

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“MODELOS DE FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA
POTABLE POR BOMBEO, EN CUATRO DISTRITOS DE LA
PROVINCIA DE PUNO”**

Presentada por:

EDILBERTO VELARDE COAQUIRA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE EN
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AGRÍCOLA**

Lima - Perú

2015

DEDICATORIA

A Dios, quien me dio la fe, fortaleza y salud
A los que crean nuevos conocimientos
A mis queridos padres; Valentín y Cerafina.
A mis hermanos Felipa, Arnaldo, Rosa y Aníbal.
A mi patrocinador, por su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José L. Calle Maraví, por su profesionalismo y asesoramiento.

Al Mg Cs. Cayo Ramos Taipe y al Mg Sc. Manuel Obando Villalobos, por sus sabios consejos

Al Mg Cs. Julio Espinoza Calzín, por su valiosa participación.

INDICE GENERAL

	Pag.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación de la investigación.....	2
1.2. Problema de investigación.....	3
1.3. Problema general.....	4
1.4. Objetivos de la investigación.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. Marco referencial.....	7
2.2. Marco teórico.....	8
2.2.1 Variables económicas, sociales y técnicas que explican el funcionamiento de sistemas de agua potable por bombeo....	9
2.2.2. Posibles variables que intervienen.....	10
2.2.3. Variables técnicas.....	11
2.2.4. Tamaño de muestra y modelo de regresión lineal múltiple.	12
2.2.5. Análisis de regresión múltiple.....	13
2.2.6. Regresión con variables dicotómicas.....	16
2.2.7. Variables Dummy.....	17
2.2.8. Calidad de agua.....	18
III. MATERIALES Y METODOS.....	20
3.1. Descripción del área de estudio.....	20
3.1.1. Ubicación política.....	20
3.1.2. Ubicación geográfica.....	20
3.1.3. Accesibilidad.....	21
3.1.4. Descripción de la situación de los sistemas de abastecimiento de agua potable por bombeo.....	22
3.1.5. Características físico-geográficas y socioculturales.....	23
3.1.6. Materiales y equipos.....	23

3.2. Factores técnicos, económicos y sociales que más influyen en funcionamiento de sistemas de agua potable por bombeo, en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica.....	24
3.2.1. Tipo de investigación.....	24
3.2.2. Tamaño de la muestra y recolección de muestra.....	24
3.2.3. Método para la recolección de datos.....	25
3.2.4. Análisis de regresión múltiple.....	26
3.3. Metodología para análisis de la calidad de agua.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. Resultados de los efectos económicos y sociales en el funcionamiento de los sistemas de agua potable por bombeo, en los distritos en estudio.	29
4.1.1. Variables que integran el modelo.....	30
Estadística descriptiva de las variables que sí tienen efecto significativo.....	30
Estadística descriptiva de las variables que no tienen efecto significativo.....	32
4.2. Resultado del modelo en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica.....	34
4.2.1. Resultado de modelo en el distrito de Paucarcolla.....	35
4.2.2. Resultado de modelo en el distrito de Huata.....	36
4.2.3. Resultado de modelo en el distrito de Coata.....	38
4.2.4. Resultado de modelo en el distrito de Capachica.....	41
4.2.5. Resultados de regresión lineal múltiple a nivel de los cuatro distritos.....	43
4.2.6. Resultado de modelos finales en los distritos de Paucarcolla, Huata,Coata y Capachica en conjunto.....	46
4.3. Resultados del análisis de calidad de agua en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica.....	46
V. CONCLUSIONES.....	51
VI. RECOMENDACIONES.....	53
VII. REFERENCIA DE BIBLIOGRAFÍA.....	54
VIII. ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág
CUADRO 2.1: Codificación de variables Dummy.....	17
CUADRO 2.2 Límites máximos permisibles, microbiológicos y parasitológicos	18
CUADRO 2.3 Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica.....	19
CUADRO 3.1 Accesibilidad al área de estudio.....	21
CUADRO 3.2 Población y tamaño de muestra de los diferentes distritos.....	24
CUADRO 4.1 Variables técnicas y socioeconómicas, considerados antes del modelo.....	29
CUADRO 4.2 Análisis de varianza del modelo para el distrito de Paucarcolla...	34
CUADRO 4.3 Resultado de estimación de los coeficientes de regresión.....	35
CUADRO 4.4 Supuestos del modelo para el distrito de Paucarcolla.....	36
CUADRO 4.5 Análisis de varianza del modelo para el distrito.....	36
CUADRO 4.6 Estimación de los coeficientes de regresión para distrito de Huata.	37
CUADRO 4.7 Supuestos del modelo de regresión para el distrito de Huata.....	38
CUADRO 4.8 Análisis de varianza del modelo estimado para el distrito.....	39
CUADRO 4.9 Estimación de los coeficientes de regresión.....	39
CUADRO 4.10: Supuestos del modelo de regresión seleccionado.....	40
CUADRO 4.11: Análisis de varianza del modelo estimado.....	41
CUADRO 4.12: Coeficientes de regresión para el distrito.....	42
CUADRO 4.13: Supuestos del modelo de regresión seleccionado.....	42
CUADRO 4.14: Análisis de varianza del modelo estimado.....	43
CUADRO 4.15: Estimación de los coeficientes de regresión lineal múltiple.....	44
CUADRO 4.16: Supuestos del modelo de regresión seleccionado.....	45
CUADRO 4.17: Resumen de los modelos de los cuatro distritos.....	46

INDICE DE FIGURAS

	Pág
FIGURA 1: Dotación de agua potable.....	12
FIGURA 2: Zonas de aceptación y rechazo de Durbin-Watson.....	16
FIGURA 3: Localización del proyecto de investigación.....	20
FIGURA 4 Localización esquemática del proyecto de investigación.....	21
FIGURA 5 Pago por servicio de agua en distritos en estudio y provincia de Puno...	31
FIGURA 6 Edad del jefe de familia de los distritos en estudio.....	31
FIGURA 7 Mantenimiento de instalaciones domiciliarias.....	32
FIGURA 8 Nivel de educación de los jefes del hogar.....	32
FIGURA 9 Ingreso económico mensual de las familias en distritos en estudio.....	33
FIGURA 10 Cultura de agua en Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica.....	33
FIGURA 11 Potencial de hidrógeno.....	47
FIGURA 12 Temperatura.....	47
FIGURA 13 Conductividad eléctrica.....	48
FIGURA 14 Dureza total.....	48
FIGURA 15 Cloruros.....	49
FIGURA 16 Sulfatos.....	49
FIGURA 17 Calcio.....	50
FIGURA 18 Sólidos Totales.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Variables técnicas y socioeconómicas, antes del modelo.....	58
Anexo 2	ANVA de las variables del modelo de regresión lineal.....	58
Anexo 3	Datos socioeconómicos y técnicos del distrito Paucarcolla....	59
Anexo 4	Datos socioeconómico y técnico del distrito Huata.....	60
Anexo 5	Datos socioeconómico y técnico del distrito Capachica.....	61
Anexo 6	Datos socioeconómico y técnico del distrito Coata.	62
Anexo 7	Encuesta de investigación	63
Anexo 8	Cuestionario de información técnica por distrito.....	64
Anexo 9	Residuales para los estadísticos de Jarque-Bera, Durbin- Watson y BPG.....	65
Anexo 10	Calculo de supuesto de errores.....	69
Anexo 11	Presiones (m.c.a.) en las redes de distribución, por distritos....	72
Anexo 12	Oferta y demanda de caudales por distritos.....	73
Anexo 13	Verificación del tamaño de la potencia de la electrobomba del distrito de Capachica.....	75

“MODELOS DE FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR BOMBEO, EN CUATRO DISTRITOS DE LA PROVINCIA DE PUNO”

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo encontrar los factores más influyentes en el funcionamiento de un sistema de agua potable por bombeo; operación de bombeo, y verificación del cumplimiento de las normas de calidad del agua, en cuatro distritos de la provincia de Puno: Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica. En el análisis del agua consumida se determinó que fue de buena calidad de acuerdo a los estándares establecidos por la OMS y del Ministerio de Salud. Resultado de la investigación demostraron que; el problema del funcionamiento del sistema de agua potable radica en las escasas horas de suministro de agua, aproximadamente treinta minutos a cinco horas por día, lo cual no fue suficiente, amenazando la salud de la población causando entre otros, enfermedades gastrointestinales. Se analizaron diferentes variables, y dentro de la más importantes que se tomaron en consideración están: X1 (pago por el servicio de agua), X2 (edad promedio del jefe de familia), X3 (número de integrantes de familia), X4 (mantenimiento domiciliario-Sí) y el mantenimiento preventivo de la planta de bombeo, en su categorías X5 = regular, X6 = bueno y X7 = muy bueno. Haciendo uso del método estadístico Stepwise, se obtuvieron los siguientes modelos: Paucarcolla $\hat{Y}=1.441+0.550X_1-0.034X_2-0.096X_3+0.537X_4$, Huata, $\hat{Y}=0.914+0.765X_1-0.024X_2-0.161X_3+0.280X_4$, Coata, $\hat{Y}=1.797+0.715X_1-0.028X_2-0.159X_3$ y Capachica, $\hat{Y}=1.721+0.622X_1-0.030X_2-0.103X_3+0.369X_4$ con un coeficiente de determinación (R_j^2) de 86,5, 94,2, 90,7 y 89,1%, respectivamente. El modelo general fue, $\hat{Y}_i=0.962+0.659X_1-0.028X_2-0.112X_3+0.281X_4+0.438X_5+0.599X_6+0.681X_7$ con un coeficiente de determinación de 91.1%. Finalmente en orden de influencia tenemos; mantenimiento preventivo de la estación de bombeo, a un nivel muy bueno, pago por el servicio de agua, mantenimiento preventivo de la estación de bombeo a nivel bueno, mantenimiento preventivo de la estación de bombeo a nivel regular, mantenimiento de instalaciones domiciliarias, edad de jefe de familia y número de familia por vivienda.

Palabras clave: Bomba, calidad, rendimiento, modelo, Puno, Perú.

SUMMARY

The research was aimed to find the most influential factors in the performance of pumping, of potable water and verify compliance with water quality standards in four districts of the province Puno: Paucarcolla, Huata, Coata and Capachica. Analysis performed on the quality of water consumed was good, and it was according to standards established by OMS and the Ministry of Health. The problem lies in the low coverage of potable water, the supply is approximately for thirty minutes to five hours per day which is not enough, threatening the health of the population, and causing among others gastrointestinal diseases. Stepwise method was used for the following parameters: X1 (payment for water service), X2 (average age of household head), X3 (number of family members), X4 (home-maintenance of water system), and the preventive maintenance performed of the pumping plant in their categories X5 = poor, X6 = good, X7 = very good was also used. The results of the models for the districts evaluated showed the following: Paucarcolla $\hat{Y}=1.441+0.550X_1-0.034X_2-0.096X_3+0.537X_4$, Huata $\hat{Y}=0.914+0.765X_1-0.024X_2-0.161X_3+0.280X_4$, Coata $\hat{Y}=1.797+0.715X_1-0.028X_2-0.159X_3$, and Capachica $\hat{Y}=1.721+0.622X_1-0.030X_2-0.103X_3+0.369X_4$, with an adjusted coefficient (R_j^2) of 86.5, 94.2, 90.7 and 89.1% respectively. The overall model was, $\hat{Y}_i=0.962+0.659X_1-0.028X_2-0.112X_3+0.281X_4+0.438X_5+0.599X_6+0.681X_7$ with a coefficient of determination of 91.1%. In order the following variables showed to be significant; preventive maintenance of the pumping station at a very good level, payment for water service, preventive maintenance of pumping station good level, preventive maintenance of pumping station to regular level, home maintenance facilities, age of household head and number of family housing.

Keywords: Pump, quality, performance, model, Puno, Perú.

I. INTRODUCCIÓN

El servicio de agua potable, en el sector rural de la región de Puno, es de 12.5%, y aún falta cubrir el 87.5%. En tal sentido, se debe implementar políticas locales, regionales y nacionales con la finalidad de abastecer de agua potable a la totalidad de esta población andina (INEI, 2007).

Las zonas de estudio carecen de recurso hídrico para consumo humano, por tener acuíferos salinos o por estar contaminado con aguas residuales que contienen microorganismos patógenos, metales pesados emanados por las ciudades de Juliaca y Puno, lo cual limita extraer agua del subsuelo, teniendo que bombear desde distancias considerables, incrementado costos de operación y mantenimiento. Por diversas razones, el funcionamiento de sistemas de abastecimiento de agua potable por bombeo en la zona de estudio, en promedio, es bastante bajo (DIGESA 2011), lo que pone en riesgo la salud de la población que debe de hacer higiene antes de ingerir alimentos y después de usar servicios higiénicos, en adición a la importancia de agua para la ingesta.

También los cambios climáticos están generando una tendencia de reducción de las precipitaciones, con implicancias en la disminución de caudales en los manantiales y nivel freático de las aguas subterráneas, ocasionando escases de las fuentes de agua.

El presente trabajo de investigación, plantea determinar la sostenibilidad de funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable por bombeo durante las 24 horas del día, identificando las variables que deben mitigarse y potencializar mediante un modelo multivariado, en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica,

Para efecto del presente estudio, se determina diferentes variables de operación del sistema de agua por bombeo, y en adición se analizan los estándares de la calidad de agua que se consume en los cuatro distritos seleccionados, para determinar su grado de influencia en la población.

1.1. Justificación de la investigación

Las características de las viviendas rurales del área de estudio, son en su mayoría de material de adobe, con techos de calamina, sin veredas, calles sin pavimentar y con falta de infraestructura de saneamiento.

Diversos factores como la tasa de crecimiento poblacional de la Región de Puno del 1.3%, así como mal uso de los recursos locales, falta de decisión política y cultura de agua, agudiza el uso de este importante recurso (INEI, 2007).

Los distritos en estudio carecen de recurso hídrico para consumo humano, por tener acuíferos salinos o contaminados de aguas residuales emanadas por las ciudades de Juliaca y Puno, que contienen microorganismos patógenos, metales pesados, lo cual limita extraer agua del subsuelo, lo que ocasiona bombear el agua desde distancias considerables incrementado los costos de operación y mantenimiento.

Puesto que el servicio continuo de agua potable es un factor determinante para la buena salud pública en la prevención de enfermedades diarreicas agudas, hepatitis, polio, parásitos, logrando disminuir la morbimortalidad, su buen uso y ahorro beneficia.

El servicio continuo de agua potable a nivel domiciliario, en promedio, es muy bajo, a pesar de tener infraestructura hidráulica, como planta de bombeo, reservorio, línea de aducción y red de distribución. El funcionamiento parcial de los sistemas de abastecimiento de agua, no garantiza la salud de la población, especialmente en los niños que deben de hacer higiene antes de ingerir alimentos y después de usar servicios higiénicos. Actualmente los pobladores de la zona de estudio consumen solo la mitad de la dotación per cápita establecida por la OMS, de 30.2 litros/día/habitante, y en contraste con otros países que disfrutan 120 y hasta 250 lit/día/habitante. DIGESA y Robert (2006).

Frente a los limitados trabajos de investigación sobre el tema, se pretende contribuir modelando el funcionamiento de varios sistemas de agua potable por bombeo, en función a diferentes variables exógenas y endógenas.

1.2 Problema de investigación

En el Perú, como en la mayoría de los países de la región, tener acceso a suministro de agua en forma continua durante todo el día, sigue siendo uno de los problemas a enfrentar, a pesar de tener infraestructura hidráulica como planta de bombeo, reservorio, línea de impulsión, red de distribución y fuente de agua.

En la región de Puno, algunos sistemas de agua potable por bombeo solo funcionan en fiestas patronales, interdiario, en días de feria, y algunos brindan servicio durante dos a tres horas, en promedio, durante el día, incumpliendo con el propósito de brindar servicio de agua potable en forma continua, obligando a la población en muchos casos a consumir agua de fuentes superficiales contaminadas, sin ningún tratamiento, como son ríos, pozos a tajo abierto, aguadas y otros.

En los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata, y Capachica, las inversiones económicas son muy altas en construcciones de infraestructura de abastecimiento de agua potable, siendo el ratio aproximado de inversión de 2000 a 5000 por cada habitante y los ingresos de retorno de capital son poco significativos para solucionar la situación, según datos de EMSAPUNO (2012).

El informe de saneamiento de la región Puno, del 2010, indica que en adición a la infraestructura, la falta de manejo y organización de los pobladores es uno de los problemas más serios.

El servicio parcial del suministro de agua potable, en el ámbito de estudio, trae diversas consecuencias sobre la población usuaria como presencia de enfermedades gastrointestinales, malestar por la mala calidad de servicio, incumpliendo con los objetivos del proyecto ejecutado que es reducir las enfermedades gastrointestinales, mejorar la salud de la población, ampliar las horas de lectura en los niños, tiempo que lo usan para traer agua de sitios lejanos.

Mendez (2011), en el trabajo de investigación, manifiesta que es necesario identificar las variables que inciden, tipos y cantidades referentes al funcionamiento de sistemas de agua potable por bombeo. Las variables que mejoran el buen funcionamiento del sistema serán

potencializadas y las que disminuyen serán mitigadas, puesto que el agua es un derecho universal y es uno de los factores claves de la buena salud.

1.3. Problema general

¿Cuáles son las variables más importantes que inciden en el limitado servicio de agua potable por bombeo, contando con instalaciones de infraestructura hidráulica en buenas o regulares condiciones en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica, de la provincia de Puno?

Hipótesis general

El conocimiento de las variables de operación de los sistemas de agua potable por bombeo y de calidad del recurso natural en zonas rurales, permitirá mayor disponibilidad de agua potable en los distritos de Paucarcolla, Huata, Capachica y Coata, de la provincia y departamento de Puno.

Hipótesis específica

La mejora de las variables técnicas, económicas y sociales, incrementa las horas de funcionamiento de sistema de agua potable por bombeo.

1.4. Objetivos de la investigación

Objetivo general

Determinar los factores técnicos, económicos y sociales que, de forma predominante, influyen en el funcionamiento de los sistemas de agua potable por bombeo, así como verificar el cumplimiento de las normas de la calidad del recurso en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica, de la provincia de Puno.

Objetivos específicos

- Establecer los factores técnicos, económicos y sociales más influyentes en el funcionamiento de los sistemas de agua potable por bombeo, en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica, de la provincia de Puno, haciendo uso de modelos matemáticos.

- Verificar el cumplimiento de las normas de la calidad de agua en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica, de la provincia de Puno. Finalmente, determinar la influencia de esta variable en los modelos por estimar.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco referencial

La cobertura de agua potable en la región de Puno, en el sector rural, es de 12.5 % y aún falta el 87.5 %; en tal sentido, se deben implementar lineamientos, políticas locales, regionales y nacionales, con la finalidad de abastecer de agua a la totalidad de la población (INEI, 2007).

Mendes (2011), indica que, de acuerdo al propósito de mejorar la calidad de vida de las poblaciones étnicas del país, algunas entidades privadas y públicas han invertido recursos en implementación de sistemas de abastecimiento de agua potable, manejo de excretas y residuos sólidos. Sin embargo, han fracasado por diferentes razones, la mayoría de ellas relacionadas con la metodología errática aplicada durante los procesos de concepción del proyecto, diseño, implementación y seguimiento. Durante la ejecución de estos procesos, no se logra la vinculación real de la población, ni se tiene en cuenta los imaginarios y la cultura misma de sus habitantes. En la actualidad, existen entidades tanto de carácter público como privado, que cuentan con recursos económicos para invertir en proyectos de saneamiento, pero la mayoría de las veces hace falta actores que sirvan de conexión entre estas y las posibles comunidades a ser beneficiadas, por lo cual es importante que los organismos no gubernamentales y técnicos formen alianzas con las poblaciones, acompañando la gestión del proceso completo desde la construcción, operación y mantenimiento de los proyectos.

