

Explotación de aguas subterráneas mediante sistema convencional y sistema eléctrico

Arquímedes L. Vargas Luque

avargasl@unam.edu.pe

Universidad Nacional de Moquegua
Moquegua, Perú

Fabrizio Del Carpio Delgado

fdelcarpiod@unam.edu.pe

Universidad Nacional de Moquegua
Moquegua, Perú

Samuel Machacca Hanco

smachaca@hotmail.com

Universidad Nacional del Altiplano
Puno, Perú

Nadiezhdha Vargas Luque

nvargasluque@gmail.com

Dirección de Gestión Pedagógica - DREP
Puno, Perú

RESUMEN

La presente investigación se realizó en los pozos tubulares con caudales óptimos mayores de 20 l/s con profundidades de entubado mayores a 60 ml, ubicados en la cuenca Ilave, donde se registran pozos tubulares, precisando que solo el 0.65% corresponde a aguas subterráneas. El problema del altiplano es que el mayor número de infraestructura es para captar aguas superficiales, sus volúmenes presentan fuertes variaciones en verano respecto al invierno, su explotación implica importantes construcciones de ingeniería, por lo que la alternativa de explotar aguas subterráneas es un opción, lo que nos permitió responder la interrogante: Como influye las características técnicas de los pozos en los costos de construcción y costos de operación en la explotación de aguas subterráneas. El objetivo fue determinar la influencia de los costos de construcción y establecer la influencia de los costos de operación en la rentabilidad de la producción de aguas subterráneas mediante el sistema convencional a diésel y sistema eléctrico. Los resultados permitieron determinar que las características técnicas, los costos de construcción y operación influyen en la rentabilidad, y el cambio a un sistema eléctrico del proceso de explotación mejora significativamente.

Palabras Clave: Aguas subterráneas, costos de construcción, costos de operación, pozos tubulares, rentabilidad.

Groundwater exploitation by conventional and electrical system

ABSTRACT

The present investigation was carried out in tubewells with optimum flow rates greater than 20 l/s with casing depths greater than 60 ml, located in the Ilave basin, where tubewells are registered, specifying that only 0.65% corresponds to groundwater. The problem of the altiplano is that most of the infrastructure is to capture surface water, its volumes have strong variations in summer compared to winter, its exploitation involves major engineering constructions, so the alternative of exploiting groundwater is an option, which allowed us to answer the question: How does the technical characteristics of the wells influence the construction costs and operating costs in the exploitation of groundwater. The objective was to determine the influence of construction costs and to establish the influence of operating costs on the profitability of groundwater production using conventional diesel and electric systems. The results allowed to determine that the technical characteristics, construction and operating costs influence the profitability, and the change to an electric system significantly improves the exploitation process.

Keywords: Groundwater, construction costs, operating costs, tubewells, profitability.

Artículo recibido: 05 de Mayo 2021
Aceptado para publicación: 20 de Junio 2021
Correspondencia: avargasl@unam.edu.pe
Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

1. INTRODUCCIÓN

El agua subterránea es un recurso natural muy valioso, es un componente esencial del Ciclo Hidrológico (Quezadas et al, 2021), la contribución de agua de los acuíferos es responsable los fenómenos geológicos que el río siga teniendo caudal cuando no hay precipitaciones (Escobar et al, 2017). El porcentaje de la aportación del caudal base con respecto al total del río es muy variable dependiendo de la geología y los factores climáticos para su disponibilidad (Álvarez, 2021).

El agua subterránea cumple una función de caudal ambiental en la naturaleza por su contribución a los caudales de ríos, manantiales, lagos, humedales y estuarios (Martinez & Villalejo, 2020), tiene un papel importante en muchos procesos geológicos, y es un solvente activo por lo que el flujo subterráneo actúa como vehículo en el transporte de contaminantes (Gómez, 2020) o en el control de la intrusión de aguas salinas (Custodio, 2017). Uno de los aspectos que hacen particularmente útil el agua subterránea es, ser una eficaz medida para mitigar los efectos de las sequías (Sahuquillo et al, 2009).

En la naturaleza no existe agua química y bacteriológicamente pura, salvo el de precipitación pluvial, la capacidad de permeabilidad de los suelos hace que las aguas superficiales filtradas estén en desventaja (Saville, 1927) comparando los costos de la explotación de aguas subterráneas es menor por su inversión, comparado con los embalses, presas y canales (Herraiz, 2009).

