



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA APARENTE DE LOS SUELOS Y SU RELACIÓN CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN SECTORES DE PUSI

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
MEDIO AMBIENTE	Recursos Naturales y M.A	Recursos hídricos

3. Duración del proyecto (meses)

12

4. Tipo de proyecto

<u>Individual</u>	<input checked="" type="radio"/>
<u>Multidisciplinario</u>	<input type="radio"/>
<u>Director de tesis pregrado</u>	<input type="radio"/>

4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	MILLONES CHAFLOQUE AUBERTO
Escuela Profesional	INGENIERÍA AGRÍCOLA
Celular	951881344
Correo Electrónico	amillones@unap.edu.pe

- I. Título (El proyecto de tesis debe llevar un título que exprese en forma sintética su contenido, haciendo referencia en lo posible, al resultado final que se pretende lograr. Máx. palabras 25)

LA RESISTIVIDAD ELECTRICA APARENTE DE LOS SUELOS Y SU RELACIÓN CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN SECTORES DE PUSI

- II. Resumen del Proyecto de Tesis (Debe ser suficientemente informativo, presentando -igual que un trabajo científico- una descripción de los principales puntos que se abordarán, objetivos, metodología y resultados que se esperan)

La resistividad eléctrica aparente de las formaciones geológicas ha sido utilizada ampliamente en la investigación indirecta de existencia de las aguas subterráneas, y en forma más limitada en la exploración geotécnica. Este trabajo surge como la necesidad de investigar la relación que puede existir, entre los valores de resistividad eléctrica aparente de los suelos, obtenidos a través de SEV (Sondajes Eléctricos Verticales) y las características de las formaciones geológicas existentes, en los sectores de 3 de Mayo, Korpac y Urcunimuni, ubicados en el distrito de Pusi,



en el proceso de investigar en forma indirecta la determinación de las aguas subterráneas con fines de uso poblacional principalmente, para la población de los referidos sectores. La investigación está orientada a investigar los suelos derivados de rocas del altiplano en el distrito de Pusi, provincia de Huancané, región de Puno, a partir de sondeos eléctricos verticales (SEV), resultados directos obtenidos de la perforación de pozos exploratorios y resultados de análisis físico-químico de muestras de agua de los mismos. Los resultados esta investigación indirecta, servirán para definir si es posible diferenciar con razonable certeza las formaciones geológicas existentes en la zona evaluada, en base a los valores de resistividad eléctrica, obtenidos con los SEVs, cuando se integra con un adecuado conocimiento de la geología local y corroborado con los resultados del proceso de perforación exploratoria y los resultados de los análisis físicos-químicos y bacteriológicos de las muestras extraídas de los mismos.

III. Palabras claves (Keywords) (Colocadas en orden de importancia. Máx. palabras: cinco)

Resistividad eléctrica, formaciones geológicas, aguas subterráneas, sondaje eléctrico vertical.

IV. Justificación del proyecto (Describa el problema y su relevancia como objeto de investigación. Es importante una clara definición y delimitación del problema que abordará la investigación, ya que temas cuya definición es difusa o amplísima son difíciles de evaluar y desarrollar)

El conocimiento de los recursos hídricos subterráneos, su exploración, su evaluación, conservación y fundamentalmente su explotación, son de vital importancia para la valorización del desarrollo sectorial, económico y social de una determinada zona o región. Las aguas subterráneas representan una riqueza natural, a menudo vital que debe ser protegida, por lo que debe ser usada con prudencia y evitar su contaminación para su preservación. En razón a ello, los resultados de esta investigación, permitirán definir, si los procedimientos que se efectúan para la determinación de las aguas subterráneas, por el método indirecto a través de SEVs, que determina la resistividad eléctrica de los materiales geológicos, y que son utilizados para la "Acreditación de la disponibilidad hídrica subterránea a través de pozo tubular de pequeños proyectos", garantizan fundamentalmente dicha acreditación, en cuanto a cantidad y calidad del agua a determinar para los referidos proyectos de saneamiento fundamentalmente, proporcionando además recomendaciones en cuanto a la efectiva operación y adecuado mantenimiento de los acuíferos existentes y la sostenibilidad de los proyectos a efectuar con estos resultados.