Castillo (2006), en su estudio sobre el Modelo de diseño de un sistema de bombeo de agua potable del reservorio No. 6 de la ciudad de Juliaca con fines de mejoramiento de los indicadores operacionales, cuyo objetivo fue determinar eficiencias de sistema de impulsión, almacenamiento y distribución, concluye que deben independizarse los sectores de abastecimiento que permitan realizar los requerimientos reales de agua potable.

Ramos (2013), resalta la importancia socioeconómica en la mejora en salud pública a través de un uso intensivo de agua potable, además, indica generar debate en torno a la

mejor forma de organizar la gestión del servicio de agua. Lo interesante del caso, es que nos ofrece la posibilidad de observar la interacción, en ambos sentidos, entre hechos e ideas económicas.

Castillo (2006), indica que, en el estudio de abastecimiento de agua potable por bombeo en el Distrito de Samán, departamento de Puno, uno de los aportes del proyecto es la organización de la población, para lo cual es relevante el aspecto social, técnico, económico, ecológico, administrativo, de mantenimiento y evaluación, antes, durante y después de la ejecución de obra.

Quispe (2013), estudia, en las regresiones que presenta el modelo Logit, las siguientes variables: precio hipotético a pagar (PREC), edad (EDAD), género (GEN), estado civil (ECIVIL), nivel de educación (EDUC), número de hijos menores de 18 años (HIJO), ingreso mensual familiar (ING), padecimiento de enfermedades (ENF), y determina la disponibilidad a pagar por el servicio de agua potable la cantidad de S/. 13.73 soles.

2.2. Marco teórico

2.2.1 Variables económicas, sociales y técnicas que explican el funcionamiento de sistemas de agua potable por bombeo

Pago por el servicio de agua

Delmas (2015), manifiesta en una muestra representativa de 50 ciudades analizada estadísticamente. Los resultados confirman que algunas de las variables están claramente relacionadas con el consumo relativo de energía de la red. Tal es el caso, para el tamaño de la población, donde los pequeños municipios tienen hasta 14 veces más alto el consumo eléctrico en comparación con los municipios de tamaño medio, debido a factores tales como fuerte gradiente entre un tanque de agua y el punto de consumo. SUNNAS (2013) afirma, respecto a los usuarios que consumen hasta ocho metros cúbicos al mes, que la tarifa en promedio representa de S/. 11.04 a S/.12.04. La correspondiente al sector rural es de S/.3.00 por mes, sin medición del consumo. La Psicología de la Sustentabilidad (PS) estudia las problemáticas hídricas considerando la relación entre disponibilidad per cápita y consumo de agua. A partir de conceptos tales como densidad poblacional, infraestructura

hídrica y provisión de agua, plantea tres estilos de vida relativos al almacenamiento de agua, la reparación de fugas y el consumo hídrico. La PS advierte que las relaciones causales entre las problemáticas hídricas y los estilos de vida son relevantes si se considera el desarrollo local sustentable más que regional y global. En Parral, México, los resultados indican que los hogares están dispuestos a pagar del 1.8 % al 7.55 % de sus ingresos reportados por encima de su cuenta de agua corriente, para los servicios de agua potable segura y confiable. Vasquéz (2009).

Edad del jefe de familia

Según Quispe (2013), en su trabajo de investigación titulado: «Relación entre la disposición a pagar y factores socioeconómicos por los servicios de saneamiento básico en el distrito de Caracoto» determina la variable edad de forma negativa, señalando una relación inversa con la variable dependiente, disponibilidad a pagar (DAP). Explica que a mayor edad, menor es la opción de disfrutar de los beneficios del proyecto o uso de servicio de agua potable y por lo tanto, es menor también la disponibilidad a pagar.

Número de integrantes de la familia

Según Sáez (2010), para estimar el consumo medio de agua potable por habitante se aplicaron técnicas de mínimos cuadrados ordinarios. La función de demanda empleada en ese estudio presenta la siguiente especificación: $Q = 58,76 - 0,287AP + 0,391Y + 0,200T - 0,053^a - 0,140U + 0,024W - 0,108Pe$, donde Q_i = Consumo medio de agua por habitante; AP_i = Precio medio del agua; Y_i = Renta per cápita; T_i = Índice de turismo; A_i = Edad media de la población; U_i = Tasa de desempleo; W_i = Porcentaje de mujeres; y Pe_i = Número de personas que por término medio habitan una vivienda. En el modelo se aprecia que es inversamente proporcional el consumo medio de agua por habitante, versus número de personas que por término medio habitan una vivienda.

Mantenimiento de instalaciones domiciliarias

Al iniciarse la operación de un sistema, deberá verificarse que las válvulas o hidrantes se encuentren en buen estado de funcionamiento y con los elementos de protección (cajas o cámaras) limpias, que permiten su fácil operación. Luego, se procederá a operar y lubricar las partes móviles. Se realizará inspección, limpieza, manipulación, lubricación o engrase de las partes móviles con periodicidad mínima de seis meses, a fin de evitar su

agarrotamiento o inoperatividad. De localizarse válvulas o hidrantes deteriorados, deberá reportarse para proceder a reparación o cambio. Ramos (2005).

CESEL (2006) indica que, para trabajos que requieren mayor cantidad de personal, mano de obra calificada, así como equipos, deberá conformarse un grupo que realice tanto labores de agua potable como de aguas servidas, ambos servicios estarán conformados por un capataz, un operario y dos ayudantes. En la caseta de bombas, se realizará mantenimiento diario de limpieza de los equipos, tablero y tuberías. En el mantenimiento anual, durante la paralización del funcionamiento del sistema, se realizarán las siguientes labores de mantenimiento: limpieza general de las estructuras, tuberías y equipos, pintura de las tuberías para comprobar el correcto funcionamiento de las partes móviles, verificación del número de horas de funcionamiento de cada uno de los equipos y comprobación del cumplimiento de las recomendaciones de mantenimiento hechos por los proveedores de los equipos.

Mendez & Opazo (2011) señalan el hecho de que muchos proyectos implantados por instituciones gubernamentales y ONG, ya sean nacionales o internacionales, así como por los gobiernos locales y centrales, son generados desde las políticas de modernización como válidos para el conjunto de la población, sin una clara consideración de su diversidad cultural, muchas veces generando e intensificando el sentimiento de exclusión de los grupos locales, ya que las decisiones se toman en nombre del desarrollo, implican intervención y ordenamiento de sus propios parámetros, su cultura y territorio.

Una función clave en el sector de agua y saneamiento, a la que frecuentemente no se le da la importancia que merece, es el apoyo a organizaciones comunitarias que proveen servicios, principalmente la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) en áreas rurales. Esta función puede ser asignada a municipalidades, gobiernos regionales, o ministerios, a través de sus filiales departamentales. Considerando las municipalidades, se observó que la participación de las municipalidades en la atención de los servicios rurales era insuficiente, presentado en distintos niveles, desde la preparación del expediente técnico, planificación, financiamiento y supervisión de la construcción. Esto demostró que no tienen ni la capacidad financiera, ni incentivos para apoyar a organizaciones comunitarias (Cruz, 2013).

Acceso al servicio de agua potable y saneamiento

OPS (2011). En lo que respecta a las áreas urbanas, la cobertura fue de 89 %. Por otro lado, en las áreas rurales fue de 38 %, la cobertura de saneamiento urbano se estimó en 81.9 % a nivel nacional y 21.3 % en la zona rural, lo cual representa un serio problema de contaminación al medioambiente.

2.2.2. Posibles variables que intervienen

Aguilar (2003) afirma que factores como la temperatura, precipitación y humedad relativa, operan de manera independiente o combinados, sumados a los aspectos culturales, socioeconómicos como estrato y bienestar social. Jonesa (2007) evidencia, en la organización social, el mejoramiento de servicio de agua potable por bombeo.

2.2.3. Variables técnicas

Mantenimiento de instalaciones domiciliarias

El suministro de agua corriente intermitente es una práctica común en todo el mundo, que aumenta el riesgo de contaminación microbiana a través de múltiples mecanismos. La conversión de un suministro intermitente a un suministro continuo tiene el potencial de mejorar la calidad de agua suministrada a los consumidores. Para entender los efectos de esta mejora en la calidad del agua, se probaron muestras de depósitos, grifos de consumidores y de agua potable proporcionados por los hogares de un suministro intermitente y continuo en Hubli-Dharwad, India, hace más de un año. Las muestras de agua se ensayaron para coliformes totales, *Escherichia coli*, turbidez, cloro libre y cloro combinado, 31,7 % de muestras de las llaves de suministro de agua intermitentes positivos para *E. coli* (Cumpy & Kara, 2013).

CEPIS (2010) indica que mantenimiento es hacer funcionar en forma correcta el sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, a través de acciones ejecutadas en forma permanente y sistemática en las instalaciones, equipos para asegurar agua a la comunidad de buena calidad, servicio constante y cantidad de agua suficiente. La operación de equipo de bombeo se refiere al manipuleo del interruptor eléctrico y válvulas de paso, el operador debe cuidar que la tubería de succión esté siempre llena, antes y después de ponerla en marcha. Revisar la protección sanitaria del pozo, observando que no existan fisuras que permitan el acceso de agua contaminada al pozo, cada seis meses inspeccionar el área de

influencia del pozo para asegurarse que no existen animales, tanques sépticos, u otras fuentes de contaminación. Aforar cada tres meses el caudal del pozo para observar que no ha disminuido su capacidad y controlar, también, el nivel estático del agua en el pozo.

Continuidad del servicio de agua

Fernandez y Mortier (2010) indican que en la mayoría de los países se observa problemas de calidad de agua en general, consecuencia de deficiencias en la operación y mantenimiento poco eficientes, ausencia de problemas de desinfección, redes de distribución en condiciones precarias, conexiones domiciliarias clandestinas y mal hechas y problemas con instalaciones domiciliarias, son algunos de los factores que comprometen la calidad del agua.

Operación y mantenimiento del sistema de bombeo

CEPIS (2010) manifiesta que la actividad de mantenimiento es, en realidad, la conservación en buen estado del funcionamiento de los equipos e instalaciones en la estación de bombeo de agua: bombas, tablero eléctrico, válvulas y sistema de control de funcionamiento de bombas. El mantenimiento preventivo se realiza para que las instalaciones y equipos se encuentren en óptimas condiciones y deberá efectuarse con una periodicidad establecida. El mantenimiento de rutina consiste en verificar que todos los pernos, tuercas de los cables de energía, barras de cobre al interruptor principal, conectores y terminales estén ajustados y seguros. Las señales de quemado o calor requieren mayor investigación que puede conducir al reemplazo de cables, barras de cobre, o conectores. Debe verificarse que los caudales y presiones esperados en la estación, se obtienen durante los arranques individuales de la bomba.

Consumo per cápita de agua potable

La variación de consumo promedio de agua por habitante, para uso doméstico en los seres humanos, es de un mínimo de dos litros del líquido elemento por día para sobrevivir, que es menos de un metro cúbico por año. Mali, China, India, Egipto y en Estados Unidos de Norte América consumen 4, 32, 52, 77, 106, y 215 litros por día, respectivamente (Robert, 2006). La cantidad promedio de agua que necesita una familia para la ciudad de Colombia es de 182.23 lt/hab/día. Los distritos con mayor consumo de agua potable en la provincia

de Lima, año 2011, son: La Molina, Chaclacayo, Pachacámac, Chosica con 258.83, 46.55, 36.13 y 15.24 lt/hab/día, respectivamente. Granada (2011).

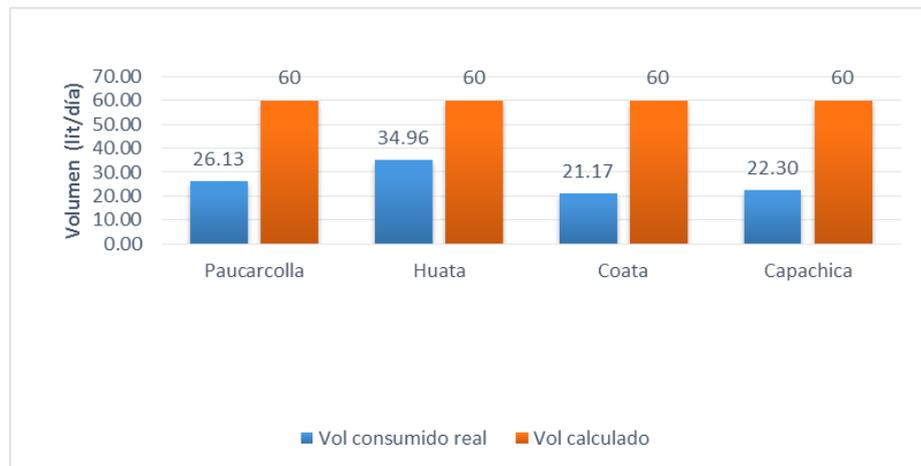


Figura 2.1: Volumen de consumo real de agua potable y establecido por la OMS.

El consumo per cápita de agua potable en los distritos en estudio es de 27,45, comparado con 60 litros/habitante/día, que es la dotación asignada por el Ministerio de Salud. Existe un déficit de 33.55 litros/día/persona, este es cubierto muchas veces con agua de manantial, pozos, agua de lluvia, e incluso con aguas superficiales.

2.2.4. Tamaño de muestra y modelo de regresión lineal múltiple

Tamaño de muestra

Llunen (2011) indica cuándo se conoce el tamaño de la población. La muestra es el siguiente:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot P \cdot Q}{d^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot P \cdot Q}$$

Donde, n = tamaño de muestra, N = tamaño de la población, Z = nivel de confianza, P = probabilidad de éxito o proporción esperada, Q = probabilidad de fracaso, d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

2.2.5. Análisis de regresión múltiple

Gujarati (2010) dispone de una ecuación con dos variables independientes adicionales:

$$Y' = a' + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_mx_m$$

Para poder resolver y obtener a, b_1 y b_2 en una ecuación de regresión múltiple, el cálculo se presenta muy tedioso porque se tiene que atender tres ecuaciones que se generan por el método de mínimo de cuadrados. Para poder resolver, se puede utilizar programas informáticos como AD+, SPSS, R, Minitab, Excel y otros.

$$\sum y = na + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2$$

$$\sum x_1y = a \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1x_2$$

$$\sum x_2y = a \sum x_2 + b_1 \sum x_1x_2 + b_2 \sum x_2^2$$

a) Prueba de significancia de la regresión (F)

Este procedimiento suele considerarse como una prueba general o global de la adecuación del modelo. Las hipótesis son:

$$H_0 : \beta_0 = \beta_1 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 \quad \text{Al menos para una } j$$

b) Prueba sobre coeficientes individuales de regresión

Quesada (2010), indica para probar la significancia de cualquier coeficiente individual de regresión, como por ejemplo β_j , es:

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0$$

El estadístico de prueba para esta hipótesis es:

$$t_0 = \frac{\hat{\beta}_j}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 c_{jj}}} = \frac{\hat{\beta}_j}{se(\hat{\beta}_j)}$$

c) **Regresión Stepwise**

Gujarati, Hanke y Rojo (2007) forman una secuencia de regresiones, agregando o eliminando variables independientes en cada etapa, el criterio para agregar o eliminar una variable puede ser en base a estadísticas F o en base a coeficientes de correlaciones parciales. El procedimiento se puede resumir en lo siguiente:

Se calculan todas las regresiones simples para cada una de las k-1 variables independientes potenciales. Para cada una de las ecuaciones de regresión simple se obtiene la estadística:

La variable independiente con el mayor valor F es considerada, si este valor F excede a un nivel predeterminado, la variable independiente debe ser considerada en la regresión, de otra manera, el programa termina, considerándose que ninguna variable independiente brinda la suficiente ayuda como para ser considerada en el modelo de regresión.

d) **Supuestos básicos de regresión lineal múltiple.**

Córdova (2010), indica cumplir con ciertas hipótesis o supuestos que sustenten la propiedad, eficiencia y consistencia del modelo y estos son:

Normalidad

La regresión lineal múltiple supone que cada ε_i está distribuido normalmente con media cero y varianza constante σ^2 y con una correlación de los errores igual a cero y con covarianza igual a cero.

H_0 : Los e_i (Los residuales se distribuyen normalmente)

H_1 : Los e_i (Los residuales no se distribuyen normalmente).

Multicolinealidad

Significa la existencia de una relación «perfecta» o exacta entre algunas o todas las variables explicativas de un modelo de regresión. En contraste en el modelo presentado no debe existir multicolinealidad entre las variables independientes y la dependiente. Los valores de FIV, para cada una de las variables independientes cuando se acerca a 1 y no es superior a 10, no es un problema de multicolinealidad.

$$FIV_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad j = 1, 2, \dots, k$$

Homocedasticidad

Un supuesto importante del modelo clásico de regresión lineal es que las perturbaciones μ_i , que aparecen en la función de regresión poblacional, son homocedásticas; es decir, todas tienen la misma varianza. El modelo clásico de regresión lineal exige, como hipótesis básica, que la varianza de las perturbaciones aleatorias, condicional a los valores de los regresores X, sea constante. Para determinar empleamos la ecuación de Breuch Pagan.

La prueba Breusch-Pagan-Godfrey, considera lo siguiente:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u_i$$

Estimar mediante MCO y obtener los residuos $\hat{u}_1, \hat{u}_2, \dots, \hat{u}_n$.

$$\text{Obtener } \tilde{\sigma}^2 = \sum \hat{u}_i^2 / n.$$

Construir las variables p_i , definidas como que es, simplemente, cada residuo elevado al cuadrado dividido entre $\tilde{\sigma}^2$.

$$p_i = \hat{u}_i^2 / \tilde{\sigma}^2$$

Hacer la regresión de los p_i , así contruidos sobre las Z como:

$$p_i = \alpha_1 + \alpha_2 Z_{2i} + \dots + \alpha_m Z_{mi} + v_i$$

Donde v_i es el término de residuos para esta regresión.

Obtener la SCE (suma de cuadrados explicada) y luego el estadístico de Breuch Pagan Θ .

$$\Theta = \frac{1}{2}(SCE)$$

Si se supone que los u_i están normalmente distribuidos, se demuestra que hay homocedasticidad. Es decir, Θ sigue una distribución ji cuadrada con (m-1) grados de libertad.

Autocorrelación

Un supuesto importante del modelo lineal clásico, es que no existe autocorrelación o relación serial entre los errores. Si se viola este supuesto, se tiene el problema de correlación serial o autocorrelación.

Para determinar si los errores están correlacionados, se utilizará la prueba de Durbin-Watson, para lo cual se seguirá el procedimiento siguiente:

$$H_0 : \rho = 0 \text{ (No existe autocorrelación)}$$

$$H_1 : \rho > 0 \text{ (Si hay autocorrelación).}$$

Se calcula el estadístico Durbin-Watson «d»:

$$d = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad 0 \leq d \leq 4$$

Para un «n» dado y k (número de variables independientes), se va a la figura y se elige un valor d_u (superior) y d_l (inferior), si el estadístico d es menor o igual a dos, no hay problema de autocorrelación.

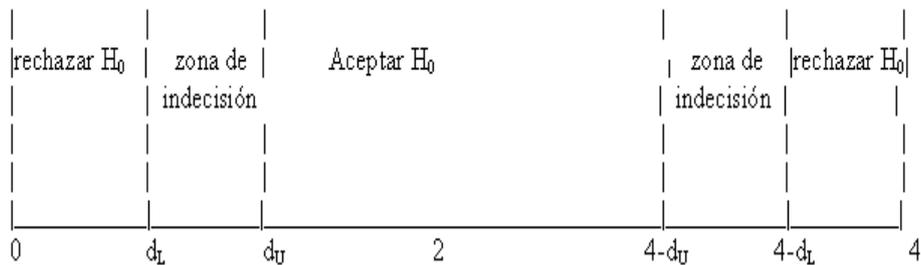


Figura 2.2: Zonas de aceptación y rechazo de Durbin-Watson.