El agua subterránea tiene importancia también como componente esencial del ciclo hidrológico y como reserva fundamental (Rosselot, 2009), es así que la residencia oscila en el océano 3000 años, ríos 15-20 días, lagos de agua dulce 10 años, lagos de agua salada 150 años, zona no-saturada del suelo Semanas a años, casquetas polares y glaciares miles de años, agua subterránea decenas a miles de años, atmósfera (vapor de agua) 8-10 días (Otálvaro & Victoria, 1992).

Así, a escala de todo el globo terrestre las reservas son 97.2% agua salada y sólo el 2.8% es agua dulce que se reparte a su vez en el 2.20% en agua superficial y el 0.6% en agua subterránea, del agua superficial el 2.15% está en los glaciares, el 0.01% en lagos y el 0.0001% en ríos y en corrientes, del 0.6% correspondiente a agua subterránea el 0.3% resulta económicamente explotable (Suárez, 2015), el resto se encuentra a profundidades mayores de 800 m lo que hace poco viable su extracción para fines prácticos (Socorro, 2018).

De lo anterior puede verse el enorme potencial que representan las aguas subterráneas como fuente de agua potable en nuestro planeta (Velez, 1999). información respecto a la exploración y explotación de aguas subterráneas, que les permite enfrentar el inicio de propuestas de diseño de riego con la perspectiva para le exploración y explotación de las aguas subterráneas enfoca conociendo los aspectos técnicos de los pozos tubulares y sus parámetros (Reckmann, 2009).

La residencia en la atmosfera, la superficie y el subsuelo oscilan en el océano 3000 años, ríos 15-20 días lagos de agua dulce 10 años, lagos de agua salada 150 años, zona no-saturada del suelo Semanas a años, casquetas polares y glaciares miles de años, agua subterránea decenas a miles de años, atmósfera (vapor de agua) 8-10 días (Otálvaro & Victoria, 1992).

La rentabilidad del agua subterránea, es la relación que existe entre la utilidad y la inversión necesaria para lograrla, la rentabilidad también es entendida como una noción que se aplica a toda acción económica en la que se movilizan los medios, materiales, humanos y financieros con el fin de obtener los resultados esperados (Zamora, 2008) esto supone la comparación entre la renta generada y los medio utilizados para obtenerla con el fin de permitir la elección entre alternativas o a juzgar por la eficiencia de las acciones realizadas, según que el análisis sea a priori o a posteriori (Zamora, 2011). La fuente de agua para riego implica costos de extracción, conducción y aplicación. En este sentido, aparentemente, el agua de gravedad proveniente de presas y ríos es más barata que la obtenida de pozos profundos por bombeo, sin embargo, el precio del agua continuará revalorándose en la medida en que sea más escasa, el impacto social y ambiental que conllevan las obras de gran infraestructura hidráulica y la contaminación que se genera por el uso agrícola (Llamas, 2012). La importancia de esta medida radica para que una empresa sobreviva es necesario producir utilidades.

La explotación de las aguas subterráneas mediante pozos tubulares obliga a conocer aspectos de rentabilidad, que está directamente relacionada con el riesgo (Gitman, 2012), si una empresa quiere aumentar su rentabilidad debe también aumentar el riesgo y, al contrario, si quiere disminuir el riesgo, debe disminuir la rentabilidad (Baca, 1987), desde el enfoque de Marketing podría ser: “es el porcentaje del margen de contribución variable que mide la capacidad que tiene un producto para generar utilidades a la empresa” (Guiltinan, 1984), es decir, para precisar la eficacia con que la empresa ha usado sus

recursos, dependiendo de la estrategia de distribución que se tenga, de “tirar” y de “empujar” el mercado, el fabricante (Kotler).

a) El criterio del valor actual neto (VAN)

Este criterio plantea que debe aceptarse si su valor actual neto (VAN) es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual (Sapag & Sapag, 2008).

b) Costos de producción

Para calcular las diferencias de costos de producción, los siguientes rubros se consideraron como prioritarios: Tasa de salario y requerimientos de personal para la operación directa, necesidades de supervisión e inspección, combustible y energía, volumen de producción y precio de venta, valor de adquisición, valor residual del equipo en cada año de su vida útil restante, impuestos y seguros, mantenimiento y reparaciones. Cada punto de perforación tiene una historia distinta de litología y geología, permitiendo variar rendimientos (SEDAPAL, 2003).