V. Antecedentes del proyecto (Incluya el estado actual del conocimiento en el ámbito nacional e internacional. La revisión bibliográfica debe incluir en lo posible artículos científicos actuales, para evidenciar el conocimiento existente y el aporte de la Tesis propuesta. Esto es importante para el futuro artículo que resultará como producto de este trabajo)

A nivel nacional

Jiménez (2017), en su trabajo monográfico; "ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA CON FINES DE USO AGRICOLA PARA EL FUNDO LA EMPEDRADA AGROINDUSTRIAL LA PUNTA S.A.C. – HUAURA - LIMA" realizó 7 SEVs distribuidos estratégicamente, luego efectuó la caracterización hidrogeológica



e Hidrogeoquímica del estrato saturado para definir la zona más favorable con fines de perforación del pozo tubular con fines de explotación de las aguas subterráneas para riego. La captación proyectada se ubicó en el SEV. 03 de 80.00 m de profundidad, en dicho SEV se perforo para el pozo tubular, evaluándose el rendimiento del mismo, obteniendo un caudal de 50 l/s, con nivel dinámico (N.D) ubicado a 35.10 m, con una Transmisividad de 385.87 m²/día y permeabilidad de 5.25 m/día, con estos resultados, se infiere que está compuesto por gravas y arenas, y según el análisis físico químico de sus aguas, se determinada que las mismas son un tipo de aguas de baja mineralización y para uso agrícola se clasifica en el grupo C2S1.

Castillo (2017), ejecuta la prospección geofísica para una posible exploración de agua subterránea y modelar en 3D la susceptibilidad magnética en el fundo Buselcat, ESTUDIO GEOFÍSICO PARA LA EXPLORACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL FUNDO BUSEL CAT ASIA – CAÑETE, con 3 estaciones usando los métodos geoelectrónicos SEV y tomografía eléctrica y complementado con prospección magnética. Los SEV tuvieron los siguientes resultados, cinco horizontes en el SEV. 01 y 03 el estrato húmedo está a partir de los 26.5 m de profundidad y en el SEV. 02 se presenta alta resistividad a partir de los 11.5 m donde se infiere que está compuesto de arcillas secas o macizo rocoso. Y el modelo 3D confirma la existencia de agua subterránea que están entre un rango de 0.0017 a 0.0022 cgs.

Alarcón (2016), realiza la tesis “IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA ACUÍFERA EN LA ZONA DE PAMPAS ‘LA ESTRELLA’ MEDIANTE SONDAJES ELÉCTRICOS VERTICALES, DISTRITO DE UCHUMAYO, PROVINCIA DE AREQUIPA” con el objetivo identificar el estrato acuifero que se ubica dentro de la formación volcánico Sencca desarrollando 14 sondajes en las Pampas ‘La Estrella’, cada uno con la supervisión para obtener resultados de calidad y evadir variaciones por la polarización. La metodología utilizada es de prospección Geoelectrónica con el modo SEV. En la sección C-C’ a diferencia de las secciones A-A’ y B-B’ dieron resultados positivos y se deduce que pertenece a la formación Millo, con resistividades medias de 75 ohm-m y potencia de 70 m de espesor, esta formación está compuesta de conglomerados, arenas tufáceas y lentes de tufos; así mismo la secciones-Geoelectrónicas dieron 5 horizontes.

Arredondo (2015), realizó con la finalidad de explorar la profundidad de las estructuras y la explicación por qué la disminución de las aguas de manantiales que se ubican en la quebrada, realizando 8 ensayos en zonas estratégicas usando el método SEV con dispositivo Schlumberger simétrico. Resultando 5 y 6 horizontes donde se interpreta el porqué del descenso del N.F., en el que se indica que el descenso se da a causa de cambios climáticos y el efecto de los sismos; se da como alternativa construir trincheras para una mayor oferta del caudal. Sus caudales ofertantes son de 0.5 a 2.20 l/s.