2.2.6. Regresión con variables dicotómicas

Hanke y Gujarati (2010), en el análisis de regresión, manifiesta que la variable dependiente está influenciada frecuentemente no solo por variables que pueden ser fácilmente cuantificadas sobre una escala bien definida (por ejemplo, en este caso: edad,

años de experiencia, remuneración, número de hijos), sino también por variables que son esencialmente cualitativas por naturaleza (sexo, estado civil, tipo de servicio con que cuenta la vivienda, nivel remunerativo, etc.).

Donde la regla general es: si una variable cualitativa tiene k categorías, se introduce solamente k-1, variables «ficticias».

2.2.7. Variables Dummy

Según Triola et al. (2009), las variables Dummy es un método para cuantificar características de tipo cualitativo. Representan la conveniencia de separar categorías discretas y esta se utiliza para determinar la relación entre variables cualitativas independientes y una variable dependiente. Si una variable Dummy, tiene K categorías se introduce solo K-1 variables independientes.

Cuadro 2.1: Codificación de variables Dummy

	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄
Nivel 1	1	0	0	0
Nivel 2	0	1	0	0
Nivel 3	0	0	1	0
Nivel 4	0	0	0	1
Nivel 5 o Nivel de referencia	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

En el cuadro, tenemos cinco categorías entonces se tendrá cuatro variables X₁₁, X₁₂, X₁₃, X₁₄, una menos que el número de niveles, atribuyéndoles a cada una valores 1 o 0, según se halle presente o no el correspondiente nivel. Una vez introducidas, el modelo queda: $\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_{11}X_{11} + \hat{\beta}_{12}X_{12} + \hat{\beta}_{13}X_{13} + \hat{\beta}_{14}X_{14}$. Los coeficientes β_i , cuantifican el efecto producido por la presencia del correspondiente nivel de la variable explicada X.

Si solo el coeficiente $\hat{\beta}_{11}$ es significativo, el modelo quedaría: $\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_{11}X_{11}$, de la misma manera si la significación es de $\hat{\beta}_{12}$, el modelo sería $\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_{12}X_{12}$, y así sucesivamente.

2.2.8. Calidad de agua

El agua potable es aquella que es posible usarla para el consumo de las personas, sin que tenga efectos adversos en el organismo. El agua sin tratar o purificar, puede contener virus, bacterias, sustancias tóxicas radiactivas, partículas de arcilla, algas y minerales en cantidades distintas de las requeridas DIGESA (2011).

Tabla 2.2: Límites máximos permisibles, microbiológicos y parasitológicos

Parámetros	Unidad de medición	Límite máximo permisible
1. Bacterias coliformes totales	UFC/100 ml a 35 °C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 ml a 44.5 °C	0 (*)
3. Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100 ml a 44.5 °C	0 (*)
4. Bacterias heterotróficas	UFC/ml a 35 °C	500
5. Huevos y larvas de helmintos, quistes de protozoarios patógenos	N.º org/l	0
6. Virus	UFC/ml	0
7. Organismos de vida libre como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos	N.º org/l	0

UFC = Unidad formadora de colonias (*) Fuente: Reglamento de Calidad de Agua de Consumo Humano, MINSA-DIGESA-2010.

Cuadro 2.3: Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

Parámetro	Unidad de medición	Límite comendado MINSA-DIGESA (2010)	Límite Máximo permisible OMS (2005)
1. Olor	---	Aceptable	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15	15
4. Turbiedad	UNT	5	5
5. pH *	Valor de pH	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5
6. Conductividad (25°C)	µmhos/cm	1500	2000
7. Sólidos totales disuelto	mg/l	1000	1000
8. Cloruros	CL ⁻ mg/l	250	200 a 300
9. Sulfatos	SO ₄ ⁼ mg/l	200	250
10. Dureza total	CaCO ₃ mg/l	500	250-500
11. Alcalinidad	CaCO ₃ mg/l	120	200-500
12. Amoníaco	N mg/l	1.5	1.5
13. Aluminio	Al mg/l	0.2	0.2
14. Calcio	Ca mg/l	75	200
15. Cobre	Cu mg/l	2.0	1.0
16. Hierro	Fe mg/l	0.3	0.3
17. Magnesio	Mg mg/l	125	150
18. Manganeso	Mn mg/l	0.1	0.5
19. Nitrato	NO ₃ mg/l	<1	5
20. Sodio	Na mg/l	200	200

UCV = Unidad de color verdadero; UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad.

Fuente: Valores establecidos en el Reglamento de Calidad de Agua Consumo Humano, MINSA-DIGESA-2010, OMS- 2005

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del área de estudio

El proyecto de investigación, realizado en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica, de la provincia de Puno, contempla modelos de operación de sistemas de agua potable por bombeo, en función de aspectos técnicos, económicos y sociales.

3.1.1. Ubicación política

La ubicación política es de la siguiente manera:

Región/Dpto. : Puno
Provincia : Puno
Distritos : Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica

3.1.2. Ubicación geográfica

El área de estudio se ubica en la provincia y departamento de Puno, al noreste de la ciudad de Puno y a 10 kilómetros de la carretera Puno–Juliaca.

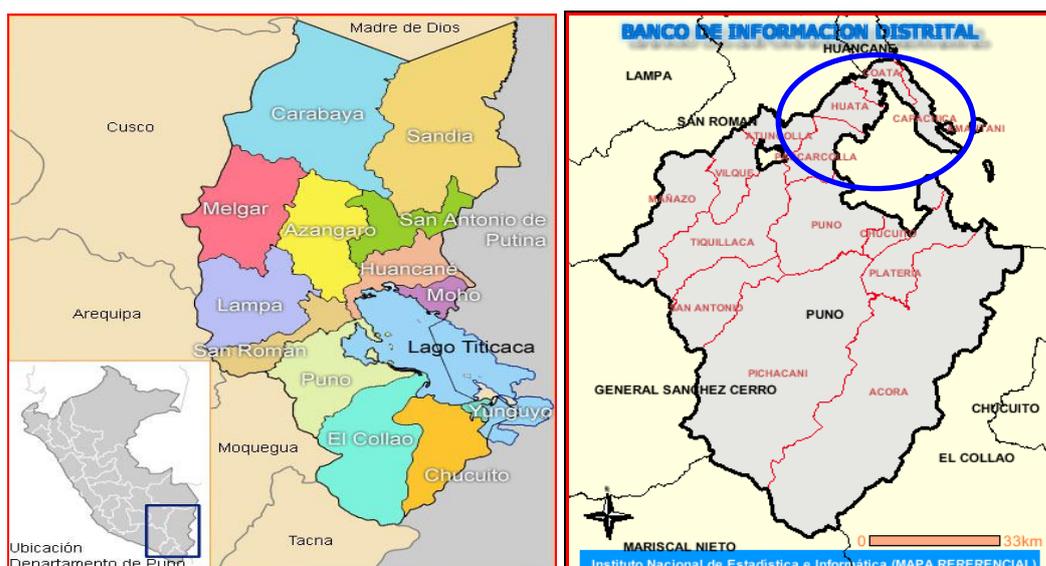


Figura 3.1: Localización del proyecto de investigación

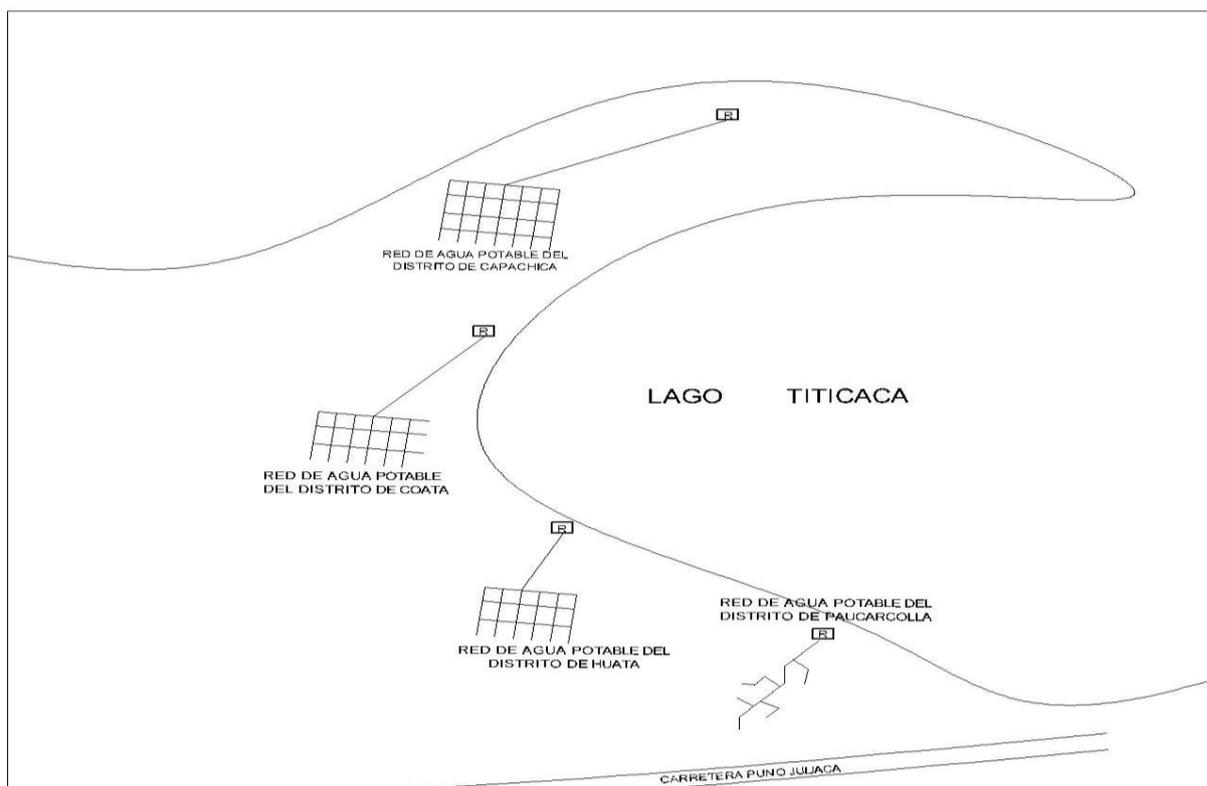


Figura 3.2: Localización esquemática del proyecto de investigación

3.1.3. Accesibilidad

El transporte a la zona de estudio es vehicular, desde la ciudad de Puno hasta el desvío del distrito de Huata, el mismo que está camino al de Capachica.

Cuadro 3.1: Accesibilidad al área de estudio

Tramo	Tipo de vía	Distancia aprox. (km)	Tiempo (minutos)	Frecuencia vehicular
Puno-Paucarcolla	Asfaltada	15	20	Continuo
Puno-Huata	Asfaltada	30	30	Continuo
Puno-Coata	Asfaltada	37	40	Continuo
Puno- Capachica	Asfaltada	40	50	Continuo

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.4. Descripción de la situación de los sistemas de abastecimiento de agua potable por bombeo

Abastecimiento de agua potable por bombeo, del distrito de Paucarcolla

La población usuaria de agua potable es de 91 familias, las viviendas son construidas con material de adobe. La oferta de agua está dada por el manantial denominado «Paccha», con un caudal de 1.2 lt/seg. La estación de bombeo está en regulares condiciones, especialmente en referente a la electrobomba y válvulas. La línea de impulsión consta de una longitud de 430 metros, desde la estación de bombeo hasta el reservorio, con tubería PVC, clase 10 y con un diámetro de 2.5 pulgadas. La red de distribución es de tubería de PVC, clase 10, con diámetros de 3", 2". El reservorio tiene una capacidad de 40 metros cúbicos. El equipo de bombeo tiene 7.5 HP de potencia. Toda la infraestructura fue ejecutada en el año 2006.

Abastecimiento de agua potable por bombeo, del distrito de Huata

Las 173 familias se abastecen de un pozo tubular, de 28.66 metros de profundidad, construido por la municipalidad de Huata en el año 1995. El agua es impulsada, directamente al reservorio, por una bomba de 10 HP de potencia. El reservorio tiene un volumen de 20 metros cúbicos, se encuentra en buenas condiciones. La red de distribución está conformada por la redes de tuberías de 90 mm, de material de PVC clase 10. El servicio es en horas de la mañana y sin ningún tratamiento.

Abastecimiento de agua potable por bombeo, del distrito de Coata

Las viviendas son de adobe, con techos de calamina; 260 familias tienen servicio de agua potable. La fuente de agua es un pozo tubular, construido por el municipio en el año de 1987; tiene una profundidad de 65 metros, con un caudal de bombeo de 60 l/s. La longitud de línea de impulsión es de 1,476.2 metros, con un diámetro de 2.5 pulgadas, tubería clase 5, con un caudal de 4.68 l/s. El volumen del reservorio es de 10 metros cúbicos, está en regulares condiciones. Las válvulas de control se encuentran en condiciones regulares, faltando el mantenimiento externo y limpieza de los alrededores. La red de distribución consta de tuberías de PVC, clase 10, y con un diámetro de 90 mm. El suministro de agua potable es generalmente en horas de la mañana, desde la 6 a. m. y sin ningún tratamiento. La potencia de la bomba es de 10 HP.

Abastecimiento de agua potable por bombeo, del distrito de Capachica

El número de viviendas con servicio de agua potable es de 167 familias; los materiales empleados en la construcción son adobe y concreto. La estación de bombeo consta de un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios. El manantial de agua se encuentra libre de agentes contaminantes, tiene un caudal de 1.7 l/s. La red de distribución se inicia partiendo del reservorio hasta las conexiones domiciliarias, con tuberías de PVC clase 10, con un diámetro de 90 mm; la ejecución de la obra fue en el año 2005. Solo se tiene personal encargado para la operación de la planta de bombeo y carece de bitácoras de control; el servicio se inicia a las 6 a. m.

3.1.5. Características físico-geográficas y socioculturales

Clima

Las altitudes varían desde 3835 m. s. n. m. hasta alturas mayores a 4300 m. s. n. m.; determinando una temperatura menor a -5.5°C , la cual llega hasta los 16°C . Las precipitaciones pluviales anuales, en promedio, varían de 733 mm a 845 mm. La estación húmeda se presenta aproximadamente de diciembre a marzo por la presencia de lluvias, la estación seca se produce en los meses de mayo a setiembre.

Fauna

El área de estudio es básicamente una zona rural, donde la población se dedica a la agricultura de autoconsumo; la fauna existente es fundamentalmente de vacunos, ovinos, caballos, porcinos, aves y otros.

Idiomas

En la zona de estudio, en su comunicación predomina el idioma castellano y el quechua.

Salud

Los distritos en estudio cuentan con un centro de salud, implementado con servicios de agua en forma parcial, desagüe, fluido eléctrico, pero estos no se encuentran en condiciones óptimas, más aún, el servicio de agua y alcantarillado.

3.1.6. Materiales y equipos

Hoja de encuesta

Planos de abastecimiento de agua potable por bombeo, por cada distrito

Manómetro

Estación total y GPS

Software: Minitab, SPSS, Google Earth, Auto CAD, R, WaterCAD, y Excel.

3.2. Factores técnicos, económicos y sociales que más influyen en funcionamiento de sistemas de agua potable por bombeo, en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica

3.2.1. Tipo de investigación

Debido al problema de investigación, se trata de un estudio de tipo explicativo, correlacional, en vista que el trabajo tiene como propósito determinar un modelo matemático para explicar las horas de funcionamiento de servicio de agua potable y el efecto de las variables sociales, económicas y técnicas.

3.2.2. Tamaño de la muestra y recolección de muestra

Se determinó los distritos de Paucarcolla, Coata, Huata y Capachica por estar ubicados en el anillo circunlacustre y por contar con infraestructura hidráulica por bombeo.

El número de encuestas que se realizó, fue de acuerdo a lo sugerido estadísticamente por fuente Lluen (2011). Esta última determinada en función de la población total de la zona de estudio. La información fue recolectada entre los meses de agosto y setiembre de 2014, mediante la aplicación de una encuesta estructurada, realizada a los jefes del hogar.

Los resultados del tamaño de muestra para cada distrito, es la que se describe a continuación.

Cuadro 3.2: Población y tamaño de muestra de los diferentes distritos

Distritos	Número de vivienda	Tamaño de muestra
Paucarcolla	91	22
Huata	173	24
Coata	260	33
Capachica	167	23
Total	691	102

Fuente: Dato procesado por el investigador

3.2.3. Método para la recolección de datos

Para el levantamiento de encuestas, se delimitó el área de estudio de la localidad teniendo como unidad de muestreo al jefe(a) de hogar, que cuenta con servicio de agua potable por bombeo. El diseño de la hoja de encuesta consta de dos ítems, datos de identificación, características socioeconómicas y técnicas. Estas encuestas fueron realizadas durante los meses de agosto y setiembre del 2014.

3.3.4. Análisis de regresión múltiple

Hanke et al. (2011), indican para dar validez a la regresión, se analiza en forma conjunta, individual y cumplir con los supuestos.

a) Prueba de significancia de regresión (F)

La prueba de F, se utiliza para analizar si existe relación lineal entre la variable respuesta y cualquiera de los regresores independientes en forma conjunta, es significativo cuando el P-valor es menor a 0.05, entonces alguna variable incide en el modelo. Las hipótesis planteada es:

$$H_0 : \beta_0 = \beta_1 = \dots = \beta_k = 0$$

H_1 : al menos una de las β_i es distinto de cero.

b) Prueba sobre coeficientes individuales de regresión

Un aspecto muy importante y clave en un análisis de regresión lineal múltiple es valorar qué tanto contribuyó cada término a la explicación de la variable respuesta, para de esta forma eliminar los que tienen una contribución poco importante, o, quizá, pensar en agregar otras variables no consideradas. La hipótesis para probar la significancia de cualquier coeficiente individual de regresión es:

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0$$

c) Selección de variables por pasos sucesivos

Se calcula todas las regresiones simples para cada una de las variables independientes

potenciales. En cada una de las ecuaciones de regresión simple, se obtiene la estadística:

$$F^* = \frac{MSR(x_k)}{MSE(x_k)}$$

La variable independiente con el mayor valor F^* es considerada, si este valor excede a un nivel predeterminado, la variable independiente debe de ser considerada en la regresión, de otra manera el programa termina.

d) **Supuestos básicos de regresión lineal múltiple**

Los supuestos de un modelo estadístico, se refieren a una serie de condiciones que deben darse para garantizar la validez del modelo. Entre ellos tenemos los supuestos de normalidad, homocedasticidad, autocorrelación, y multicolinealidad.

Normalidad

La prueba de normalidad JB (estadístico de Jarque Vera) es una prueba asintótica, o de muestras grandes. También se basa en los residuos de MCO. Esta prueba calcula primero la asimetría y la curtosis de los residuos de MCO, con el siguiente estadístico de prueba:

$$JB = n \left[\frac{S^2}{6} + \frac{(K-3)^2}{24} \right]$$

Donde n = tamaño de la muestra, S =coeficiente de asimetría y K =coeficientes de curtosis, para una variable normalmente distribuida, $S=0$ y $K=3$. Por tanto, la prueba de normalidad JB constituye una prueba de la hipótesis conjunta de que S y K son 0 y 3, respectivamente. En este caso, se espera que el valor del estadístico JB sea igual a cero.

Homocedasticidad

La prueba Breusch-Pagan-Godfrey, considera lo siguiente:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u_i$$

Estimar mediante MCO y obtener los residuos $\hat{u}_1, \hat{u}_2, \dots, \hat{u}_n$.

$$\text{Obtener } \tilde{\sigma}^2 = \sum \hat{u}_i^2 / n.$$

Construir las variables p_i , definidas como que es, simplemente, cada residuo elevado al

cuadrado dividido entre $\tilde{\sigma}^2$.

$$p_i = \hat{u}_i^2 / \tilde{\sigma}^2$$

Hacer la regresión de los p_i , así contruidos sobre las Z como:

$$p_i = \alpha_1 + \alpha_2 Z_{2i} + \dots + \alpha_m Z_{mi} + v_i$$

Donde v_i es el término de residuos para esta regresión.