c) Costos de operación

La proyección de los costos para la operación son el resultado de la suma correspondiente a las actividades realizadas por personal, las actividades realizadas por terceros, también se consideraron los montos correspondientes a la mano de obra y materiales (MEF, 2019).

d) Flujo de caja

Son variaciones de entradas y salidas de caja o efectivo, en un periodo dado para una empresa, se entiende entonces que el flujo es la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado y, por lo tanto, constituye un indicador importante de la liquidez de una empresa. Desde el punto de vista del inversionista el flujo de caja permite medir la rentabilidad de toda la inversión (Sapag & Sapag, 2008).

e) Aguas subterráneas

El aprovechamiento de las aguas subterráneas mediante pozos excavados o galerías de infiltración también es muy antiguo. La Biblia hace ya referencia a los litigios de los israelitas con sus vecinos de entonces por la posesión de determinados pozos (Llamas, 2011). A partir del segundo tercio de este siglo, se produce un notable incremento del desarrollo de las aguas subterráneas. Este desarrollo se debe, fundamentalmente, a tres factores: 1) el avance de la Hidrogeología cuantitativa, 2) la mejora en las técnicas de perforación de pozos, y 3) el invento de la bomba de turbina que puede permitir obtener

caudales de agua suficientes para regar decenas, o incluso centenas, de hectáreas mediante la perforación de un pozo de menos de medio metro de diámetro (Custodio & Llamas, 1983).

f) Recursos de hídricos superficiales y subterráneos

El Perú dispone de una gran cantidad de recursos hídricos, con 106 cuencas y una disponibilidad per cápita de 68 321 metros cúbicos (m³), muy por encima de la media para Sudamérica (45 399 m³), el promedio anual a largo plazo de precipitaciones es de 1738 (m³). Existe una considerable variabilidad estacional en la escorrentía de los ríos entre enero y abril, además concentra el 71% de los glaciares tropicales de los Andes Centrales. Los Andes dividen al Perú en tres cuencas de drenaje naturales: cuenca del Pacífico (27 9689 km², cuenca del Atlántico 956751 km², y cuenca del Lago Titicaca 48775 km² (FAO, 2020). Según datos de INRENA (Vargas, 2016) la cuenca seca del Pacífico, con 37,4 km³ disponibles al año, representa el 1,8% de los recursos hídricos renovable de Perú. Sus 53 ríos, que fluyen hacia el oeste desde los Andes, suministran la mayor parte del agua de la región costera. Sólo cerca del 30% de estos ríos son perennes. Desde 1984 hasta 2000, la disponibilidad promedio del agua disminuyó a 33 millones m³; y desde 2003 hasta 2004, a 20 millones m³. La extracción para agricultura representa 14 millones m³ (o el 80% del uso total del agua) y para el consumo doméstico, 2 millones de m³ (12% del total) (Worl Water, 2015). La cuenca del Atlántico contiene el 97% de toda el agua disponible y recibe casi 2.000 km³ de precipitaciones al año. La agricultura también representa el 80% del uso del agua mientras que el consumo doméstico es del 14% (MINAGRI, 2015), la cuenca del Lago Titicaca recibe 10 km³ (Tabla 1) En esta cuenca, el uso agrícola del agua representa el 66%, mientras que el consumo doméstico es del 30% (MINAM, 2013).

Tabla 1: Características de las cuencas de drenaje en el Perú.

Cuenca de drenaje	Población (%)	Disponibilidad de agua (km ³)	Disponibilidad de agua per cápita (m ³)	Consumo de agua en agricultura (%)
Pacífico	70	37.4	2.027	53
Atlántico	26	1998.7	291703	32
Titicaca	4	10.1	9715	13
Total	100	2046.3	77534	98

g) Riego y drenaje

Aproximadamente el 80% de la extracción de agua en el Perú se utiliza para el riego (Tabla 2); sin embargo, la mayor parte del agua (65%) se pierde debido a la dependencia de sistemas de riego ineficientes (INRENA, 2012).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en los pozos de aguas subterráneas de la cuenca Ilave, situado en el sureste del país, conformado por la mitad occidental de la Meseta del Collao, al oeste del lago Titicaca, localizado en la a: 13°66' 00" y 17°17'30" de latitud sur y los 71°06'57" y 68°48'46" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Comprende los acuíferos subterráneos explotables de la cuenca del río Ilave, departamento de Puno.