A nivel Internacional

Peinado, Green, Herrera, & Escolero (2012), investigan las aguas subterráneas con el objetivo de determinar en suelos áridos y semiáridos, problemas de salinidad puesto que el agua que se utiliza para riego es indispensable en la producción agrícola. Durante los años de 1980 a 2008 se recogieron 1358 muestras de agua subterránea en el municipio de Guasave (Méjico). Se realizaron 34 SEV (Sondajes Eléctricos Verticales) bajo la configuración Schlumberger con separación de $AB/2 = 50$ m, de los cuales, 29 se ubicaron alrededores de un pozo y 5 en áreas donde no existe pozo. En la interpretación de los resultados obtenidos en los SEVs, se



obtuvieron valores de resistividad y espesores de los estratos. El SEV 1 compuesto por dos estratos, de 4.3 m y 11.7 que corresponde al acuífero. La utilización de este método, dependiendo de su interpretación basada en la experiencia del operador y su relación con la geología, puede brindar buenos resultados para acertar en perforar en un lugar ideal y obtener el agua en buenas condiciones para los fines previstos.

Bakkali (2005), indica que su objetivo principal fue evaluar el potencial hídrico de Tizeght. Para ello, realizó 5 SEVs (Sondajes Eléctricos Verticales) en el valle ubicado en la provincia de Tafraoute (Marruecos) utilizando el método eléctrico de sondajes eléctricos verticales (SEV) con arreglo Schlumberger. Los estratos ubicados son de 0 a 4.6 m de profundidad compuesto de aluviones secos, segundo estrato de 4,6 m a 19,6 m se encuentran los aluviones acuíferos, de 19.6 a 33.6 m conformados de esquistos alterados que también conforman el acuífero, de 33.6 a 76,6 m de espesor son esquistos fracturados que forman parte del acuífero y por último a más de 76,6 son materiales de esquistos sanos que representan a resistividades muy altas.

VI. Hipótesis del trabajo (Es el aporte proyectado de la investigación en la solución del problema)

Los valores de resistividad eléctrica aparente de los suelos, obtenida en los sondajes eléctricos verticales (SEVs), como parte de investigación indirecta, nos define la presencia de aguas subterráneas y su calidad.

VII. Objetivo general

Determinar la relación que existe entre los valores de resistividad eléctrica aparente de los suelos obtenida en los SEVs y la presencia de aguas subterráneas en los mismos, de su cantidad y calidad en los sectores de Pusi.

VIII. Objetivos específicos

1. Evaluar el comportamiento de la resistividad aparente de las formaciones geológicas obtenidas en los SEVs en el lugar de estudio y establecer la relación existente con los resultados obtenidos en la perforación exploratoria.
2. Determinar el grado de relación entre los valores de resistividad eléctrica aparente con los valores del análisis físico químico efectuada a las muestras de aguas del pozo exploratorio.

IX. Metodología de investigación (Describir el(los) método(s) científico(s) que se empleará(n) para alcanzar los objetivos específicos, en forma coherente a la hipótesis de la investigación. Sustentar, con base bibliográfica, la pertinencia del(los) método(s) en términos de la representatividad de la muestra y de los resultados que se esperan alcanzar. Incluir los análisis estadísticos a utilizar)

La metodología de investigación establecida para el presente trabajo estará basada en la establecida por Sampieri Hernández, Roberto (2010), en su libro: "*Metodología de la investigación*". La metodología de la investigación seguirá una secuencia lógica en la que cada paso seguirá un sentido. Primero se recabará la mayor cantidad posible de información relacionada con valores obtenidos a través de los SEVs, de resistividad eléctrica aparente, columna litológica obtenida con el muestreo durante la perforación del pozo exploratorio, y por último los resultados del análisis físico químico y bacteriológico a las muestras de aguas de dicho pozo.