Obtener la SCE (suma de cuadrados explicada) y luego el estadístico de Breuch Pagan Θ .

$$\Theta = \frac{1}{2}(SCE)$$

Autocorrelación

Un supuesto importante del modelo lineal clásico, es que no existe autocorrelación o relación serial entre los errores. Si se viola este supuesto, se tiene el problema de correlación serial o autocorrelación. Para determinar si los errores están correlacionados, se utilizará la prueba de Durbin-Watson, para lo cual se seguirá el procedimiento siguiente:

$$H_0 : \rho = 0 \quad (\text{No existe autocorrelación})$$

$$H_1 : \rho > 0 \quad (\text{Sí existe autocorrelación})$$

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (\hat{u}_t - \hat{u}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n \hat{u}_t^2} \quad 0 \leq d \leq 4$$

Para una n dada y k (número de variables independientes) como regla general, si d es menor o igual a 2 se puede suponer que no existe autocorrelación. (Ver figura 2).

Multicolinealidad

Significa la existencia de una relación «perfecta» o exacta entre algunas, o todas las variables explicativas. En el modelo de regresión no debe existir multicolinealidad en las variables independientes.

Para verificar este supuesto, utilizamos el Factor de inflación de la varianza (FIV) como indicador de la multicolinealidad, cuya ecuación es a continuación:

$$FIV_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad j = 1, 2, \dots, k$$

3.4. Metodología para análisis de la calidad de agua

OMS (2011) manifiesta de se realiza de manera directa y puntual, que represente la composición del cuerpo de agua original en un lugar, tiempo y circunstancia en la que fue recolectada la muestra, luego enviar al laboratorio de aguas para su análisis. Para la toma de muestras de agua, preservación y etiquetado, se pide cumplir con el siguiente protocolo:

- Se recomienda que los frascos de muestreo no contengan preservantes químicos.
- En cada punto, colocarse los guantes descartables, antes de iniciar la toma de muestras de agua.
- Colocar las muestras de agua preservadas y rotuladas, en una caja de tecnopor con refrigerante (ice pack), para asegurar su llegada al laboratorio en condiciones de conservación.

Colectar las muestras de agua y preservarlas de acuerdo al tipo de parámetro, siguiendo las instrucciones generales de preservación, etiquetado, embalaje y transporte de muestras.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de los efectos económicos y sociales en el funcionamiento de los sistemas de agua potable por bombeo, en los distritos en estudio.

Luego de analizar el problema de investigación, se tiene las siguientes variables que probablemente incidan en el modelo.

Cuadro 4.1: Variables técnicas y socioeconómicas, consideradas antes del modelo

Variable	Unidad	Tipo de variable
Nivel de Ingreso	Soles/mes	Continuo
Tenencia de ganado vacuno	Unidades	Continuo
Edad de jefe de familia	Años	Discreta
Pago por servicio de agua	Soles/mes	Continuo
Nivel educativo	Niveles	Politómico: Sin educación 0 0 0 0 Con Primaria 0 1 0 0 Con secundaria 0 0 1 0 Superior 0 0 0 1
Ocupación	Actividad	Politómico: Agricultor 0 0 0 Ganadero 0 1 0 Comerciante 0 0 1
Número de integrantes de familia	Unidades	Discreto
Participación en reuniones de JASS	Niveles	Dicotómico No participa 0 Si participa 1
Calidad de agua		Continuo
Cultura de agua	Capacitación	Dicotómico Si no realiza 0 Si realiza 1
Mantenimiento de instalaciones domiciliarias	Niveles.	Dicotómico No participa 0 Si participa 1
Mantenimiento preventivo de estación de bombeo	Niveles	Politómico: Sin mantenimiento 0 0 0 0 Mantenimiento regular 0 1 0 0 Mantenimiento bueno 0 0 1 0 Mantenimiento muy bueno 0 0 0 1
Temperatura (promedio año)	°C	Continuo
Precipitación (promedio año)	mm de agua	Continuo
Volumen de consumo de agua	litros	Continuo
Presión	m.c.a.	Continuo
Funcionamiento de sistema de agua potable por bombeo (Y)	horas	Continuo

Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Variables que integran el modelo

Después de correr la prueba de Stepwise, en el programa estadístico SPSS, (anexo cuadro 8.1) se determinó las variables que integran el modelo.

Variables dependientes e independientes

Y : Funcionamiento de servicio de agua potable por bombeo (horas)

X₁ : Pago por el servicio de agua (soles)

X₂ : Promedio de edad (años)

X₃ : Número de integrantes de la familia (unidad)

Variables dicotómicas

Mantenimiento de instalaciones domiciliarias (niveles)

Referencia 0: No

X₄ 1: Sí

Variables politómicas

Mantenimiento preventivo de estación de bombeo (niveles)

Referencia 000: Malo

X₅ 100: Regular

X₆ 010: Bueno

X₇ 001: Muy Bueno

Las variables ingreso mensual, consumo de agua, tenencia de ganado vacuno, nivel de educación (sin educación, primaria, secundaria, superior), categoría de ocupación (agricultor, albañil, comerciante), Junta administradora de servicio de saneamiento (JASS, dicotómico), y cultura de agua (variable dicotómico), no son significativos en el modelo.

Las variables de temperatura, precipitación, calidad de agua y presión, por ser variables homogéneas a los cuatro distritos, no son consideradas en el modelo.

4.1.2. Estadística descriptiva de las variables que sí tienen efecto significativo

Se muestra las variables que han sido las más significativas en el análisis de regresión lineal múltiple.

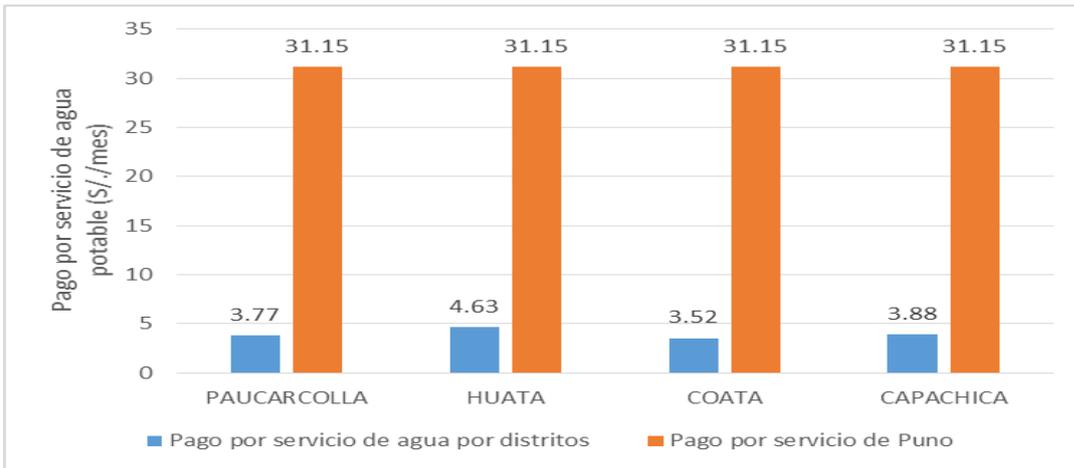


Figura 4.1: Pago por servicio de agua en distritos en estudio y provincia de Puno

El pago por el servicio de agua potable en promedio es de S/. 3.95 nuevos soles en comparación con el distrito de Puno, por este mismo servicio de S/31.15 nuevos soles durante el año 2007, lo que evidencia que el pago es muy bajo para cubrir gastos de operación y mantenimiento.

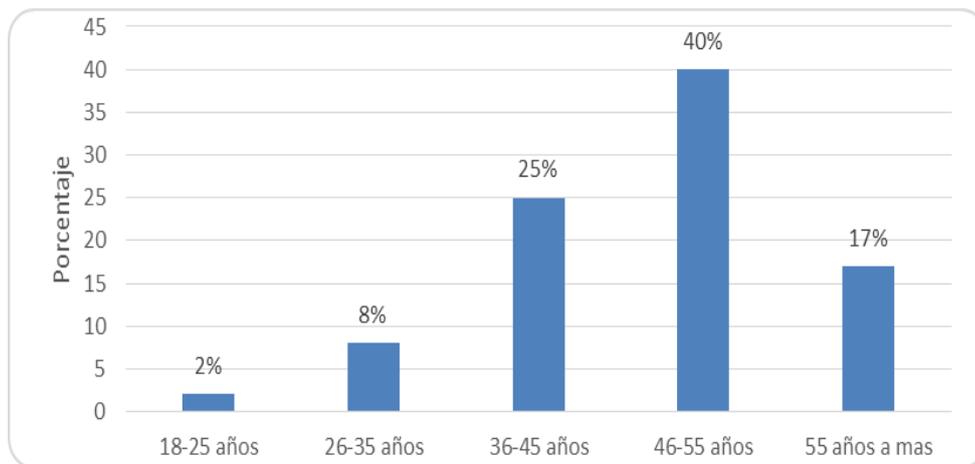


Figura 4.2: Edad del jefe de familia de los distritos en estudio

Dos tienen edad entre 18 a 25 años, representan el 2 % del total; la edad de ocho habitantes fluctúa dentro del rango comprendido entre 26 y 35 años y constituyen el 8 %; 25 habitantes tienen edad entre 36 a 45 años, y son el 25 %; la edad de 39 habitantes varía entre 46 y 55 años y representan el 40 %; 17 habitantes tienen edades de 56 años a más y constituyen el 17 % del total.

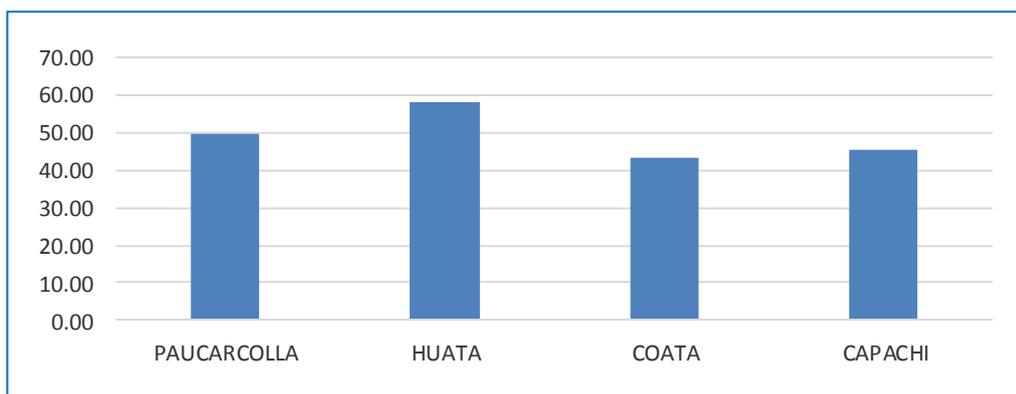


Figura 4.3: Mantenimiento de instalaciones domiciliarias

El mantenimiento domiciliario, como son: inspección de la caja de válvulas, cambio de grifos averiados cada seis meses, verificación de uniones, tubos con fisuras, lubricación de válvulas, sólo es realizado por el 49 % de los usuarios encuestados, debido a falta de capacitación en operación y mantenimiento.

4.1.3. Estadística descriptiva de las variables que no tienen efecto significativo

Las variables que no han sido significativas en el modelo, son analizadas con estadística descriptiva, con información recolectada en los meses de agosto y setiembre de 2014.

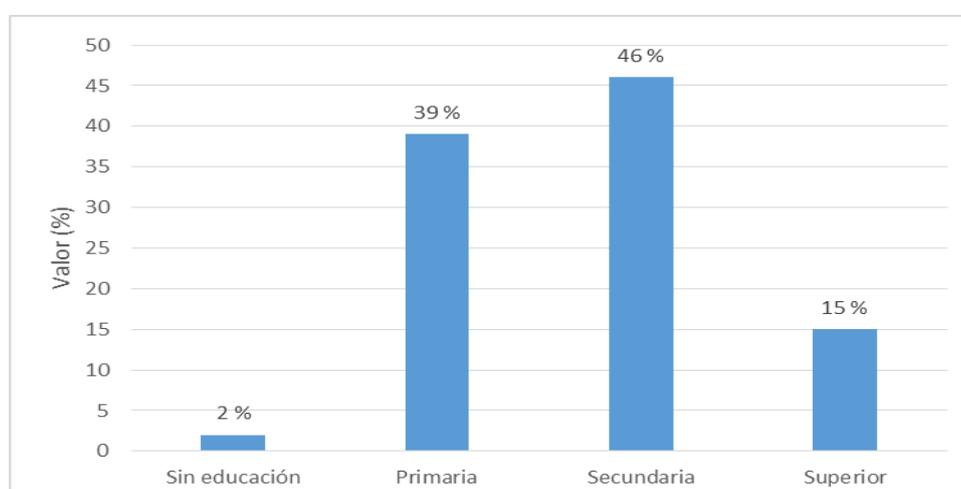


Figura 4.4: Nivel de educación de los jefes del hogar

Al analizar el nivel de educación del lugar de estudio, 2 % no tienen ningún tipo de educación, 39 % tienen instrucción primaria, 45 % presenta secundaria y el 15 % a cursado estudios superiores.

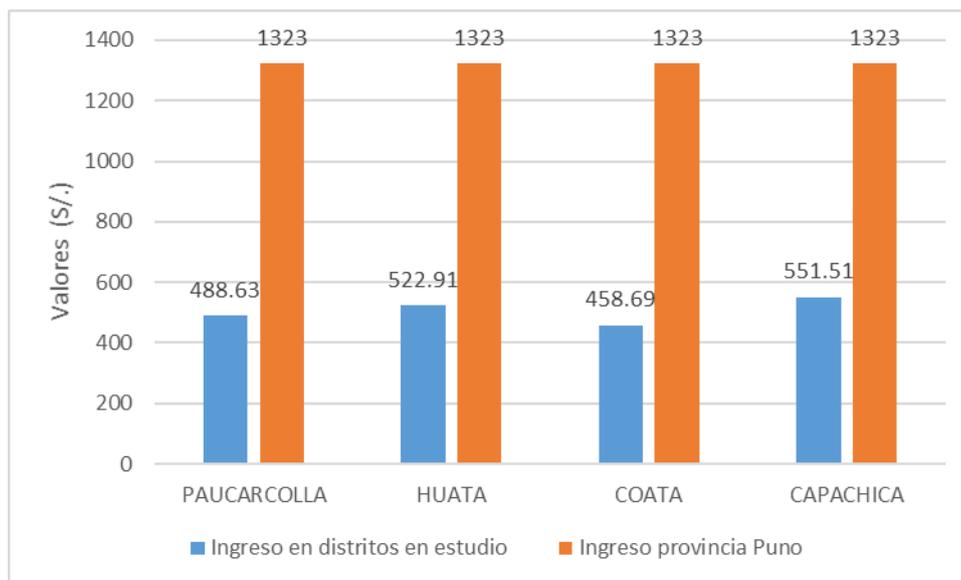


Figura 4.5: Ingreso económico mensual de las familias en los distritos en estudio.

El ingreso económico promedio, de la zona de estudio, es de S/505.45 nuevos soles, por debajo del sueldo mínimo, mientras que en el distrito de Puno es de S/1323.00 nuevos soles, con una diferencia de S/817.55 nuevos soles, factor que imposibilita cubrir gastos por servicios de agua potable por bombeo, según INEI.

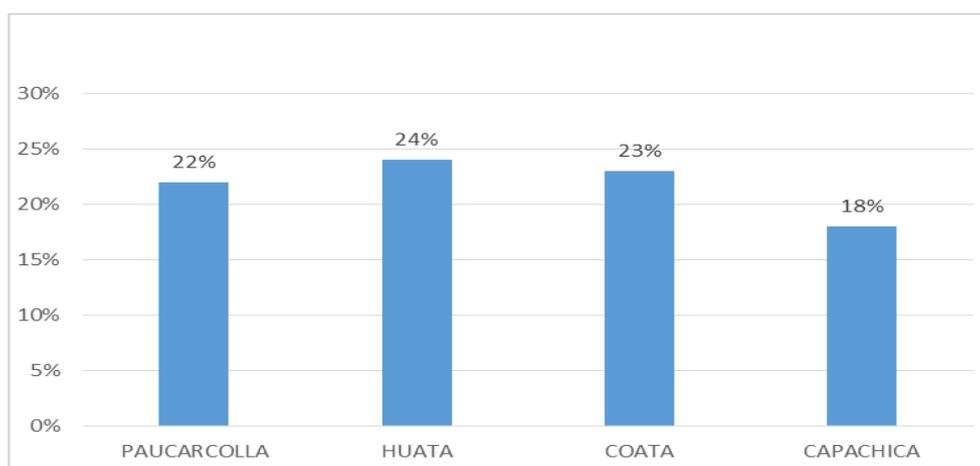


Figura 4.6: Cultura de agua en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica

No hay capacitación sobre la huella de agua, solo reciben consciencia de manejo de agua por medios de información. Los distritos que rinden culto al agua y a la pachamama son Paucarcolla y Capachica, en sus fiestas patronales y en ausencia de precipitaciones pluviales.

4.2. Resultado de modelos en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica

4.2.1. Resultado de modelo en el distrito de Paucarcolla

a) Prueba conjunta de las variables del modelo de regresión lineal múltiple

Para apreciar si existe regresión lineal múltiple entre la variable respuesta y cualquiera de las variables independientes en forma conjunta, se ha sometido a la prueba de F, siendo significativo.

Cuadro 4.2: Análisis de varianza del modelo para el distrito de Paucarcolla.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	20,354	4	5,088	34,638	0,000
Residual	2,497	17	0,147		
Total	22,851	21			

Fuente: Elaboración propia.

Como puede verse en el cuadro anterior, existe suficientes evidencias estadísticas a un nivel $\alpha = 0,05$, para rechazar la H_0 , por lo que se concluye que al menos una de las variables independientes explica de manera significativa el modelo analizado.

b) **Pruebas sobre coeficientes individuales del modelo**

Para probar la significancia de cualquier coeficiente individual se realizó por la prueba de T.

Cuadro 4.3: Resultado de estimación de los coeficientes de regresión

Variabes	Coef.	t	Sig.
Constante	1,441	3,022	0,008
X1 = Pago por el servicio de agua (soles)	0,550	8,521	0,000
X2 = Promedio de edad (años)	-0,034	-4,273	0,001
X3 = Número de integrantes de la familia (unidad)	-0,096	-2,588	0,019
Mantenimiento de instalaciones domiciliarias			
Referencia = 0			
X4 = SÍ	0,537	2,793	0,013
Y = Funcionamiento de sistemas de agua potable por bombeo (horas)			

Fuente: Elaboración propia

Luego del análisis de significancia en forma grupal e individual, tenemos en el cuadro superior, las variables seleccionadas.

c) Selección de variable por Stepwise

A través de secuencias de regresiones, agregando o eliminando variables independientes en cada etapa, en base al estadístico F, se tiene las variables significativas X_1 (pago por el servicio de agua), X_2 (edad del jefe de familia), X_3 (número de integrantes de la familia) y X_4 (mantenimiento de instalaciones domiciliarias-Sí). Con un coeficiente de determinación ($R^2_{aj} = 0,865$), el modelo es el siguiente:

$$\hat{Y} = 1.441 + 0.550X_1 - 0.034X_2 - 0.096X_3 + 0.537X_4$$

d) Estudio de supuestos en el modelo

Los supuestos de un modelo estadístico se refieren a una serie de condiciones que deben darse para garantizar la validez del modelo; entre los primeros, existen supuestos de autocorrelación, normalidad, homocedasticidad y multicolinealidad.

Cuadro 4.4: Supuestos del modelo para el distrito de Paucarcolla.