a) Población y Tamaño de Muestra

El presente trabajo de investigación, tuvo como unidad de análisis los pozos perforados para la explotación de aguas subterráneas, mediante pozos tubulares con caudales mayores a 20 l/s y con profundidades mayores a 60ml, representando un total de 13 pozos, lo cual se constituye en nuestra población.

b) Recolección de datos

Se realizó una visita programada, para obtener información sobre las características técnicas de los pozos y su estado, mediante fichas de evaluación de pozos, sonda eléctrica, sonda de peso, flexómetro, GPS.

c) Resultados de la investigación

De acuerdo al análisis de muestreo se consideró obtener los resultados del 100% de los pozos tubulares consignados, los mismos que poseen la misma fuente de recarga. Se registró que el mayor porcentaje de profundidades de perforación son entre los 90 a 100 metros lineales, pozos con profundidades menores que oscilan entre 70 y 80 ml. representa el 7.7%.

El caudal óptimo representa el volumen calculado mediante pruebas hidráulicas de regímenes constantes y variables la caudal que se puede extraer de cada uno de los pozos tubulares (Tabla 2), donde los caudales óptimos son superiores a 20 l/s. Llegándose a registrarse un caudal óptimo de hasta 68 l/s.

Tabla 2: Caudal óptimo de los pozos

Código Pozo	Nombre del Pozo	N.E.	N.D.	Q L/S
P-1	Chijichaya	6.96	25.2	32
P-2	Chijichaya	13	36.75	35
P-3	Chijichaya	18.71	32.4	33
P-4	Chojnapuli	4.47	15.6	44
P-5	Segundo Camicachi	3.42	15.8	65
P-6	Rosacani	2.56	16	47
P-7	Lupaca (Alpacuyo)	3.24	16	28
P-8	Lupaca (Chilimamanini)	3.23	15.2	60
P-9	Chojnapuli - Vilcachili	3.19	15	22
P-10	Alpacuyo Grande	3.93	15.6	36
P-11	Rosacani - Quequesani	4.9	9.5	68
P-12	Ccaracollo	3.87	18.2	31
P-13	Sullcacatura II	1.9	14.8	36

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sistemas de bombeo son siempre permanentes las 24 horas del día, y los 360 días del año, en aguas subterráneas se calcula de acuerdo al calendario climático de precipitaciones pluviales. Por ello el caudal anual del agua fué multiplicado por 7.5 meses, porque esta cifra representa los meses de demanda de agua.

El menor costo del agua por m³ se registra en el pozo P-5, siendo su costo de S/. 0.16 el m³ y el de mayor costo lo registra el pozo P-3 y P-9 con un monto de S/. 0.38 del m³ Cada caudal anual de los pozos representa su oferta anual, siendo el pozo P-11 con la mejor oferta en volumen 183,600 m³ de agua por año, mientras que la producción más baja lo muestra el P-9 con un caudal de 59,400 m³ de agua al año (Tabla 3).

Tabla 3: Costo de producción de agua por pozo

Pozo	Costos de operación (año)	Caudal anual m ³	Costo de producción por m ³
P-1	21,856.50	86,400.00	0.25
P-2	22,756.50	94,500.00	0.24
P-3	33,736.50	89,100.00	0.38
P-4	29,416.50	118,800.00	0.25
P-5	27,256.50	175,500.00	0.16
P-6	25,096.50	126,900.00	0.2

P-7	22,936.50	75,600.00	0.3
P-8	31,576.50	162,000.00	0.19
P-9	22,504.50	59,400.00	0.38
P-10	27,472.50	97,200.00	0.28
P-11	32,656.50	183,600.00	0.18
P-12	22,720.50	83,700.00	0.27
P-13	7,040.50	97,200.00	0.28

a) Cálculo de Tarifa de Agua

Se ha calculado el beneficio por la venta de agua, para ello se ha hallado la tarifa de agua en función a los costos de operación y mantenimiento; los cálculos se realizaron de acuerdo a lo recomendado por el Ministerio de Economía y Finanzas, agrupando los 13 pozos, resultando S/. 0.26 el metro cubico de agua.

