

ANEXOS

1.- evidencias de sumisión



2.- Resolución de inscripción del proyecto



"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

RESOLUCIÓN N° 0774-2024/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña 07 de octubre de 2024

VISTO:

El expediente de **Americo Portillo Chuquimamani**, identificado(a) con Código Universitario N° 201920031, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Americo Portillo Chuquimamani**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Análisis de Disponibilidad Hídrica Subterránea y la Calidad de Agua Potable en el Centro poblado de Jasana Grande – Distrito de Saman 2024" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 07 de octubre de 2024, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Análisis de Disponibilidad Hídrica Subterránea y la Calidad de Agua Potable en el Centro poblado de Jasana Grande – Distrito de Saman 2024" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a **Mtro. Fritz Willy Mamani Apaza** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **MSc. Eder Mamani Chambi** y **Mg. Percy Fredy Quilla Coila** otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA

cc
-Internado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo



Ph.D. Silvia Pilco Quesada
SECRETARIA ACADÉMICA