Supuesto	Prueba	Estadístico		p-valor
Normalidad	Jarque-Bera	Chi-Cuadrado	1.1075	0.5748
Autocorrelación	Durbin-Watson	DW	1.2691	0.088
Homocedasticidad	Breusch-Pagan-Godfrey	Chi-Cuadrado	0.1565	0.6923416
Multicolinealidad	Indicador	Factor de inflación de varianza (FIV)	X ₁	1.185365
			X ₂	1.201259
			X ₃	1.009204
			X ₄	1.385034

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior, se observa que las probabilidades (p-valor) asociadas a los estadísticos de prueba no son significativas, entonces los supuestos de regresión correspondientes a la normalidad, autocorrelación y homocedasticidad se cumplen. Se observa que el indicador FIV (factor de inflación de varianza), para cada una de las variables independientes, se acerca a 1 y no es superior a 10 (esto sucede si R_j^2 excede de 0.90) y sugiere que la multicolinealidad no es un problema para estas variables.

4.2.2. Resultado de modelo de regresión múltiple para el distrito de Huata

a) Prueba conjunta de las variables del modelo de regresión lineal múltiple

Para verificar si existe regresión lineal múltiple entre la variable respuesta y cualquiera de las variables independientes, en forma conjunta, se realizó la prueba F.

Cuadro 4.5: Análisis de varianza del modelo para el distrito

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	31,176	4	7,794	95,093	0,000
Residual	1,557	19	0,082		
Total	32,733	23			

Fuente: Elaboración propia

Como puede verse en el cuadro anterior, existe suficientes evidencias estadísticas a un nivel $\alpha = 0,05$, para rechazar la H_0 , por lo que se concluye que al menos una de las variables independientes explica de manera significativa el modelo analizado.

b) Pruebas sobre coeficientes individuales del modelo estimado

Para probar la significancia individual de cualquier coeficiente, se realizó con la prueba de T y a un nivel de 0,05 de significancia.

Cuadro 4.6: Estimación de los coeficientes de regresión para el distrito de Huata

Variables	Coef.	t	Sig.
Constante	0.914	2,165	0,043
X1 = Pago por el servicio de agua (soles)	0,765	16,558	0,000
X2 = Promedio de edad (años)	-0,024	-3,863	0,001
X3 = Número de integrantes de la familia (unidad)	-0,161	-3,820	0,001
Mantenimiento de instalaciones domiciliarias			
Referencia = 0			
X4 = SÍ	0,280	2,236	0,038
Y = Funcionamiento de sistema de agua potable por bombeo (horas)			

Fuente: Elaboración propia.

Las variables indicadas en el cuadro tienen una probabilidad asociada al estadístico de contraste T menor a 0.05, con lo que se concluye que estas variables influyen significativamente en el modelo lineal múltiple.

c) Selección de variable Stepwise

En las secuencias de regresiones, en base al estadístico F, las variables seleccionadas significativas son X_1 (pago por el servicio de agua), X_2 (edad del jefe de familia), X_3 (número de integrantes de la familia) y X_4 (mantenimiento de instalaciones domiciliarias-SÍ); con un coeficiente de determinación de ($R^2_{aj} = 0,942$). El modelo seleccionado es:

$$\hat{Y} = 0.914 + 0.765X_1 - 0.024X_2 - 0.161X_3 + 0.280X_4$$

d) Verificación de supuestos del modelo de regresión lineal

Cuadro 4.7: Supuestos del modelo de regresión para el distrito de Huata

Supuesto	Prueba	Estadístico		p-valor
Normalidad	Jarque-Bera	Chi-Cuadrado	1.3739	0.5031
Autocorrelación	Durbin-Watson	DW	1.967126	0.786
Homocedasticidad	Breusch-Pagan-Godfrey	Chi-Cuadrado	1.544687	0.2139214
Multicolinealidad	Indicador	FIV	X ₁	1.241829
			X ₂	1.154319
			X ₃	1.179631
			X ₄	1.116583

Fuente: Elaboración Propia.

En el cuadro anterior, se observa que las probabilidades (p-valor) asociadas a los estadísticos de prueba no son significativas, entonces los supuestos de regresión correspondientes a la normalidad, autocorrelación y homocedasticidad se cumplen. También puede verse que el Factor de inflación de varianza (FIV), para cada una de las variables independientes, se acerca a 1 y no es superior a 10 (esto sucede si R_j^2 excede de 0.90), lo cual sugiere que la multicolinealidad no es un problema para estas variables.

4.2.3. Resultado de modelo de regresión múltiple para el distrito de Coata

a) Prueba conjunta de las variables del modelo de regresión lineal múltiple

Para apreciar si existe regresión lineal múltiple entre la variable respuesta y cualquiera de las variables independientes, en forma conjunta, se realizó con la prueba F.

Cuadro Nro. 4.8: Análisis de varianza del modelo estimado para el distrito

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	24,656	4	6,164	55,200	0,000
Residual	2,010	18	0,112		
Total	26,666	22			

Fuente: Elaborador propia.

Como puede verse en el cuadro anterior, existe suficientes evidencias estadísticas a un nivel $\alpha = 0,05$, para rechazar la H_0 , por lo que se concluye que al menos una de las variables independientes explica de manera significativa el modelo analizado.

b) Pruebas sobre coeficientes individuales del modelo estimado

Para probar la significancia de cualquier coeficiente individual, se realizó por la prueba de T.

Cuadro 4.9: Estimación de los coeficientes de regresión

Variable	Coef.	t	Sig.
Constante	1,625	2,825	0,011
X 1=Pago por el servicio de agua (soles)	0,705	12,392	0,000
X 2=Promedio de edad (años)	-0,024	-2,886	0,010
X 3=Número de integrantes de la familia (unidad)	-0,169	-3,085	0,006
Mantenimiento de instalaciones domiciliarias			
Referencia = 0			
X 4 = SÍ	0,175	1,129	0,274
Y = Funcionamiento de sistema de agua potable por bombeo (horas)			

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro No 12, tienen una probabilidad asociada al estadístico de contraste T menor a 0.05 (nivel de significancia), con lo que se indica que estas variables influyen significativamente en el modelo lineal múltiple.

c) **Selección de variable por pasos sucesivos**

Utilizando el método de selección de variables de pasos sucesivos, se tiene tres variables seleccionadas significativas: X_1 (pago por el servicio de agua), X_2 (edad del jefe de familia) y X_3 (número de integrantes de la familia). Estas se acompañan de un coeficiente de determinación ($R^2_{aj} = 0,907$), y el modelo es el siguiente:

$$\hat{Y} = 1.797 + 0.715X_1 - 0.028X_2 - 0.159X_3$$

d) **Verificación de supuestos del modelo de regresión lineal múltiple**

Cuadro 4.10: Supuestos del modelo de regresión seleccionado

Supuesto	Prueba	Estadístico		p-valor
Normalidad	Jarque-Bera	Chi-Cuadrado	0.5156	0.7727
Autocorrelación	Durbin-Watson	DW	2.455984	0.182
Homocedasticidad	Breusch-Pagan-Godfrey	Chi-Cuadrado	0.9934574	0.3188988
Multicolinealidad	Indicador	FIV	X_1	1.125829
			X_2	1.015346
			X_3	1.123965

Fuente: elaboración propia

En el cuadro anterior, se observa que las probabilidades (p-valor) asociadas a los estadísticos de prueba no son significativas, entonces los supuestos de regresión correspondientes a la normalidad, autocorrelación y homocedasticidad se cumplen. Y también puede verse que el indicador FIV para cada una de las variables independientes se acerca a 1 y no es superior a 10 (esto sucede si R_j^2 excede de 0.90) y así sugiere que la multicolinealidad no es un problema para estas variables.

4.2.4. Resultado de modelo de regresión múltiple para el distrito de Capachica

a) Prueba conjunta de las variables del modelo de regresión lineal

Para apreciar si existe regresión lineal múltiple entre la variable respuesta y cualquiera de las variables independientes, en forma conjunta se realizó la prueba F.

Cuadro 4.11: Análisis de varianza del modelo estimado

Modelo	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	33,243	4	8,311	66,281	0,000
Residual	3,511	28	0,125		
Total	36,753	32			

Fuente: Datos procesados por el investigador

Como puede verse en el cuadro anterior, existe suficientes evidencias estadísticas a un nivel $\alpha = 0,05$, para rechazar la H_0 , por lo que se concluye que al menos una de las variables independientes explica de manera significativa el modelo analizado.

b) Pruebas sobre variables individuales del modelo de regresión lineal

En el cuadro de estimación tienen una probabilidad asociada al estadístico de contraste T menor a 0.05 (nivel de significancia), con lo que se indica que estas variables influyen significativamente en el modelo lineal múltiple.

Cuadro 4.12: Coeficientes de regresión para el distrito de Capachica.

Variables	Coef.	t	Sig.
Constante	1,721	4,022	0,000
X1 = Pago por el servicio de agua (soles)	0,622	15,353	0,000
X2 = Promedio de edad de jefe de familia (años)	-0,030	-4,933	0,000
X3 = Número de integrantes de la familia (unidad)	-0,103	-3,163	0,004
Mantenimiento de instalaciones domiciliarias			
Referencia = 0			
X4 = SÍ	0,369	2,887	0,007
Y = Funcionamiento de sistema de agua potable por bombeo (horas)			

Fuente: Datos procesados por el investigador

c) Selección de variable por pasos sucesivos

Las cuatro variables seleccionadas, que son significativas: X_1 (pago por el servicio de agua), X_2 (edad promedio del jefe de familia), X_3 (número de integrantes de la familia) y X_4 (mantenimiento domiciliario-SÍ); con un coeficiente de determinación ($R^2_{aj} = 0.891$), originan el siguiente modelo:

$$\hat{Y} = 1.721 + 0.622X_1 - 0.030X_2 - 0.103X_3 + 0.369X_4$$

d) Verificación de supuestos del modelo de regresión lineal múltiple

Cuadro 4.13: Supuestos del modelo de regresión seleccionado

Supuesto	Prueba	Estadístico		p-valor
Normalidad	Jarque-Bera	Chi-Cuadrado	0.0909	0.9556
Autocorrelación	Durbin-Watson	DW	2.671708	0.068
Homocedasticidad	Breusch-Pagan-Godfrey	Chi-Cuadrado	0.05456766	0.8152977
Multicolinealidad	Indicador	FIV	X_1	1.014784
			X_2	1.194519
			X_3	1.146855
			X_4	1.064550

Fuente: Datos procesados por el investigador

En el cuadro anterior se observa que las probabilidades (p-valor) asociadas a los estadísticos de prueba no son significativas, entonces los supuestos de regresión

correspondientes a la normalidad, autocorrelación y homocedasticidad se cumplen. Así, también, puede verse que el indicador FIV para cada una de las variables independientes se acerca a 1 y no es superior a 10 (esto sucede si R_j^2 excede de 0.90), sugiriendo que la multicolinealidad no es un problema para estas variables.

4.2.5. Resultados de regresión lineal múltiple a nivel de los cuatro distritos

a) Prueba conjunta de las variables del modelo de regresión lineal

La selección conjunta de las variables independientes que inciden en el modelo de los cuatro distritos se realizó por la prueba de F.

Cuadro 4.14: Análisis de varianza del modelo estimado

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	125,143	7	17,878	148,818	0,000
Residual	11,292	94	0,120		
Total	136,436	101			

Fuente: Datos procesados por el investigador

Se concluye que hay suficiente evidencia estadística para afirmar, a un nivel de significancia del 5 %, que al menos una de las variables independientes explica de manera significativa el modelo de funcionamiento de los sistemas de bombeo en los cuatro distritos

b) Pruebas sobre coeficientes individuales del modelo de regresión lineal

Realizado por la prueba de T, para valorar qué tanto contribuyó cada término a la explicación de la variable de respuesta y, así, eliminar los que tienen una contribución poco importante o quizá pensar en agregar otras variables no consideradas.

Cuadro 4.15: Estimación de los coeficientes de regresión lineal múltiple

Variable	Coef.	t	Sig.
Constante	0,962	4,174	0,000
X1= Pago por el servicio de agua (soles)	0,659	27,220	0,000
X2 = Promedio de edad (años)	-0,028	-8,396	0,000
X3 = Número de integrantes de la familia (unidad)	-0,112	-5,885	0,000
Mantenimiento de instalaciones domiciliarias			
Referencia = 0			
X4 = SÍ	0,281	4,025	0,000
Mantenimiento preventivo de estación de bombeo			
Referencia = 0			
X5 = Regular	0,438	4,085	0,000
X6 = Bueno	0,599	6,491	0,000
X7 = Muy bueno	0,681	6,142	0,000
Y = Y = Funcionamiento de sistema de agua potable por bombeo (horas)			

Fuente: Datos procesados por el investigador

En el cuadro anterior de estimación, tienen una probabilidad asociada al estadístico de contraste T menor a 0.05 (nivel de significancia), lo que indica que estas variables influyen significativamente en el modelo lineal.

c) Selección de variable por pasos sucesivos

Las variables seleccionadas, que son significativas: X_1 (pago por el servicio de agua), X_2 (edad promedio del jefe de familia), X_3 (número de integrantes de la familia), X_4 (mantenimiento domiciliario-Sí), mantenimiento preventivo de planta de bombeo, en sus categorías de X_5 = Regular, X_6 = Bueno, X_7 = Muy bueno. El modelo final, seleccionado con un coeficiente de determinación $R^2_{aj} = 0,911$, fue el siguiente:

$$\hat{Y}_i = 0.962 + 0.659X_1 - 0.028X_2 - 0.112X_3 + 0.281X_4 + 0.438X_5 + 0.599X_6 + 0.681X_7$$

d) Verificación de supuestos del modelo de regresión

El modelo planteado cumple con las hipótesis de: distribución normal, homocedasticidad, no autocorrelación y no multicolinealidad en las variables independientes.

Cuadro 4.16: Supuestos del modelo de regresión seleccionado

Supuesto	Prueba	Estadístico		p-valor
Normalidad	Jarque-Bera	Chi-Cuadrado	0.1747	0.9163
Autocorrelación	Durbin-Watson	DW	2.043621	0.964
Homocedasticidad	Breusch-Pagan-Godfrey	Chi-Cuadrado	1.442331	0.2297625
Multicolinealidad		FIV	X ₁	1.08832
			X ₂	1.12462
			X ₃	1.11877
			X ₄	1.03352
			X ₅	1.75543
			X ₆	1.63337
			X ₇	1.77025

Fuente: Datos procesados por el investigador

En el cuadro anterior se observa que las probabilidades (p-valor) asociadas a los estadísticos de prueba no son significativas, entonces los supuestos de regresión correspondientes a la normalidad, autocorrelación y homocedasticidad se cumplen. Así, también, puede verse que el indicador FIV para cada una de las variables independientes se acerca a 1 y no es superior a 10 (esto sucede si R_j^2 excede de 0.90), sugiriendo que la multicolinealidad no es un problema para estas variables.

4.2.6. Resultado de modelos finales en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica en conjunto

Cuadro 4.17: Resumen de los modelos de los cuatro distritos.

Distrito	Modelo resultante	R ² ajust
Paucarcolla	$\hat{Y} = 1.441 + 0.550X_1 - 0.034X_2 - 0.096X_3 + 0.537X_4$	86.5
Huata	$\hat{Y} = 0.914 + 0.765X_1 - 0.024X_2 - 0.161X_3 + 0.280X_4$	94.2
Coata	$\hat{Y} = 1.797 + 0.715X_1 - 0.028X_2 - 0.159X_3$	90.7
Capachica	$\hat{Y} = 1.721 + 0.622X_1 - 0.030X_2 - 0.103X_3 + 0.369X_4$	89.1
Los cuatro distritos	$\hat{Y}_i = 0.962 + 0.659X_1 - 0.028X_2 - 0.112X_3 + 0.281X_4 + 0.438X_5 + 0.599X_6 + X_7 \cdot 0.681$	91.1

En el cuadro anterior, los coeficiente de determinación ajustado son buenas, corroboran que el modelo esta explicada por las variables independientes. El P valor no es significativo para las hipótesis planteadas, lo cual indica que existe, homocedastecidad, normalidad y no autocorrelación en los residuales y el FIV, muestra ausencia de multicolinealidad entre los regresores independientes.

4.3. Resultados del análisis de calidad de agua en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica

El análisis físico y químico de la muestra de agua potable, se ha realizado con equipo multiparamétrico en la Facultad de Ingeniería Agronómica y Minas de la Universidad Nacional del Altiplano.

La variable calidad de agua es considerada en el análisis de regresión lineal múltiple, pero no es significativo por estar debajo de los niveles límites máximos establecidos por la OMS en los cuatro distritos, en tal sentido, solo se realiza análisis de estadística descriptiva.

Olor y sabor

Por el presente trabajo, se ha percibido que el olor y sabor es inodoro e insípido, por lo cual no se aprecia sensaciones olfativas de mayor consideración ni de sabor desagradable.

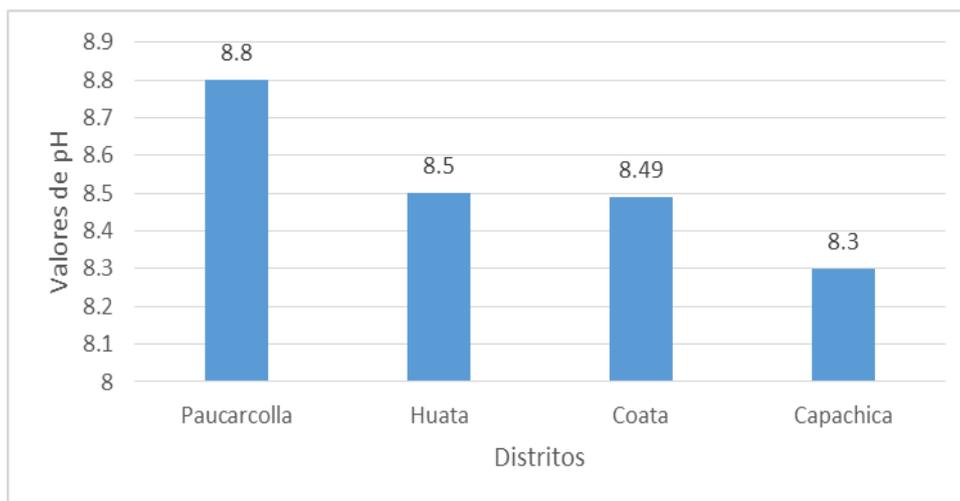


Figura 4.7: Potencial de hidrógeno (pH)

Los resultados del análisis de pH fluctúan entre los valores de un mínimo de 8.3 y un máximo de 8.8 unidades, valores que representan aguas ligeramente alcalinas, encontrándose por encima de límite recomendado por el Ministerio de Salud del Perú (7 unidades) y dentro de los límites Máximos Permisibles establecidos por la Organización Mundial de Salud-OMS (6.5-8.5 unidades).

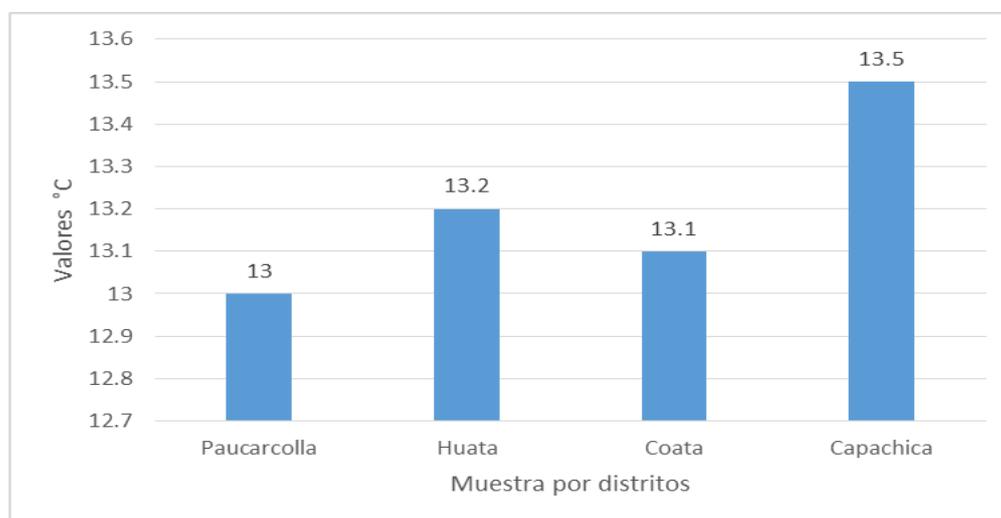


Figura 4.8: Temperatura

Los resultados del análisis de temperatura fluctúan entre los valores de un mínimo de 13 °C a un máximo de 13.5 °C, valores que corresponden a aguas de clasificación regular 12 °C–23 °C, según el índice de ponderación establecido por el Ministerio de Pesquería (1980).