Proyectando a venderse 1'449,900.00 m³/año, para un volumen de 2,700 m³/Has/año.

Tarifa de agua (S/. /Has/año) 702.00

Tarifa de agua (S/. /Has/mes) 58.50

Actualmente no se cobra tarifa de agua porque no existe suministro.

b) Oferta de Agua

La tarifa de agua para una ha se ha calculado según a los parámetros que se muestran (Tabla 4) tanto para un sistema convencional como se encuentra en la actualidad, al igual que para un sistema eléctrico que podría ser una alternativa a futuro (Tabla 5).

Tabla 4: Costo de operación sistema convencional y eléctrico

Pozo	Costos de operación		Caudal anual m ³
	Sistema convencional (año)	Sistema eléctrico (año)	
P-1	21,856.50	3,643.50	86,400.00
P-2	22,756.50	3,793.50	94,500.00
P-3	33,736.50	5,623.50	89,100.00
P-4	29,416.50	4,893.00	118,800.00
P-5	27,256.50	4,543.50	175,500.00
P-6	25,096.50	4,183.50	126,900.00
P-7	22,936.50	3,823.50	75,600.00
P-8	31,576.50	5,263.50	162,000.00

P-9	22,504.50	3,751.50	59,400.00
P-10	27,472.50	4,579.50	97,200.00
P-11	32,656.50	5,443.50	183,600.00
P-12	22,720.50	3,787.50	83,700.00
P-13	27,040.50	4,507.50	97,200.00

Tabla 5: Costo de producción sistema convencional y eléctrico

Pozo	Costo de producción de agua		Caudal anual m ³
	Sistema convencional m ³	Sistema eléctrico m ³	
P-1	0.25	0.042	86,400.00
P-2	0.24	0.04	94,500.00
P-3	0.38	0.063	89,100.00
P-4	0.25	0.041	118,800.00
P-5	0.16	0.026	175,500.00
P-6	0.2	0.033	126,900.00
P-7	0.3	0.051	75,600.00
P-8	0.19	0.032	162,000.00
P-9	0.38	0.063	59,400.00
P-10	0.28	0.047	97,200.00
P-11	0.18	0.03	183,600.00
P-12	0.27	0.045	83,700.00
P-13	0.28	0.046	97,200.00

Para el cálculo de la tarifa de agua mediante el sistema convencional, se ha obtenido en función a los costos de operación y mantenimiento, consiguiéndose como resultado una tarifa de 702.00 soles/ha/año, y para el cálculo de la tarifa de agua empleando la conversión a un sistema eléctrico, en función a los costos de operación y mantenimiento, se logró como resultado una tarifa de 116.37 soles/ha/año. Sin embargo, para conocer dichas cifras fue necesario conocer los costos de construcción de los pozos con un sistema convencional (Tabla 6).

Tabla 6: Costos de construcción de pozos sistema convencional

Pozo	Costos de Construcción Pozo S/.	Costos de Equipamiento S/.		Inversión total en pozo S/.
		Motor	Bomba	
P-1	283,699.54	44,850.00	20,355.00	348,904.54
P-2	303,211.33	53,475.00	20,355.00	377,041.33
P-3	304,785.44	73,475.00	20,355.00	398,615.44
P-4	217,843.05	53,475.00	16,560.00	287,878.05
P-5	227,515.72	42,450.00	17,940.00	287,905.72
P-6	231,687.04	53,475.00	16,560.00	301,722.04
P-7	243,908.72	44,850.00	16,560.00	305,318.72
P-8	230,938.50	72,450.00	17,940.00	321,328.50
P-9	243,795.38	69,325.00	16,560.00	329,680.38
P-10	242,727.69	53,475.00	16,560.00	312,762.69
P-11	247,646.70	62,450.00	17,940.00	328,036.70
P-12	245,628.41	44,850.00	16,560.00	307,038.41
P-13	234,031.81	53,475.00	16,560.00	304,066.81
	3,257,419.33	722,075.00	230,805.00	4,210,299.33

Para tener cifras para discernir fue necesario también conocer los costos de construcción de los pozos con un sistema convencional (Tabla 7).