Siendo el propósito establecer la relación existente entre dichos valores.

ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN: Método de investigación cuantitativo-cualitativo.

TIPO DE INVESTIGACIÓN: La investigación es de carácter descriptivo – comparativo.

UNIDAD DE ANALISIS: Levantamiento Obtención de información de campo por el método de SEV con un tendido de electrodos que permita reconocer hasta profundidades de 100 metros con la finalidad de conocer la secuencia de las diferentes capas geo eléctricas como son: tipo de material, espesor, morfología y geometría de la zona de estudio, caracterizar presencia o ausencia de formaciones acuíferas y el muestreo directo en los pozos exploratorios.

POBLACIÓN Y MUESTRA:

Muestra: Valores de resistividad aparente obtenidas por Sondaje Eléctrico Vertical (SEV) como método indirecto, características de las muestras obtenidas en la perforación de pozo exploratorio y valores de los análisis físico-químicos de las muestras extraídas de dicho pozo.

VARIABLES:

VARIABLES INDEPENDIENTES: Formaciones geológicas de la zona.

VARIABLES DEPENDIENTES: Valores de Resistividad aparente y calidad del agua subterránea encontrada.

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

DESCRIPCIÓN MÉTODO SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL:

(Aparicio Mijares, Francisco Javier. (1992), “Fundamentos de hidrología de superficie”) Edición grupo noriega editores LLMUSA. Manifiesta que existen varias técnicas de levantamiento de Sondaje Eléctrico Vertical (SEV), en el estudio por las características del terreno se empleará la configuración de práctica de tendido Schlumberger lineal-simétrico de electrodos.

(Vélez Otálvaro, María Victoria. (1999), “Hidráulica de aguas subterráneas” Edición, facultad de minas Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.) Las líneas de corriente producidas a través de los electrodos A–B alcanzarán niveles más profundos a medida que estos se separan con respecto al punto central del estudio “O”, mientras los electrodos M–N de medida permanecen fijos de acuerdo al arreglo del dispositivo. En consecuencia, la profundidad de investigación depende de la longitud del arreglo anterior, como también de las características del terreno.

El método de Sondaje Eléctrico Vertical (SEV) consiste en mediciones de la resistividad eléctrica a distintas profundidades en sentido vertical desde la superficie de terreno a través de equipo instrumental Geofísico y accesorios. En el procedimiento se inyecta una corriente eléctrica continua de intensidad que permita una lectura en relación señal ruido aceptable, la fuente sale de transmisor recorriendo una línea de transmisión A–B que cierra el circuito eléctrico a través del suelo, creando un campo eléctrico en la tierra que se mide en miliamperios (mA). Dos electrodos M–N se ponen en contacto con la superficie de terreno equidistantes al punto central “O” (punto estación estudio) midiendo la diferencia de potencial entre ellos, el valor se obtiene con el receptor en milivoltios (mV). La distancia entre los electrodos de potencial M–N se mantiene constante, variando la distancia entre los electrodos de corriente A–B que aumenta progresivamente la profundidad de investigación al separar cada vez más los electrodos del circuito de inyección de corriente. Los valores se vuelcan en formato realizando el cálculo de Resistividad Aparente (ρ_a) por la ecuación siguiente y se grafican en coordenadas bilogarítmicas obteniendo la gráfica de curva SEV: $\rho_a k \frac{\Delta V}{I}$

Donde:

ρ_a = Resistividad aparente del medio (ohm-m)

Δv = Diferencia de potencial en milivoltios (mV)

I = Intensidad de la corriente en miliamperios (mA)
 k = Constante geométrica de separación de electrodos en metros.
A continuación, algunos valores de resistividad aparente en formaciones geológicas o rocas:

Tabla 2: Resistividades de algunos materiales en ohmios-metro.