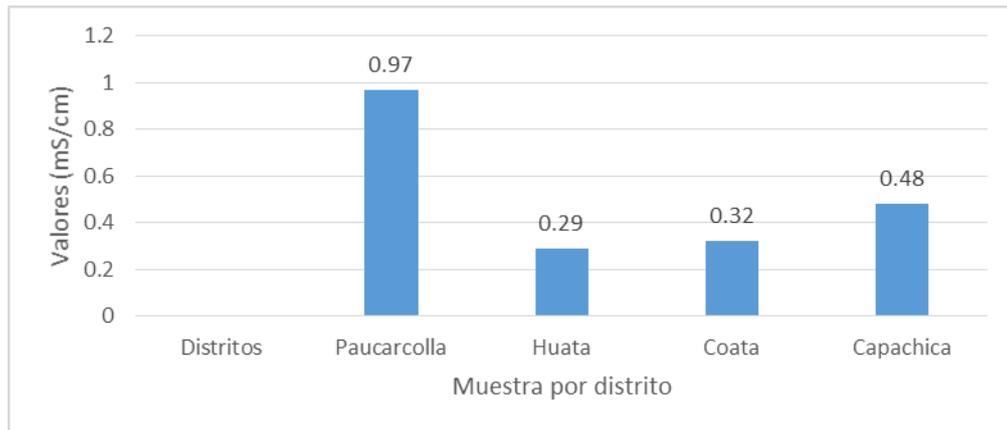


Figura 4.9: Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica fluctúa entre los valores de un mínimo de 0.29 mS/cm (Siemens por centímetro) a un máximo de 0.97 mS/cm, los valores están dentro del límite recomendado por la OMS (hasta 1500 umhos/cm).

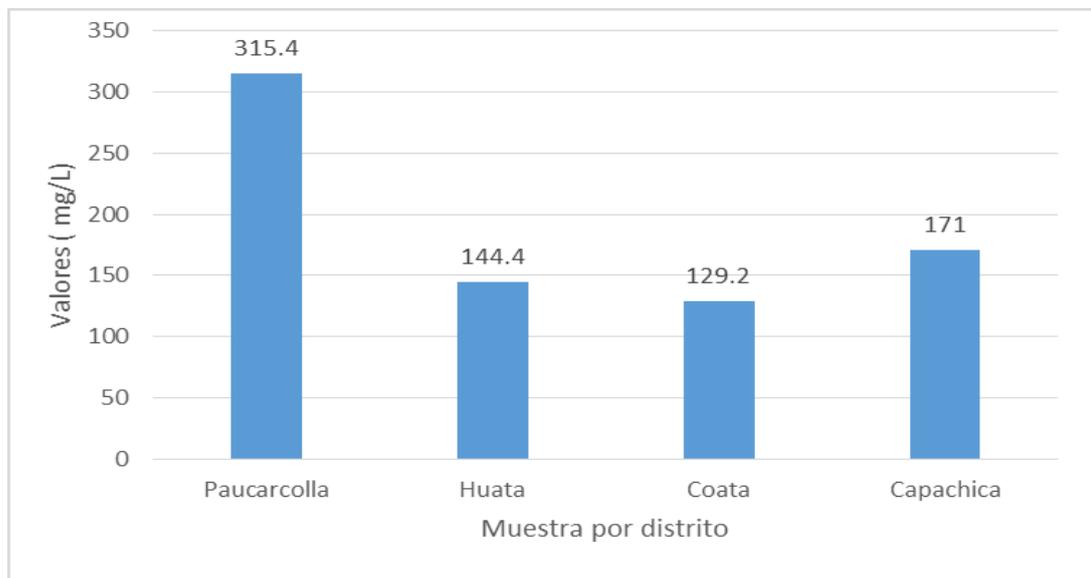


Figura 4.10: Dureza total

Los resultados del análisis de la dureza total fluctúan entre los valores de un mínimo de 209.88 mg/l a un máximo de 1595.88 mg/l. Las muestras corresponden al límite recomendado para consumo humano, establecido por el Ministerio de Salud del Perú y la Organización Mundial de Salud (OMS) (500 mg/l).

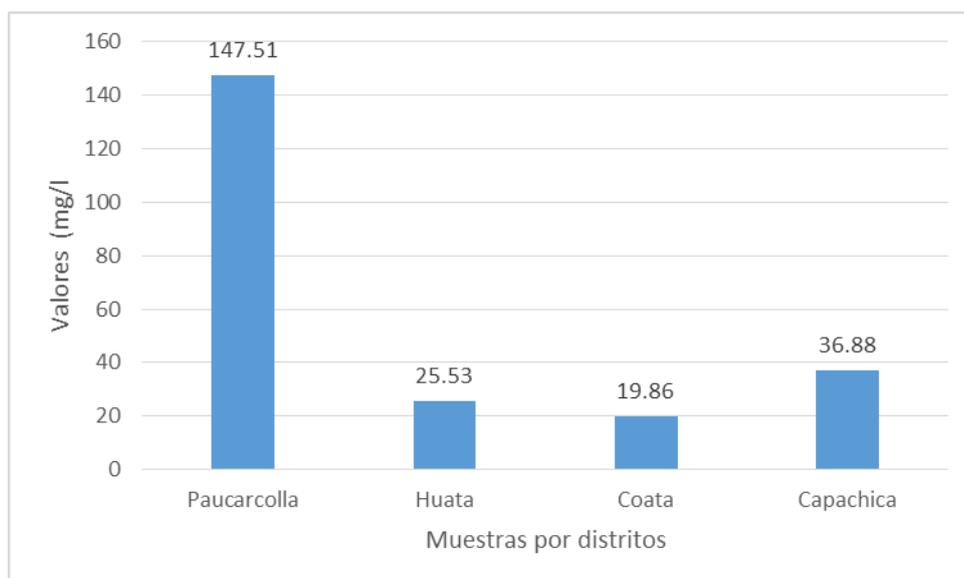


Figura 4.11: Cloruros

Los resultados del análisis de cloruros fluctúan entre los valores de un mínimo de 19.86 mg/l a un máximo de 147.51 mg/l. Estos valores están dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio de Salud del Perú y la Organización Mundial de Salud (OMS) (250–300 mg/l).

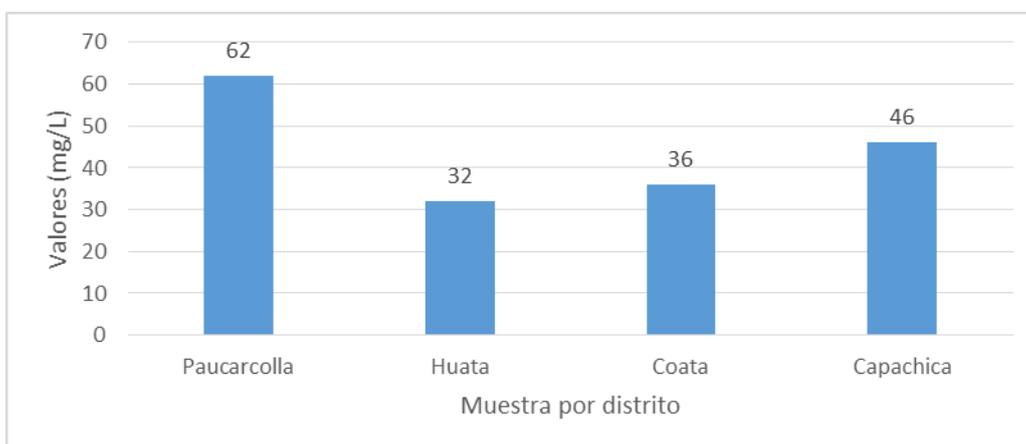


Figura 4.12: Sulfatos

Los resultados del análisis de sulfatos fluctúan entre los valores de un mínimo de 32.0 mg/l. a un máximo de 62 mg/l. Los valores están dentro de los límites recomendados, establecidos por el Ministerio de Salud del Perú (200 mg/l).

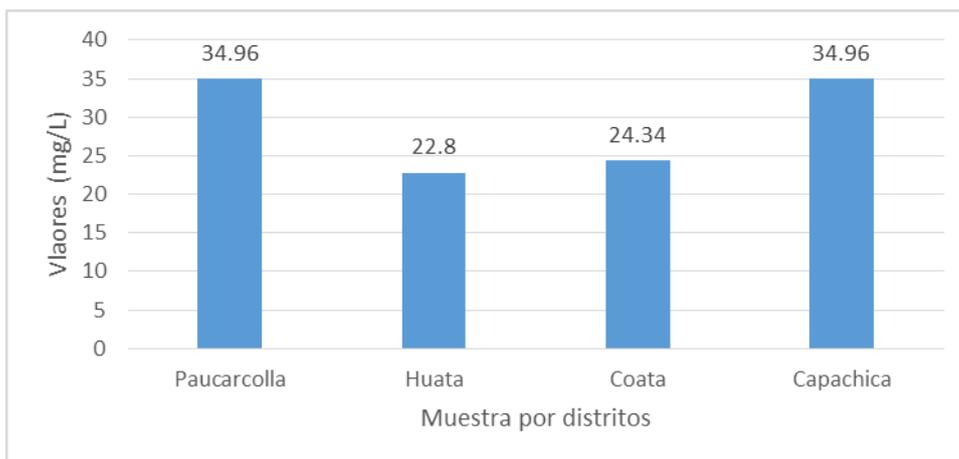


Figura 4.13: Calcio

Los resultados del análisis de calcio fluctúan entre los valores de un mínimo de 22.8 mg/l a un máximo de 34.96 mg/l, cumplen con los valores recomendados por el Ministerio de Salud del Perú (75mg/l).

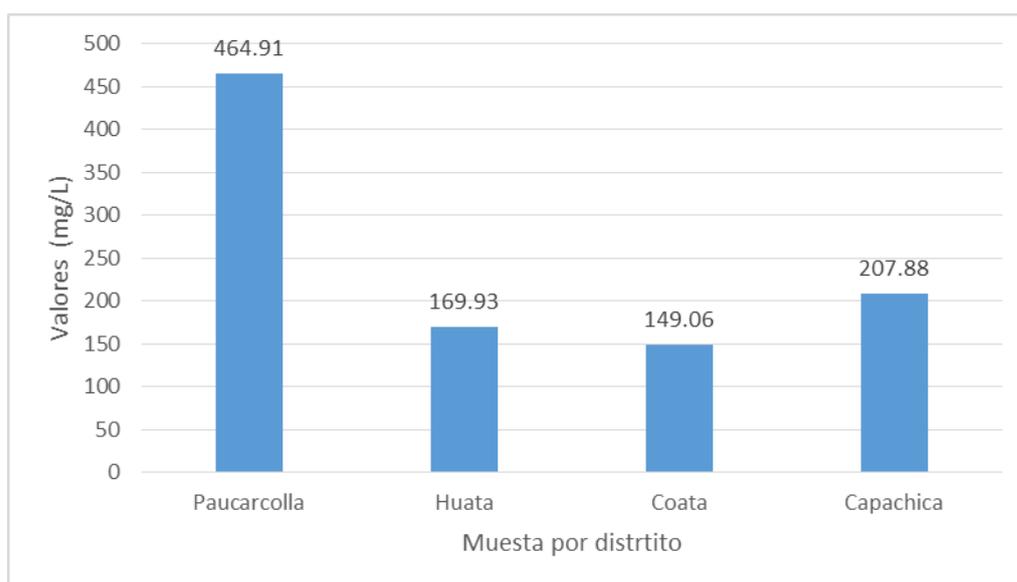


Figura 4.14: Sólidos totales

Los resultados del análisis de sólidos totales fluctúan entre los valores de un mínimo de 149.06 mg/l a un máximo de 464.91mg/l. Estos valores están dentro de los límites máximos permisibles para consumo humano, establecidos por el Ministerio de Salud del Perú y la OMS.

V. CONCLUSIONES

1) Las variables: ingreso familiar, nivel de educación, ocupación, participación en reuniones de la JASS, nivel de ingreso, tenencia de ganado vacuno, edad de jefe de familia, nivel educativo, ocupación, composición familiar, calidad de agua, culto al agua, temperatura (promedio mensual), precipitación (promedio mensual), no fueron significativos las cuales han sido eliminados del proyecto.

2) Las variables, luego de realizar la prueba de Stepwise, consideradas en el modelo, son significativos: pago por el servicio de agua, edad de jefe de familia, número integrantes de familia, la variable dicotómica, mantenimiento de instalaciones domiciliarias y la variable politómica, mantenimiento preventivo de estación de bombeo, las cuales fueron considerados en el modelo.

3) En el análisis de regresión lineal múltiple en Paucarcolla, se determinaron, en orden de significancia, las siguientes variables: pago por el servicio de agua, seguido de mantenimiento de instalaciones domiciliarias, edad de jefe de familia y, finalmente, número de familia, con un coeficiente de determinación ajustado de $R_j^2 = 86.5 \%$. Su modelo es $\hat{Y} = 1.441 + 0.550X_1 - 0.034X_2 - 0.096X_3 + 0.537X_4$.

Luego, Huata: pago por el servicio de agua, seguido de mantenimiento de instalaciones domiciliarias, edad de jefe de familia y, finalmente, número de integrantes de familia, con $R_j^2 = 94.2 \%$, siendo su modelo $\hat{Y} = 0.914 + 0.765X_1 - 0.024X_2 - 0.161X_3 + 0.280X_4$.

Después, Coata: pago por servicio de agua, seguido de número de integrantes de familia, edad del jefe de familia, con un coeficiente de determinación 90.7 %, siendo su modelo: $\hat{Y} = 1.797 + 0.715X_1 - 0.028X_2 - 0.159X_3$.

Finalmente, Capachica: pago por el servicio de agua, seguido de mantenimiento de instalaciones domiciliarias, edad de jefe de familia y número integrantes de familia, con un

coeficiente de determinación ajustado $R_j^2 = 89.1 \%$, y el siguiente modelo:

$$\hat{Y} = 1.721 + 0.622X_1 - 0.030X_2 - 0.103X_3 + 0.369X_4.$$

4) En el análisis conjunto de los cuatro distritos, las variables más significativas son: Mantenimiento preventivo de la estación de bombeo (captación, planta de bombeo, reservorio y red de distribución) a un nivel muy bueno, pago por el servicio de agua, mantenimiento preventivo de estación de bombeo a nivel bueno, mantenimiento preventivo de estación de bombeo a nivel regular, mantenimiento de instalaciones domiciliarias, edad de jefe de familia y finalmente número de familia por vivienda, con un coeficiente de determinación ajustado $R_j^2 = 91.1 \%$ y con un modelo de $\hat{Y}_i = 0.962 + 0.659X_1 - 0.028X_2 - 0.112X_3 + 0.281X_4 + 0.438X_5 + 0.599X_6 + X_7 \cdot 0.681$.

5) En el análisis de calidad de agua consumida en los distritos de Paucarcolla, Huata, Coata y Capachica, en los parámetros: olor, sabor, potencial de hidrógeno, temperatura, conductividad eléctrica, dureza total, cloruros, sulfatos, calcio y sólidos totales, todos están por debajo de los niveles máximos permisibles de calidad de agua establecidos por DIGESA y OMS.

6) Se demostró que con un mayor pago en el mantenimiento del sistema de suministro de agua se obtendrían más horas de funcionamiento. También, con un mejor mantenimiento de las instalaciones domiciliarias, se tendrían más horas de disposición de agua. Contrariamente a mayor edad del jefe de familia, que merma las horas de funcionamiento del sistema, se encontró que en la familia hay más número de personas (abuelos, hijos y nietos), y tienen mayor consumo de agua en periodos de tiempo cortos.

7) Analizando todos los distritos, por niveles de mantenimiento, se obtuvo diferencias significativas entre estos últimos, y los que más horas son capaces de operar son de categoría «muy bueno».

VI. RECOMENDACIONES

1) Incrementar los ingresos económicos de los pobladores, generando proyectos productivos para, entre otros, pagar por los servicios de agua. Mejorar la cobertura de educación primaria, secundaria, ya que solo el 46 % cuenta con este nivel y el 10 % con educación superior.

2) Realizar una capacitación en cultura de agua, que comprende: valores, actitudes, hábitos, importancia del agua para el desarrollo del ser vivo, disponibilidad y tratamiento de aguas usadas.

3) Conformar y fortalecer la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS), encargada de la operación, mantenimiento, administración y sostenibilidad del proyecto.

4) Evaluar el modelo desarrollado en otras localidades, para contrastar su funcionamiento y eventualmente incluir otras variables.

Colocar medidores de agua en las acometidas domiciliarias. Mejorar el tratamiento de aguas residuales vía reactores, wetlands y otros, en adición a las lagunas de estabilización.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, F. (2003). Modelo de pronóstico de consumo de agua potable. Centro de estudios Multidisciplinarios. Mexico
- Alfa, F. (2010). Modos de mercantilización del agua: Un análisis de contraste sobre la regulación desde el Estado y la visión pro-empresarial en boga Université de Montreal. *Sciende Direct*, 23.
- Ambiental, D. G. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano. Lima-Perú. J.B. Grafic E.I.R.L.
- Castilla, V. (2006). Estudio de un modelo de diseño del sistema de bombeo de agua potable por pozos a un reservorio elevado-Puno: Tesis de Ingenieria Agricola - UNA-Puno.
- CEPIS, (2010). Guías para la oprecion y mantenimiento de reservorios elevados y estaciones de bombeo. Lima: Organizacion Mundial de la Salud.
- Córdova, M. 2006. Estadística Inferencial. Lima – Perú. Editorial Moshera S.R.L.
- Cruz, L. (2013). Actitudes, consumo de agua y sistema de tarifas del servicio de abastecimiento de agua potable. *Polis*. 363-401.
- Cumpy, E. y Kara, L. (2013). Comparing microbial water quality in an intermittent and continuous piped water supply. *Water research*, 5176–5188.
- Daza. J. (2006), Estadistica aplicada y estadistica empresarial. Ediciones Megabyte, Lima-Perú.
- Del Puerto, A. (1999). Calidad del agua y enfermedades de transmisión digestiva. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, V.15.
- Delmas, S. (2015). Environmental assessment of drinking water transport and distribution network use phase for small to medium-sized municipalities in Spain. *Journal of Cleaner Production*, Pages 573–582.
- DIGESA, (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para. Lima - Peru: J.B. GRAFIC E.I.R.L.