Tabla 7: Costos de construcción de pozos sistema eléctrico

Pozo	Costos de Construcción Pozo S/.	Costos de Equipamiento S/.			Inversión total en pozo S/.
		Transformador	Tablero eléctrico	Bomba eléctrica	
P-1	200,398	10,200.00	3,450.00	18,975.00	233,022.91
P-2	215,770	10,200.00	3,450.00	18,975.00	248,394.70
P-3	215,272	10,200.00	3,450.00	18,975.00	247,897.36
P-4	192,594	10,200.00	3,450.00	22,100.00	228,344.20
P-5	203,170	10,200.00	3,450.00	22,100.00	238,920.10
P-6	169,613	10,200.00	3,450.00	22,100.00	205,363.49
P-7	178,004	10,200.00	3,450.00	18,975.00	210,628.92
P-8	206,425	10,200.00	3,450.00	22,100.00	242,174.76
P-9	133,258	10,200.00	3,450.00	18,975.00	165,882.84
P-10	177,449	10,200.00	3,450.00	18,975.00	210,074.30

P-11	218,237	10,200.00	3,450.00	22,100.00	253,987.20
P-12	179,827	10,200.00	3,450.00	18,975.00	212,451.74
P-13	170,358	10,200.00	3,450.00	18,975.00	202,983.13
	2'460,375.65	132,600.00	44,850.00	262,300.00	2'900,125.65

Para la evaluación económica, se ha utilizado los indicadores: el valor actual del flujo de beneficios netos (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y la metodología beneficio/costo, para lo cual se ha tomado, tasa de descuento 9 %, horizonte de evaluación: 10 años (Tabla 8).

Tabla 8: Resumen comparativo (promedio por pozo)

Costos	Sistema Eléctrico S/.	Sistema Diesel S/.
Costos de Construcción Pozo	189,259.67	250,570.72
Costo de equipamiento sistema eléctrico	33,826.92	73,298.46
Inversión total en pozo	223,086.59	323,869.18
Costos de Operación Pozo (día)	29.66	118.64
Costos de Operación Pozo (año)	4,449.00	26,694.35
Costo del agua m ³ año	0.04	0.26

c) Simulación

Al promediar en forma general los 13 pozos de investigación, se aprecian que las diferencias son significativas, resultando en promedio del costo del agua con un sistema convencional S/. 0.26 y con un sistema eléctrico S/. 0.04, (Tabla 8) lo que permitirá conseguir mejorar la rentabilidad, y reduciendo sus costos de operación de S/. 347,026.50 a S/. 57,837.00 en forma anual.

d) Propuesta técnica

Realizar la conversión a un sistema eléctrico, en vista que se consigue costos menores y mayor rentabilidad, en lo concerniente a los costos de construcción se reducen en promedio 31.12%, mientras que los costos de operación se reducen en 83.33%.

e) Sistema de bombeo

El sistema de bombeo debe cambiarse a un sistema eléctrico, en la zona de investigación existen las redes respectivas de suministro de energía, para ello debe considerarse las

instalaciones de los tableros y transformador respectivo, este cambio ahorrará un 83.33% del costo de bombeo.

f) Propuesta económica

Si se optara por el sistema eléctrico se genera un ahorro de S/. 1'310,173.68 en los 13 pozos investigados, considerando que los montos son los siguientes:

- La inversión para un sistema convencional para los 13 pozos representa S/. 4'210,299.33 soles
- La inversión para un sistema convencional para los 13 pozos representa S/. 2'900,125.55 soles.

La evaluación económica global de los 13 pozos también nos muestra diferencia positiva en cada uno de los rubros dónde existe inversión, la diferencia es permanente, lo que permite proponer se ejecute la conversión a un sistema eléctrico.

El caudal de agua producido será el mismo 1'449,900.00 m³ anuales en ambos sistemas, mientras que la reducción de los costos de producción del agua se reduce de S/. 0.26 a S/. 0.04, representando un 31.12%. de reducción.

4. CONCLUSIONES

Se concluye que, la simulación de conversión del sistema convencional diésel a un sistema eléctrico, la operación de los pozos tubulares proyectará una mayor rentabilidad de la explotación de aguas subterráneas en la zona de estudio donde los costos de operación de un sistema eléctrico son menores, los costos de producción también son menores, significando 83.33% de ahorro. Realizada la simulación de conversión del costo del agua con un sistema convencional es S/. 0.26 y con un sistema eléctrico S/. 0.04 con rentabilidad significativa, y reduciendo sus costos de operación de S/. 347,026.50 a S/. 57,837.00 en forma anual.