Suelos/Roca	Resistividad en Ohmios-metro
Aguas subterráneas en granito y roca hipogénica	20 - 100
Aguas subterráneas en caliza y acarreos	20 - 50
Aguas salobres	01-oct
Aguas potables superficiales	20 - 300
Agua de mar	Menor de 0.2
Agua destilada	Mayor de 500
Arcillas y margas	10 - 100
Calizas y areniscas	50 - 3000
Pizarras	50 - 300
Rocas hipogénicas y metamórficas	10 - 10000
Gravas	10 - 10000
Arenas	130 - 1000
Limos	30 - 500

Fuente: Hidrología Subterránea (Custodio, E. y Llamas, MR. 2001).

EQUIPO INSTRUMENTAL EMPLEADO

• En la ejecución de los SEV se empleó equipo instrumental geofísico de características siguientes:

TRANSMISOR – RECEPTOR

- 01 Geo-resistivímetro (GRM) modelo G-1010 de medida digital
- 01 selector de voltaje transmisión máxima hasta 1000 voltios DC.

ACCESORIOS

- 02 carretes de cable eléctrico mono-electródico de 300 metros c/u
- Configuración de medidas en dispositivo de Schlumberger
- 02 electrodos impolarizables de acero INOX para medida (M N)
- 04 electrodos de acero INOX para emisión de corriente (A B)
- 04 combas de 4 libras c/u
- Cables de conexiones, multítester digital, alicates, desarmadores, etc.

INFORMACIÓN DE CAMPO:

La información de campo corresponde a datos tanto geológica y geofísica, estratigráfica del pozo exploratorio y los resultados del análisis físico químico del agua extraída del mismo.

TRABAJOS DE GABINETE:

Los trabajos en gabinete corresponderán a la fase de procesamiento de la información obtenida de los datos de campo (adquisición), tanto la parte cualitativa con utilización herramientas básicas de análisis: Excel, Word, y la interpretación cuantitativa de los SEV mediante programa de software especializado, de acuerdo con el desarrollo de la información temática se elaborarán las ilustraciones, esquemas, el análisis–evaluación de resultados y el informe de estudio

En el procesamiento cuantitativo de los SEV a través de la curva obtenida se realizará un software de interpretación especializada IPI2WIN desarrollado en



Moscú, que exige una selección previa de un modelo geoelectrico que se ajuste a los datos medidos y tras un proceso iterativo se obtendrá uno teórico con menor error posible respecto a la curva de campo en una interpretación automática (Datos curvas procesadas SEV).

REPRESENTACIÓN DE DATAS SEV PROCESADAS:

Las Datas procesadas de cada Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) estarán representadas desde los Parámetros Geoelectricos calculados a partir del cual se elaborará las Columnas Geoelectricas Puntuales SEV-1, SEV-2, SEV-3 y las que se proyecte, y Sección Geoelectrica A-A y B- B las cuales están interpretadas con criterio hidrogeológico.

Las gráficas esquematizadas estarán elaboradas de acuerdo a respuestas eléctricas de los SEV en el alcance de la profundidad investigada, en ellas los parámetros están indicados a los lados de línea vertical investigada de cada SEV, siendo al izquierdo el valor de resistividades en ohm-m y en derecha los espesores de horizontes (estratos) en metros.

RESULTADOS QUE SE INTERPRETARÁN EN EL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO:

Los Parámetros Geoelectricos calculados se generarán de acuerdo a la interpretación cuantitativa de cada SEV en términos de resistividad verdadera y espesor para cada horizonte determinado: H1, H2, H3, H4 y H5.