- EMSAPUNO, (2011). Resumen descriptivo del sistema de tratamiento de agua residual en la ciudad de Puno S.A.
- Fernández, A. y Mortier, C. (2010). Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Veterinarias.
- García, C. (2011). Estadística descriptiva y probabilidades para ingenieros Lima Perú, primera edición. Ediciones macros E.I.R.L.
- Gonzales, E. (1993). Modelo dinámico para la determinación de los grados de mecanización en la zona de trapecio andino – Puno, Tesis de maestría de la UNALM-Lima-Perú.
- Granada, L. (2011). Estimación del consumo básico de agua potable en Colombia. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Gujarati. (2007). Econometría. Méjico: Ediciones Mc Graw Hill.
- Guzmán, E. (2011). Determinación de consumo de agua por los sectores urbanos e industrial en Guanajuato: Universidad del Valle. México.
- Hanke, J. (2007). Pronóstico en los negocios. México, Pearsón educación.
- Ibáñez, J. (2006). Análisis y diseño de experimentos. Puno: Editorial Universitaria.
- Llueu, V. (2011). Técnicas de muestreo. Puno: Editorial universitaria.
- López, R. (1999). Diseño de Acueductos y Alcantarillados. Colombia-Santa Fé, Edic. alfa omega.
- Machaca, J. (2000). Modelo de regresión para determinar el comportamiento del consumo de agua, con datos provenientes de la empresa municipal de servicios de agua potable de la ciudad de Puno 1992-1999. FINESE-UNA-PUNO.
- Mendes, S. (2011). Metodología para la apropiación de Tecnologías de saneamiento básico en comunidades indígenas. Cuaderno rural, pp.66
- Ministerio-OMS, (2006), Guías para la calidad del agua potable, primer apéndice a la tercera edición. Volumen 1. Suiza.
- OPS, (2011). Desigualdades en el acceso, uso y gasto en agua potable en América Latina y el Caribe. Perú, 1-5.
- Quezada, N. (2010). Metodología de la investigación. Lima-Perú, primera edición. Ediciones macros E.I.R.L.
- Quispe, A. (2013). Relación entre la disposición a pagar y factores socioeconómicos por los servicios de saneamiento básico-Caracoto. Puno: FIA- UNA - Puno.
- Ramos, G. (2013). Ideas económicas en torno al servicio de abastecimiento urbano de agua en la Gran Bretaña del siglo XIX. scielo, pp-13.

- Ramos, J. (2005). Obras de instalaciones sanitarias en la construcción. Lima: Ediciones Miano.
- Rojo, J. (2007). Regresión lineal múltiple. Madrid-España: Instituto de economía y Geografía.
- SAEZ, F. (2010). Factores determinantes del consumo de agua para usos residenciales en Andalucía. Universidad de Granada: Departamento de Economía Aplicada.
- Sáez, F. (2010). Metodología para la apropiación de tecnologías de saneamiento básico en comunidades indígenas. SCIELO, 18.
- Saldarriaga, J. (2007). Hidráulica de tuberías, abastecimiento de agua, redes, riegos. Bogotá-Colombia: Edic. Alfaomega.
- Sapag, N. (2008). Preparación y evaluación de Proyectos. Bogotá-Colombia: Edic. McGraw-Hill Interamericana S.A.
- SUNNAS, (2013). Proyecto de estudio tarifario, estructura tarifaria y metas de gestión de la EPS Moyobamba. Boletín virtual de la superintendencia de servicios de saneamiento.

VIII. ANEXOS

Cuadro 8.1: variables técnicas y socioeconómicas, consideradas antes del modelo

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizado	t	Sig.
	B	Err estándar	Beta		
(Constante)	,904	,348		2,594	,011
Pago por agua	,643	,030	,822	21,180	,000
Edad	-,026	,004	-,253	-7,209	,000
No.familia	-,110	,023	-,180	-4,779	,000
Mant Domicilio	,267	,075	,115	3,563	,001
Ingreso Mensual	,000	,000	,032	,874	,384
Consumo de agu	,002	,003	,023	,605	,547
No.Ganado	,024	,033	,026	,721	,473
Primaria	-,184	,186	-,069	-,990	,325
Secundaria	-,191	,169	-,082	-1,129	,262
Superior	-,049	,207	-,014	-,238	,813
Agricultor	,020	,117	,008	,168	,867
Albañil	,007	,121	,003	,060	,952
Comerciante	,070	,171	,015	,410	,683
JASS	-,051	,075	-,022	-,674	,502
Cultura agua	-,049	,095	-,017	-,515	,608
Regular	,368	,120	,135	3,059	,003
Buena	,565	,107	,228	5,268	,000
Muy Buena	,679	,117	,245	5,780	,000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 8.2: ANVA de las variables del modelo de regresión lineal

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	125,942	18	6,997	55,343	,000 ^b
Residuo	10,493	83	,126		
Total	136,436	101			

Rajustado = 0.923

Cuadro 8.3: Datos socioeconómicos y técnicos del distrito de Paucarcolla (2014).

N°	Funcionamiento sistema agua potable por bombeo (Hrs/día) Y	Pago por servicio de agua (soles/mes) X ₁	Edad (años) X ₂	No. de Familia (unidad) X ₃	Variables dicotómicas. Mantenimiento instalaciones domiciliarias. (si) X ₄	Variable politómicas Mantenimiento de estación de bombeo a nivel preventivo		
						(regular) X ₅	(Bueno) X ₆	(muy buen) X ₇
1	0.6	2	70	2	1	0	0	0
2	1.3	3	49	7	1	0	0	0
3	1.7	3	35	7	1	0	0	0
4	2.6	6	62	4	1	0	0	0
5	0.8	3	45	7	0	0	0	0
6	0.4	3	59	7	0	0	0	0
7	0.9	4	38	8	0	0	0	0
8	0.5	3	56	3	0	0	0	0
9	3.2	5	42	1	1	0	0	0
10	1.5	4	39	5	0	0	0	0
11	1.4	3	50	7	1	0	0	0
12	3.8	6	45	2	1	0	0	0
13	2.1	3	29	4	0	0	0	0
14	2.3	5	54	7	1	0	0	0
15	2.3	5	56	5	1	0	0	0
16	0.9	3	49	3	0	0	0	0
17	0.7	1	26	2	0	0	0	0
18	2.9	6	42	7	1	0	0	0
19	3.1	5	46	4	0	0	0	0
20	3.2	5	23	5	0	0	0	0
21	0.7	2	51	8	0	0	0	0
22	1.3	3	53	8	1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas.

Cuadro 8.4. Datos socioeconómicos y técnicos del distrito Huata (2014).

N°	Funciona- miento sistema agua potable por bombeo (Hrs/día) Y	Pago por servicio de agua (soles/mes) X ₁	Edad (años) X ₂	No. de Familia (unidad) X ₃	Variables dicotómicas. Mantenimien instalaciones domiciliarias (si) X ₄	Variable politómicas Mantenimiento de estación de bombeo a nivel preventivo		
						(regular) X ₅	(Bueno) X ₆	(muy buen) X ₇
1	4.3	6	54	3	0	1	0	0
2	5.1	7	37	4	1	1	0	0
3	2.4	4	39	2	1	1	0	0
4	2.4	4	49	2	0	1	0	0
5	3.7	6	39	5	0	1	0	0
6	3.8	6	40	5	0	1	0	0
7	2.6	4	42	6	1	1	0	0
8	4.3	6	24	6	1	1	0	0
9	2	3	44	3	0	1	0	0
10	3.4	5	53	3	1	1	0	0
11	2.2	4	67	1	0	1	0	0
12	2	4	56	5	1	1	0	0
13	2.6	5	51	7	1	1	0	0
14	1.5	3	59	4	1	1	0	0
15	0.4	3	61	5	0	1	0	0
16	2.3	4	46	6	1	1	0	0
17	2	3	39	3	1	1	0	0
18	3.4	5	26	3	0	1	0	0
19	2.4	3	39	3	1	1	0	0
20	3.8	6	51	4	1	1	0	0
21	2.1	3	50	3	1	1	0	0
22	5.2	7	32	3	1	1	0	0
23	2.1	3	40	2	0	1	0	0
24	4.4	7	46	5	0	1	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas.

Cuadro 8.5: Datos socioeconómicos y técnico del distrito Capachica. (2014)

N°	Funciona- miento sistema agua potable por bombeo (Hrs/día) Y	Pago por servicio de agua (soles/mes) X ₁	Edad (años) X ₂	No. de Familia (unidad) X ₃	Variables dicotómicas. Mantenimien instalaciones domiciliarias (sí) X ₄	Variable politómicas Mantenimiento de estación de bombeo a nivel preventivo		
						(regular) X ₅	(Bueno) X ₆	(muy buen) X ₇
1	1.2	3	77	5	1	0	1	0
2	3.6	6	52	7	1	0	1	0
3	2.7	5	52	5	0	0	1	0
4	1.2	4	60	9	0	0	1	0
5	2.6	4	57	6	1	0	1	0
6	0.8	1	64	6	1	0	1	0
7	1.3	2	44	3	0	0	1	0
8	0.5	1	61	4	1	0	1	0
9	2.7	5	60	3	1	0	1	0
10	1.4	3	51	3	0	0	1	0
11	2	3	28	8	0	0	1	0
12	3.4	6	52	9	0	0	1	0
13	1.3	3	64	8	1	0	1	0
14	4.9	6	37	2	1	0	1	0
15	2.3	5	54	5	1	0	1	0
16	3.8	6	63	2	0	0	1	0
17	1.7	3	55	4	1	0	1	0
18	2.6	3	36	5	0	0	1	0
19	1.4	3	52	5	0	0	1	0
20	4.1	7	68	2	0	0	1	0
21	2.1	4	53	4	0	0	1	0
22	1.3	3	54	5	0	0	1	0
23	0.8	1	44	5	1	0	1	0
24	2.4	4	73	2	1	0	1	0
25	1.9	4	50	4	0	0	1	0
26	4.5	7	48	5	1	0	1	0
27	1.8	4	55	4	0	0	1	0
28	2.2	3	57	3	0	0	1	0
29	1.7	4	52	5	0	0	1	0
30	2.4	4	45	7	1	0	1	0
31	2.8	4	35	8	1	0	1	0
32	2	3	27	8	0	0	1	0
33	2.3	4	50	6	0	0	1	0

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas.

Cuadro 8.6: Datos socioeconómicos y técnicos del distrito Coata. (2014)

N°	Funciona- miento sistema agua potable por bombeo (Hrs/día) Y	Pago por servicio de agua (soles/mes) X ₁	Edad (años) X ₂	No. de Familia (unidad) X ₃	Variables dicotómicas. Mantenimien instalaciones domiciliarias	Variable politómicas Mantenimiento de estación de bombeo a nivel preventivo		
					(si) X ₄	regular X ₅	Bueno X ₆	muy buen X ₇
1	3.3	5	47	5	1	0	0	1
2	1	2	42	7	0	0	0	1
3	2.8	5	68	4	0	0	0	1
4	3.8	5	46	5	1	0	0	1
5	1	2	41	5	0	0	0	1
6	2.6	4	62	5	0	0	0	1
7	0.7	2	44	7	1	0	0	1
8	2.8	4	56	2	0	0	0	1
9	2.1	4	54	4	0	0	0	1
10	0.7	2	55	6	1	0	0	1
11	3.5	6	56	5	0	0	0	1
12	1	3	67	6	0	0	0	1
13	3.4	4	41	3	1	0	0	1
14	0.8	3	71	5	0	0	0	1
15	2.3	3	38	4	0	0	0	1
16	4.2	6	49	4	1	0	0	1
17	1.6	3	49	8	1	0	0	1
18	1.6	3	51	4	0	0	0	1
19	1	2	49	6	1	0	0	1
20	1.2	2	47	5	0	0	0	1
21	1.6	2	57	3	1	0	0	1
22	2.7	4	55	6	0	0	0	1
23	2.9	5	38	5	1	0	0	1
Total	102							

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas.

ENCUESTA DE INVESTIGACION

Estimado señor (a), esta hoja de encuesta, pretende identificar los factores más importantes en el buen funcionamiento de sistemas de agua potable por bombeo, en los distritos de la provincia Puno, para lo cual suplicamos que responda con la mayor veracidad a las preguntas planteadas.

I. Identificación

Nombre de jefe familia.....

Fecha.....Distrito.....

II. Características socio-económicos y técnicos

1. ¿Qué grado de instrucción tiene usted?Cuál es su Edad?.....
2. ¿Cuál es su principal y segunda ocupación?
3. ¿Cuánto es su ingreso familiar durante el mes, en soles?
4. ¿Cuánto pago por el servicio de agua potable, la última vez?
5. ¿Cuántas horas de funcionamiento de servicio de agua potable por bombeo tiene en su casa, durante el día?.....
6. ¿Cuántos integrantes conforman su familia?
7. ¿Cuántos baldes (18 litros) de agua consume en su casa por día?
8. Existe Junta administradora de servicios de saneamiento (JASS) en su distrito?
1. No..... 2. Si..... Participa en reuniones.....
9. ¿Tiene conocimiento del ahorro, valores, actitudes, costumbres, hábitos, con respecto al agua y las acciones necesarias para obtenerla, distribuirla, y reutilizarla?
1. Si..... 2. No.....
10. ¿Usted. utiliza agua para sus animales?
No.....
Si..... y cuántas vacas tiene y número de ovejas.....
11. ¿Cuenta con pozo propio?
1. No 2. Si
12. En las instalaciones domiciliarias realiza: cambio de grifos malogrados, reparación de tubos fisurados, verificación de uniones, por donde escapa el agua?.
1. Si 2. No.....

Cuestionario de información técnica por distrito

Distrito: Fecha de encuesta:

Operador.....

Variables	Malo	Regul	Buen	Muy bueno
Captación				
¿Cómo está el cerco perimétrico de captación, evita el acceso de personas y animales?				
¿Cómo está la estructura de captación?				
¿Cómo es el estado de las válvulas de captación?				
¿Las tapas tienen seguro?				
Planta de bombeo				
¿Cómo está la infraestructura de la planta de bombeo?				
¿Cómo es el estado de las válvulas?				
¿Cómo es el mantenimiento preventivo de la electrobomba en el control de ruido, temperatura, lubricado, pintado, corrosión y otros?				
Cuántas horas dedica el operador a labores del sistema de bombeo: 1/2hora=malo, 2horas=regular, 4 horas=bueno y 8 horas=muy bueno.				
¿Cómo es la preparación del operador en manejo de sistemas de bombeo?				
Reservorio y red de distribución				
¿En qué estado se encuentra el reservorio, llave de válvulas y tablero?				
Realiza control de la red distribución: Malo=ninguno, regular=mensualmente, bueno =semanalmente y muy bueno=diariamente.				

Cuadro 8.7: Residuales para los estadísticos de Jarque-Bera, Durbin-Watson y Breuch Pagan.

Nº	Jarque-Bera				Durbin-Watson			Breuch Pagan	
	e_i	e_i^2	e_i^3	e_i^4	e_t	e_{t-1}	$(e_t - e_{t-1})^2$	p_i	y_i estimado
1	0.191745152	0.0367662	0.00704974	0.00135175	0.19174515	NA		0.33209709	0.40825485
2	0.216263432	0.04676987	0.01011461	0.00218742	0.21626343	0.19174515	0.00060115	0.42245696	1.08373657
3	0.230631688	0.05319098	0.01226752	0.00282928	0.23063169	0.21626343	0.00020645	0.48045669	1.46936831
4	-0.441486842	0.19491063	-0.08605048	0.03799015	-0.44148684	0.23063169	0.45174332	1.760564	3.04148684
5	-0.112999913	0.01276898	-0.00144289	0.00016305	-0.11299991	-0.44148684	0.10790366	0.11533802	0.91299991
6	-0.12736817	0.01622265	-0.00206625	0.00026317	-0.12736817	-0.11299991	0.00020645	0.1465339	0.52736817
7	-0.752790907	0.56669415	-0.4266022	0.32114226	-0.75279091	-0.12736817	0.3911536	5.11876294	1.65279091
8	-0.559944561	0.31353791	-0.17556385	0.09830602	-0.55994456	-0.75279091	0.03718971	2.83208542	1.05994456
9	-0.07038472	0.00495401	-0.00034869	2.4542E-05	-0.07038472	-0.55994456	0.23966884	0.04474794	3.27038472
10	-0.462701546	0.21409272	-0.09906103	0.04583569	-0.46270155	-0.07038472	0.15391249	1.93382954	1.96270155
11	0.343808556	0.11820432	0.04063966	0.01397226	0.34380856	-0.46270155	0.65045855	1.067701	1.05619144
12	0.065275532	0.0042609	0.00027813	1.8155E-05	0.06527553	0.34380856	0.07758065	0.03848727	3.73472447
13	0.40882233	0.1671357	0.06832881	0.02793434	0.40882233	0.06527553	0.1180244	1.5096821	1.69117767
14	0.035068301	0.00122979	4.3126E-05	1.5124E-06	0.0350683	0.40882233	0.13969207	0.01110825	2.2649317
15	-0.134811958	0.01817426	-0.00245011	0.0003303	-0.13481196	0.0350683	0.0288593	0.16416218	2.43481196
16	-0.352760433	0.12443992	-0.04389748	0.01548529	-0.35276043	-0.13481196	0.04750154	1.12402513	1.25276043
17	0.020137201	0.00040551	8.1658E-06	1.6444E-07	0.0201372	-0.35276043	0.13905265	0.00366281	0.6798628
18	-0.35493357	0.12597784	-0.04471376	0.01587042	-0.35493357	0.0201372	0.14067808	1.13791662	3.25493357
19	0.558168695	0.31155229	0.17389874	0.09706483	0.55816869	-0.35493357	0.83375575	2.81414997	2.54183131
20	0.137116085	0.01880082	0.00257789	0.00035347	0.13711608	0.55816869	0.1772853	0.16982166	3.06288392
21	0.724216465	0.52448949	0.37984392	0.27508922	0.72421646	0.13711608	0.34468686	4.73754203	0.02421646
22	0.438929184	0.19265883	0.08456358	0.03711742	0.43892918	0.72421646	0.08138883	1.7402242	0.86107082
23	0.768667657	0.59084997	0.45416726	0.34910368	0.76866766	0.43892918	0.10872746	5.33695454	3.53133234
24	0.272508265	0.07426075	0.02023667	0.00551466	0.27250827	0.76866766	0.24617414	0.67077311	4.82749173
25	-0.618990865	0.38314969	-0.23716616	0.14680369	-0.61899087	0.27250827	0.7947707	3.46086586	3.01899087