Estas cifras cotejadas con pruebas estadísticas nos demuestran que:

Las características técnicas de los pozos tubulares influyen en la rentabilidad de la explotación de aguas subterráneas en la cuenca Ilave del departamento de Puno, la prueba estadística nos registra p-valor = 0.000, que es menor al nivel de significancia de 5%.

Los costos de construcción de los pozos tubulares influyen en la rentabilidad de la explotación de aguas subterráneas, se comprobó empleando un análisis de varianza, que muestra un resultado de p-valor = 0.037 que es menor al 5% de significancia, este resultado nos permite aceptar, que si existe una influencia.

Los costos de operación de los pozos tubulares influyen en la rentabilidad, se comprobó empleando un análisis de varianza, que nos muestra un p-valor = 0.017 que es menor al 5% de significancia, este resultado nos permite aceptar, que si existe una influencia.

5. LISTA DE REFERENCIAS

- Álvarez, B. L. (2021). Agua subterránea, un recurso oculto. *Argumentos, estudios críticos de la sociedad*, 15-32.
<https://argumentos.xoc.uam.mx/index.php/argumentos/article/view/1073>
- Baca, G. (1987). Evaluación de proyectos. México: McGraw-Hill.
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=book2.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002358>
- Custodio, E. (2017). Salinización de las aguas subterráneas en los acuíferos costeros mediterráneos e insulares españoles. Iniciativa Digital Politècnica, Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC.
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/111515>
- Custodio, E. & Llamas, R. (1983). Hidrología subterránea (Vol. 2). Barcelona, España: Editorial Omega. https://www.academia.edu/41067940/Custodio_Llamas_Tomo
- Escobar, J., Betancur, T., García, E., Martínez, C., & Palacio, P. (2017). Análisis jerárquico ponderado aplicado a la identificación de recarga y flujos regionales en acuíferos. *Revista Politècnica*, 13(24), 37-48.
doi.org/10.18268/bsgm2018v70n3a5
- FAO. (2020). Perfiles de países: Perú. Food and agriculture organization.
<http://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=PER>
- Gitman, J. (2012) Fundamentos de Administración Financiera, México: Editorial Harla.
- Gómez, S. (2020). Aguas subterráneas en zonas de montaña y trazadores ambientales. Ediciones UIS.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oIcAEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT12&dq=aguas+subterr%C3%A1neo+transportan+contaminantes&ots=ecKKS-Z31N&sig=ejnKfMW6bvBRAD4Ua7xoNSuy1ps#v=onepage&q=aguas%20subterr%C3%A1neo%20transportan%20contaminantes&f=false>
- Guiltinan, J. P. y Gordon, W. P. (1984) Administración de Mercadeo. Estrategias y programas. Mexico: McGraw-Hill.

- Herraiz, A. S. (2009). La importancia de las aguas subterráneas. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 103(1), 97-114.
https://www.dipucadiz.es/export/sites/default/transicion-ecologica-y-desarrollo-urbano-sostenible/.galeria_de_ficheros/docu_cursos_jornadas/jornada-agua-subterranea/informacion_general/Importancia-de-las-aguas-subterraneas.pdf
- INRENA (2012) Plan estratégico sectorial multinacional. Ministerio de Agricultura Oficina de Planeamiento y Presupuesto Unidad de Política Sectorial.
https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/14282/PLAN_14282_2015_PESEM.PDF
- Kotler, P. (2012). Dirección de Mercadotecnia. México: Editorial Prentice- Hall.
<http://www.montartuempresa.com/wp-content/uploads/2016/01/direccion-de-marketing-14edi-kotler1.pdf>
- Llamas, M.R. (2012). La Ciencia del Agua. Madrid: Museo ABC. pp. 75-81.
https://museo.abc.es/wp-content/uploads/2017/11/Hoja_sala_AGUA_Murcia-1.pdf
- Llamas, R. (2011). La inserción de las aguas subterráneas en los sistemas de gestión integrada. España: Instituto Geológico y Minero (45)1104.
<https://www.virtualpro.co/biblioteca/la-insercion-de-las-aguas-subterraneas-en-los-sistemas-de-gestion-integrada>
- Martínez, Y., & Villalejo, V. M. (2020). Caudal ambiental: herramienta ecohidrológica en la gestión de los recursos hídricos. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 41(1), 56-70.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382020000100056
- MEF (2019). Guía General para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión. Dirección General de Programación Multianual de Inversiones – DGPMI.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/Metodologias_Generales_PI/GUIA_EX_ANTE_InviertePe.pdf
- MINAGRI (2015) Memoria anual. Ministerio de desarrollo agrario y riego.
<https://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/42-sector-agrario/recurso-agua/329-uso-y-manejo-de-agua>