X. Referencias (Listar las citas bibliográficas con el estilo adecuado a su especialidad)

- Barriales Gamarra, Samuel. (2006), "Perforación y diseño de pozos tubulares" Una - Puno, Perú.
- Benítez; 1972; "Captación de agua subterránea", 2da Edición.
- Custodio, E. Y Llamas. (2001), "Hidrología del subsuelo", 3ra Edición.
- F. Javier Sánchez San Román, "Hidrología e Hidrogeología" - Dpto. de Geología- Universidad de Salamanca-España, 2011.
- G. Castany, "Prospección y Explotación de las aguas subterráneas"- Barcelona, 2011.
- Sánchez San Román, Javier. (2009), "Prospección geofísica" dpto. De geología de la universidad Salamanca, España.
- Vélez Otálvaro, María Victoria. (1999), "Hidráulica de aguas subterráneas" Edición, facultad de minas universidad nacional de Colombia sede Medellín
- Iserhien, (2014), Encuesta de resistividad eléctrica para predecir acuíferos en Onicha- Ugbo, estado de Delta, Nigeria.
- Pari, (2019), realizo la investigación: "Aplicación de la Resistividad para la Exploración de Aguas Subterráneas en la Microcuenca Yanamayo - Azángaro - Universidad Nacional del Altiplano.
- Castillo Valencia, F. J. (2017). Estudio Geofísico para la Exploración de Agua Subterránea en el Fundo Buselcat Asia - Cañete, Lima. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto (Señalar el posible uso de los resultados y la contribución de los mismos)

Los resultados que se obtendrán en el presente trabajo de investigación, serán material de consulta para otras investigaciones de la existencia de las aguas subterráneas, en zonas similares de la región de Puno, y así de esta manera efectuar este tipo de relaciones entre las formaciones geológicas los valores obtenidos de resistividad aparente de las mismas y la calidad de las aguas subterráneas encontradas, para definir su uso en determinado fin: uso poblacional, agrario o industrial. Fundamentalmente se usarán en los estudios de disponibilidad



hídrica para la Acreditación del recurso agua en proyectos de saneamiento.

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

Los resultados permitirán incorporar nuevos criterios de análisis en los proyectos de investigación de las aguas subterráneas y determinar su uso para un determinado fin: Poblacional, agrario e industrial.

ii. Impactos económicos

Dependiendo de los resultados obtenidos, de ser negativos, evitará efectuar gastos innecesarios en la construcción de infraestructura hidráulica para la captación de aguas subterráneas y todo lo que acarrea financiar el sistema de abastecimiento de dichas aguas, o indicará el procedimiento para el tratamiento de dichas aguas subterráneas cuando sea imprescindible el uso de las mismas

iii. Impactos sociales

Según los resultados obtenidos, de ser desfavorables impedirá el uso de las aguas subterráneas no aptas, evitando el deterioro de la salud de la población objetivo de los proyectos de saneamiento

iv. Impactos ambientales

De ser los resultados negativos, su no extracción directa o uso para fines productivos o agrarios, evitara la contaminación de los suelos y su deterioro consiguiente por ello.

XIII. Recursos necesarios (Infraestructura, equipos y principales tecnologías en uso relacionadas con la temática del proyecto, señale medios y recursos para realizar el proyecto)

RECURSOS HUMANOS:
- Investigador principal
MATERIALES PARA INFORMACIÓN Y OBSERVACIÓN:
- Plano de ubicación del área de investigación.
- Información de los estudios realizados en la zona: Estudio Hidrogeológico
MATERIALES DE GABINETE:
- Computadora/laptop
- Impresora
- Papel bond A-4
- Software (estadísticos)

XIV. Localización del proyecto (indicar donde se llevará a cabo el proyecto)

UBICACIÓN POLÍTICA
Departamento: Puno
Provincia: Huancané
Distrito: Pusi
Localidad: Sector tres de mayo, Corpac y Urcunimuni



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Latitud: 8159193.0000
Longitud: 746049.0000
Altitud: 3.00 m.s.n.m.

XV. Cronograma de actividades

Actividad	AÑOS 2021 - 2022												
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Recolección de Información: Estudio hidrogeológico	x	X	x										
Análisis y sistematización de información				x	x	X	x	x	x	x			
Interpretación de los resultados											x	X	
Redacción de Informes parciales y final													X

XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Información	Global	1, 000.00	1	1, 000.00
Sistematización de la Información	Global	3, 000.00	1	3, 000.00
Informes trimestrales	Unidad	300.00	3	900.00
Informe final	Unidad	1, 500.00	1	1, 500.00
TOTAL				6, 400.00