- MINAM (2013) línea base ambiental de la cuenca del lago Titicaca. Viceministerio de gestión ambiental dirección general de calidad ambiental. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/Linea-Base-Ambiental-del-Lago-Titicaca.pdf>
- Otálvaro, M. V. V., & Victoria, M. (1992). Hidráulica de aguas subterráneas. Universidad Nacional de Colombia. https://www.researchgate.net/profile/Velez-Maria/publication/338778773_Hidraulica_de_Aguas_Subterranas/links/5e2a11f492851c3aadd512bb/Hidraulica-de-Aguas-Subterranas.pdf
- Quezadas, J. P., Silva, A. C., & Ortega, M. D. R. S. (2017). Origen del agua subterránea en Xalapa y sus alrededores. Mora González, I.(Coordinador), El impacto de las ciencias de la Tierra en la sociedad, 53-69. <https://www.uv.mx/cienti/files/2013/03/El-impacto-de-las-Ciencias-de-la-Tierra-en-la-Sociedad.pdf#page=54>
- Reckmann, O. (2009). Pozos de captación de aguas subterráneas. Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://inia.prodigioconsultores.com/handle/123456789/7277>
- Rosselot, J. H. Z. (2020). Aguas subterráneas: ¿necesidad de un nuevo enfoque?. Revista de Derecho Administrativo Económico, (6), 539-545. <http://revistaathesis.uc.cl/index.php/REDAE/article/view/7708>
- Sahuquillo, A., Custodio, E., & Llamas, M. R. (2009). La gestión de las aguas subterráneas. Tecnología del agua, 305, 60-67. https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_subterranas.pdf
- Sapag N. & Sapag R. (2008). Preparación y evaluación de proyectos. Bogotá, Colombia. Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A <https://untdfproyectos.files.wordpress.com/2018/04/sapag-2008-preparacion-y-evaluacion-de-proyectos.pdf>
- Saville, T. (1927). Las aguas potables y los diversos métodos de purificación. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP); 6 (10). <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/13883/v6n10p708.pdf?sequence=1>
- Socorro, Y. (2018). Determinación de la Disponibilidad de Agua Subterránea en la Cuenca Hidrogeológica CF1 Hanábana (Doctoral dissertation, Universidad

- Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Construcciones. Departamento de Ingeniería Hidráulica).
<https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10171/Tesis%20Yasiel%20Socorro%20Rodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Suárez, O. (2015). Determinación de los recursos hídricos disponibles en la cuenca subterránea VC-I (Doctoral dissertation, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas). <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/3351>
- Vargas A. L. (2016). Evaluación de la rentabilidad de la explotación de aguas subterráneas en la cuenca llave del departamento de Puno. Escuela de Postgrado Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6600>
- Vélez, M. V. (1999). Hidráulica de Aguas Subterráneas. Colombia: Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. https://www.academia.edu/7529930/HIDR%C3%81ULICA_DE_AGUAS_SUBTERR%C3%81NEAS_2a_edici%C3%B3n
- World Water (2015). Agua para un mundo sostenible. Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015. http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf
- Zamora, A.I. (2011). Rentabilidad y Ventaja Comparativa: Un Análisis de los Sistemas de Producción de Guayaba en el Estado de Michoacán. San Nicolás de Hidalgo México. Editorial, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. <https://scholar.google.com/citations?user=isZu0YsAAAAJ&hl=es>
- Zamora, V. M. (2008). Geoquímica de las aguas subterráneas de la Provincia de Las Tunas. La Habana, Universidad de La Habana, Cuba, Facultad de Química, 180 p. http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bal/tesis_doctoral_vilma.pdf