Nº	Jarque-Bera				Durbin-Watson			BPG	
	e_i	e_i^2	e_i^3	e_i^4	e_t	e_{t-1}	$(e_t - e_{t-1})^2$	p_i	y_i estimado
26	-0.062622467	0.00392157	-0.00024558	1.5379E-05	-0.06262247	-0.61899087	0.30954579	0.03542229	2.46262247
27	-0.019538702	0.00038176	-7.4591E-06	1.4574E-07	-0.0195387	-0.06262247	0.00185621	0.00344832	3.7195387
28	0.108006423	0.01166539	0.00125994	0.00013608	0.10800642	-0.0195387	0.01626776	0.10536963	3.69199358
29	0.113585526	0.01290167	0.00146544	0.00016645	0.11358553	0.10800642	3.1126E-05	0.11653658	2.48641447
30	-0.001147469	1.3167E-06	-1.5109E-09	1.7337E-12	-0.00114747	0.11358553	0.01316366	1.1893E-05	4.30114747
31	0.171597541	0.02944572	0.00505281	0.00086705	0.17159754	-0.00114747	0.02984084	0.26597353	1.82840246
32	0.219665756	0.04825304	0.01059954	0.00232836	0.21966576	0.17159754	0.00231055	0.43585397	3.18033424
33	0.120704521	0.01456958	0.00175861	0.00021227	0.12070452	0.21966576	0.00979333	0.13160226	2.07929548
34	-0.213267985	0.04548323	-0.00970012	0.00206872	-0.21326798	0.12070452	0.11153763	0.41083517	2.21326798
35	-0.185483475	0.03440412	-0.0063814	0.00118364	-0.18548347	-0.21326798	0.00077198	0.31076116	2.78548347
36	-0.083657489	0.00699858	-0.00058548	4.898E-05	-0.08365749	-0.18548347	0.01036853	0.06321584	1.58365749
37	-0.735164832	0.54046733	-0.39733257	0.29210494	-0.73516483	-0.08365749	0.42446182	4.88186466	1.13516483
38	-0.076233976	0.00581162	-0.00044304	3.3775E-05	-0.07623398	-0.73516483	0.43418987	0.05249445	2.37623398
39	-0.247045234	0.06103135	-0.0150775	0.00372483	-0.24704523	-0.07623398	0.02917649	0.55127621	2.24704523
40	-0.243135453	0.05911485	-0.01437292	0.00349457	-0.24313545	-0.24704523	1.5286E-05	0.5339651	3.64313545
41	0.152954766	0.02339516	0.0035784	0.00054733	0.15295477	-0.24313545	0.15688746	0.21132083	2.24704523
42	0.017600385	0.00030977	5.4521E-06	9.596E-08	0.01760039	0.15295477	0.01832081	0.00279808	3.78239961
43	0.155951136	0.02432076	0.00379285	0.0005915	0.15595114	0.01760039	0.01914093	0.21968144	1.94404886
44	0.122297388	0.01495665	0.00182916	0.0002237	0.12229739	0.15595114	0.00113257	0.13509854	5.07770261
45	0.048931789	0.00239432	0.00011716	5.7328E-06	0.04893179	0.12229739	0.00538251	0.02162711	2.05106821
46	0.213816793	0.04571762	0.0097752	0.0020901	0.21381679	0.04893179	0.02718706	0.41295232	4.18618321
47	0.063089929	0.00398034	0.00025112	1.5843E-05	0.06308993	0.21381679	0.02271859	0.0359531	1.13691007
48	0.021051195	0.00044315	9.3289E-06	1.9638E-07	0.02105119	0.06308993	0.00176726	0.00400285	3.57894881
49	-0.163541785	0.02674592	-0.00437407	0.00071534	-0.16354178	0.02105119	0.03407457	0.24158711	2.86354178
50	-0.333779394	0.11140868	-0.03718592	0.01241189	-0.33377939	-0.16354178	0.02898084	1.00631821	1.53377939
51	0.365212316	0.13338004	0.04871203	0.01779023	0.36521232	-0.33377939	0.48858941	1.20477825	2.23478768

Nº	Jarque-Bera				Durbin-Watson			BPG	
	e_i	e_i^2	e_i^3	e_i^4	e_t	e_{t-1}	$(e_t - e_{t-1})^2$	p_i	y_i estimado
52	0.736409318	0.54229868	0.3993538	0.29408786	0.73640932	0.36521232	0.13778721	4.89840667	0.06359068
53	-0.03049216	0.00092977	-2.8351E-05	8.6448E-07	-0.03049216	0.73640932	0.58813788	0.00839832	1.33049216
54	0.128803435	0.01659032	0.00213689	0.00027524	0.12880344	-0.03049216	0.02537509	0.14985498	0.37119656
55	-0.44906845	0.20166247	-0.09056025	0.04066775	-0.44906845	0.12880344	0.33393592	1.82155117	3.14906845
56	-0.397136665	0.15771753	-0.06263541	0.02487482	-0.39713666	-0.44906845	0.00269691	1.42461088	1.79713666
57	0.131751743	0.01735852	0.00228702	0.00030132	0.13175174	-0.39713666	0.27972295	0.15679385	1.86824826
58	0.326938857	0.10688902	0.03494617	0.01142526	0.32693886	0.13175174	0.03809801	0.96549353	3.07306114
59	0.142459073	0.02029459	0.00289115	0.00041187	0.14245907	0.32693886	0.03403279	0.18331437	1.15754093
60	0.345448054	0.11933436	0.04122382	0.01424069	0.34544805	0.14245907	0.04120453	1.07790823	4.55455195
61	-0.789368688	0.62310293	-0.49185794	0.38825726	-0.78936869	0.34544805	1.28780904	5.62828497	3.08936869
62	0.242538446	0.0588249	0.0142673	0.00346037	0.24253845	-0.78936869	1.06483233	0.53134606	3.55746155
63	-0.155388065	0.02414545	-0.00375191	0.000583	-0.15538807	0.24253845	0.15834551	0.21809796	1.85538807
64	0.614656976	0.3778032	0.23221937	0.14273526	0.61465698	-0.15538807	0.59296937	3.41257274	1.98534302
65	-0.144621031	0.02091524	-0.00302478	0.00043745	-0.14462103	0.61465698	0.57650309	0.18892055	1.54462103
66	0.020803692	0.00043279	9.0037E-06	1.8731E-07	0.02080369	-0.14462103	0.02736534	0.00390928	4.07919631
67	-0.189021538	0.03572914	-0.00675358	0.00127657	-0.18902154	0.02080369	0.04402663	0.32272965	2.28902154
68	-0.189530782	0.03592192	-0.00680831	0.00129038	-0.18953078	-0.18902154	2.5933E-07	0.32447093	1.48953078
69	0.073021572	0.00533215	0.00038936	2.8432E-05	0.07302157	-0.18953078	0.06893374	0.04816357	0.72697843
70	0.155993291	0.02433391	0.00379593	0.00059214	0.15599329	0.07302157	0.00688431	0.21980022	2.24400671
71	-0.471656912	0.22246024	-0.10492491	0.04948856	-0.47165691	0.15599329	0.39394478	2.00941062	2.37165691
72	-0.073560189	0.0054111	-0.00039804	2.928E-05	-0.07356019	-0.47165691	0.158481	0.04887671	4.57356019
73	-0.433931289	0.18829636	-0.08170768	0.03545552	-0.43393129	-0.07356019	0.12986733	1.70081948	2.23393129
74	0.568134082	0.32277634	0.18338024	0.10418456	0.56813408	-0.43393129	1.00413501	2.91553309	1.63186592
75	-0.504081408	0.25409807	-0.12808611	0.06456583	-0.50408141	0.56813408	1.14964606	2.29518474	2.20408141
76	-0.052843924	0.00279248	-0.00014757	7.7979E-06	-0.05284392	-0.50408141	0.20361527	0.02522356	2.45284392
77	0.184190085	0.03392599	0.00624883	0.00115097	0.18419009	-0.05284392	0.05618512	0.30644235	2.61580991

Nº	Jarque-Bera				Durbin-Watson			BPG	
	e_i	e_i^2	e_i^3	e_i^4	e_t	e_{t-1}	$(e_t - e_{t-1})^2$	p_i	y_i estimado
78	0.104206618	0.01085902	0.00113158	0.00011792	0.10420662	0.18419009	0.00639735	0.09808597	1.89579338
79	0.153313597	0.02350506	0.00360365	0.00055249	0.1533136	0.10420662	0.0024115	0.21231351	2.1466864
80	-0.063943184	0.00408873	-0.00026145	1.6718E-05	-0.06394318	0.1533136	0.04720051	0.03693217	3.36394318
81	-0.017400016	0.00030276	-5.268E-06	9.1664E-08	-0.01740002	-0.06394318	0.00216627	0.00273474	1.01740002
82	0.18293633	0.0334657	0.00612209	0.00111995	0.18293633	-0.01740002	0.04013465	0.30228473	2.61706367
83	0.408511691	0.1668818	0.06817317	0.02784954	0.40851169	0.18293633	0.05088424	1.50738874	3.39148831
84	-0.269915649	0.07285446	-0.01966456	0.00530777	-0.26991565	0.40851169	0.46026366	0.65807049	1.26991565
85	0.589611213	0.34764138	0.20497326	0.12085453	0.58961121	-0.26991565	0.73878643	3.14013093	2.01038879
86	-0.543226919	0.29509549	-0.16030381	0.08708135	-0.54322692	0.58961121	1.28332223	2.66550102	1.24322692
87	0.286884703	0.08230283	0.02361142	0.00677376	0.2868847	-0.54322692	0.68908531	0.74341457	2.5131153
88	-0.243235038	0.05916328	-0.01439058	0.00350029	-0.24323504	0.2868847	0.28102694	0.53440259	2.34323504
89	-0.352715804	0.12440844	-0.04388082	0.01547746	-0.3527158	-0.24323504	0.01198604	1.12374074	1.0527158
90	0.005419713	2.9373E-05	1.5919E-07	8.6279E-10	0.00541971	-0.3527158	0.12826105	0.00026532	3.49458029
91	-0.100717533	0.01014402	-0.00102168	0.0001029	-0.10071753	0.00541971	0.01126511	0.09162763	1.10071753
92	0.305275936	0.0931934	0.0284497	0.00868501	0.30527594	-0.10071753	0.1648307	0.84178548	3.09472406
93	-0.303022289	0.09182251	-0.02782427	0.00843137	-0.30302229	0.30527594	0.37002673	0.82940269	1.10302229
94	0.175503346	0.03080142	0.00540575	0.00094873	0.17550335	-0.30302229	0.22898678	0.2782192	2.12449665
95	0.119201434	0.01420898	0.00169373	0.0002019	0.11920143	0.17550335	0.00316991	0.12834509	4.08079857
96	-0.052476419	0.00275377	-0.00014451	7.5833E-06	-0.05247642	0.11920143	0.02947329	0.02487394	1.65247642
97	-0.166410035	0.0276923	-0.00460828	0.00076686	-0.16641003	-0.05247642	0.01298087	0.25013549	1.76641003
98	-0.217986551	0.04751814	-0.01035831	0.00225797	-0.21798655	-0.16641003	0.00266014	0.42921579	1.21798655
99	0.095355098	0.00909259	0.00086703	8.2675E-05	0.0953551	-0.21798655	0.09818299	0.08213044	1.1046449
100	0.264918682	0.07018191	0.0185925	0.0049255	0.26491868	0.0953551	0.02875181	0.63393022	1.33508132
101	0.609280596	0.37122284	0.22617888	0.1378064	0.6092806	0.26491868	0.11858513	3.35313456	2.0907194
102	-0.711849305	0.50672943	-0.360715	0.25677472	-0.71184931	0.6092806	1.74538422	4.57712126	3.61184931
Sum =	-4.44089E-15	11.2923388	-0.37475569	3.70500267			22.4694941		

CALCULO DE SUPUESTO DE LOS ERRORES

JARQUE-BERA (JB)

1. Hipótesis:

H_0 : Los e_i (Residuales) se distribuyen normalmente.

H_1 : Los e_i (Residuales) no se distribuyen normalmente.

2. Prueba de normalidad de Jarque-Bera (JB):

$$JB = n \left[\frac{S^2}{6} + \frac{(K - 3)^2}{24} \right]$$

El Estadístico de JB sigue una distribución Chi-cuadrado, con 2 gl.

Donde n = tamaño de la muestra, S = coeficiente de asimetría y K = coeficientes de curtosis.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^3 / n}{\left(\sum_{i=1}^n e_i^2 / n \right)^{3/2}} = \frac{-0.374755693355757/102}{(11.2923388372912/102)^{3/2}} = -0.09974071$$

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^4 / n}{\left(\sum_{i=1}^n e_i^2 / n \right)^2} = \frac{3.70500266630248/102}{(11.2923388372912/102)^2} = 2.963609$$

$$JB = 102 * \left[\frac{-0.09974071^2}{6} + \frac{(2.963609 - 3)^2}{24} \right] = \mathbf{0.1747479}$$

3. Región crítica: Para $\alpha = 0.05$ y $\varphi = 2$, en la Tabla de Chi-cuadrado encontramos,

$$\chi_{\alpha}^2(\varphi) = \chi_{0.05}^2(2) = 5.991465$$

4. **Conclusión:** Puesto que $JB = 0.1747479 < 5.991465$, entonces aceptamos la hipótesis nula (H_0), es decir que los residuales se distribuyen normalmente.

Supuesto	Prueba	Estadístico		p-valor
Normalidad	Jarque-Bera	Chi-Cuadrado	0.5156	0.7727
Autocorrelación	Durbin-Watson	DW	2.455984	0.182
Homocedasticidad	Breusch-Pagan-Godfrey	Chi-Cuadrado	0.9934574	0.3188988
Multicolinealidad	Indicador	FIV	X ₁	1.125829
			X ₂	1.015346
			X ₃	1.123965

DURBIN-WATSON (DW)

Hipótesis:

$H_0: \rho = 0$ (No existe Autocorrelación)

$H_1: \rho > 0$ (Si existe Autocorrelación)

Prueba de Durbin-Watson:

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (\hat{e}_t - \hat{e}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n \hat{e}_t^2}$$

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (\hat{e}_t - \hat{e}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n \hat{e}_t^2} = \frac{22.4694941161035}{11.2923388372912} = 1.9898$$

$$DW = 1.9898$$

lag Autocorrelation	D-W Statistic	p-value
1 -0.01896472	1.9898	0.732

Alternative hypothesis: rho != 0

Como la probabilidad asociado al estadístico de Durbin-Watson (0.732) es mayor a $\alpha=0.05$, entonces aceptamos la hipótesis nula, con lo que podemos concluir que el modelo no presenta autocorrelación.

BREUSCH-PAGAN-GODFREY (BPG)

Paso 1.

$$\begin{aligned}\hat{Y}_i = & 0.961546 + 0.659460X_1 - 0.027545X_2 - 0.112485X_3 + 0.280917X_4 \\ & + 0.437916X_5 + 0.599466X_6 + 0.681225X_7\end{aligned}\quad (1)$$

Paso 2.

$$\tilde{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{e}_i^2}{n} = \frac{11.2923388372912}{102} = 0.1107092$$

Paso 3. Construya las variables p_i definidas como,

$$p_i = \frac{\hat{e}_i^2}{\tilde{\sigma}^2}, \text{ cada residuo elevado al cuadrado dividido entre } \tilde{\sigma}^2.$$

Paso 4. Haga la regresión de los p_i sobre la Y_i estimadas de la ecuación (1), obteniendo la siguiente regresión.

$$\hat{p}_i = 1.3437 - 0.1518\hat{Y}_i \quad (2)$$

Paso 5. Obtenga la SCE (suma de cuadrados explicada) de (2)

$$SCE = 2.885$$

$$\Theta = \frac{1}{2}(SCE) = \frac{1}{2}(2.885) = 1.4425$$

Si suponemos que los u_i están normalmente distribuidos, se demuestra que si hay homoscedasticidad, y si el tamaño n de la muestra aumenta indefinidamente, entonces:

$$\Theta \sim \chi_{m-1}^2$$

Como $\Theta = 1.4425 < 3.841459 = \chi_{0.05}^2(1)$, en el nivel de significancia de 0.05 no podemos rechazar el supuesto de homoscedasticidad, podemos concluir que hay homoscedasticidad en la varianza del error.

Cuadro 8.9: Presiones (m.c.a.) en las redes de distribución, por distritos

Nodo	Distrito de Paucarcolla	Distrito de Capachica	Distrito de Coata	Distrito de Huata
1	40.97	11.16	14.98	36.8
2	40.97	22.11	13.51	34.7
3	37.75	27.4	11.98	31.21
4	46.73	29.99	11.97	27.82
5	42.74	33.68	10.98	19.63
6	35.75	35.08	10.1	12.95
7	29.7	25.1	10.75	6.86
8	29.69	28.49	12.5	6.77
9	29.68	24.6	10.98	12.55
10	28.68	25.6	11.36	19.33
11	23.66	30.09	12.46	18.63
12	22.66	32.78	11.99	29.51
13	24.66	29.49	11.48	7.76
14	25.65	31.79	11.75	13.44
15	24.66	34.08	13.56	19.73
16	28.68	34.78	14.61	27.91
17	26.71	35.68	12.8	8.85
18	27.7	36.98	13.23	6.66
19	26.7	31.79	14.57	14.44
20	26.7	30.99	12.95	19.93
21	37.74	36.08	13.55	21.23
22	37.24	31.59	13.9	27.82
23	39.24	26.6	11.85	30.01
24	37.74	30.09	11.55	32.6
25	38.74	22.01	11.9	
26	38.74	23.61	14.07	
27	39.24		13.99	
28	38.74		13.72	

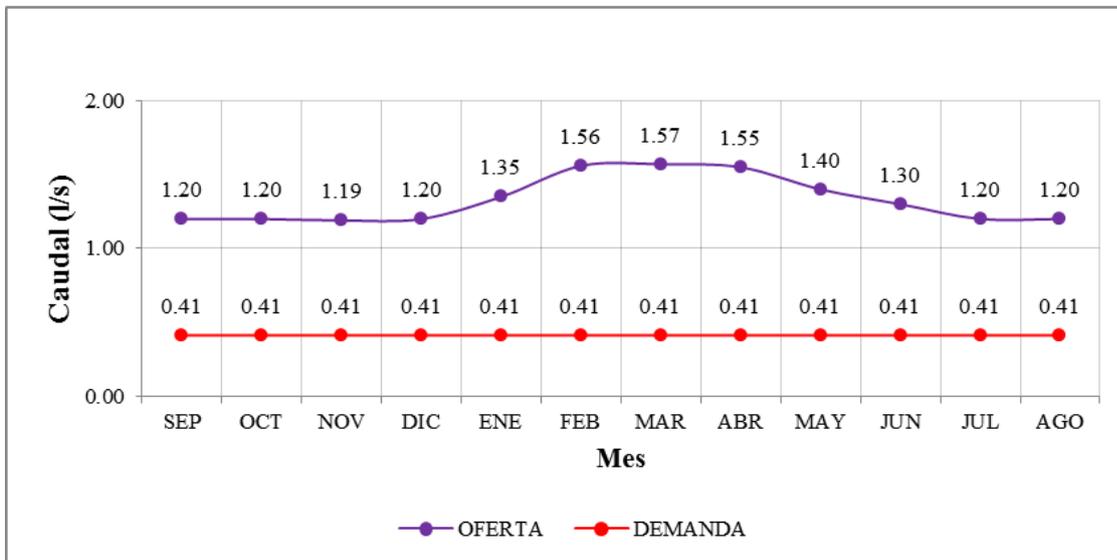


Figura 8.1: Oferta y demanda de caudales de la fuente de agua-Paucarcolla

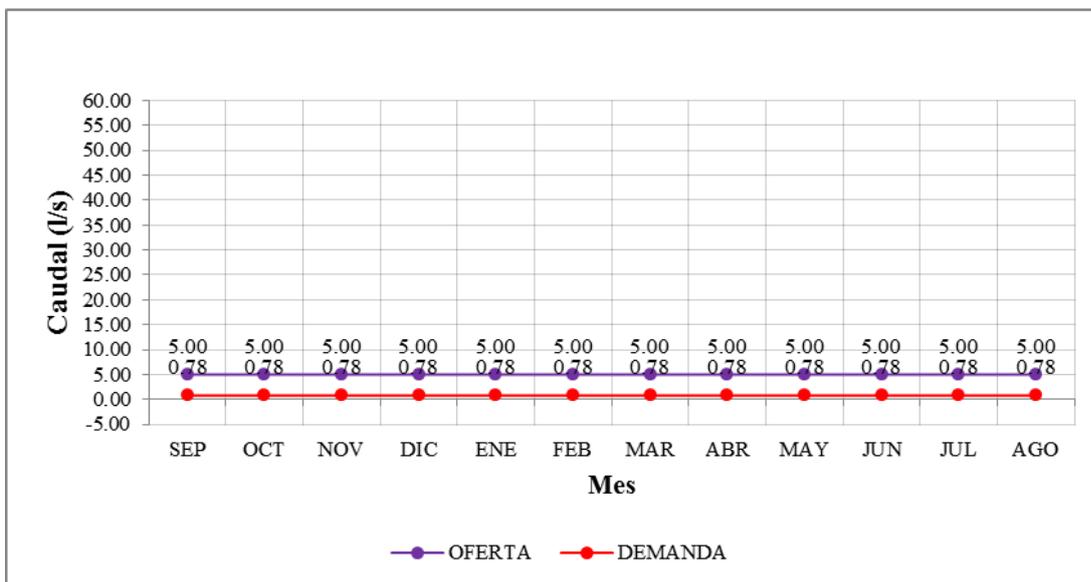


Figura 8.2: Oferta y demanda de caudal de agua de la fuente de agua-Huata

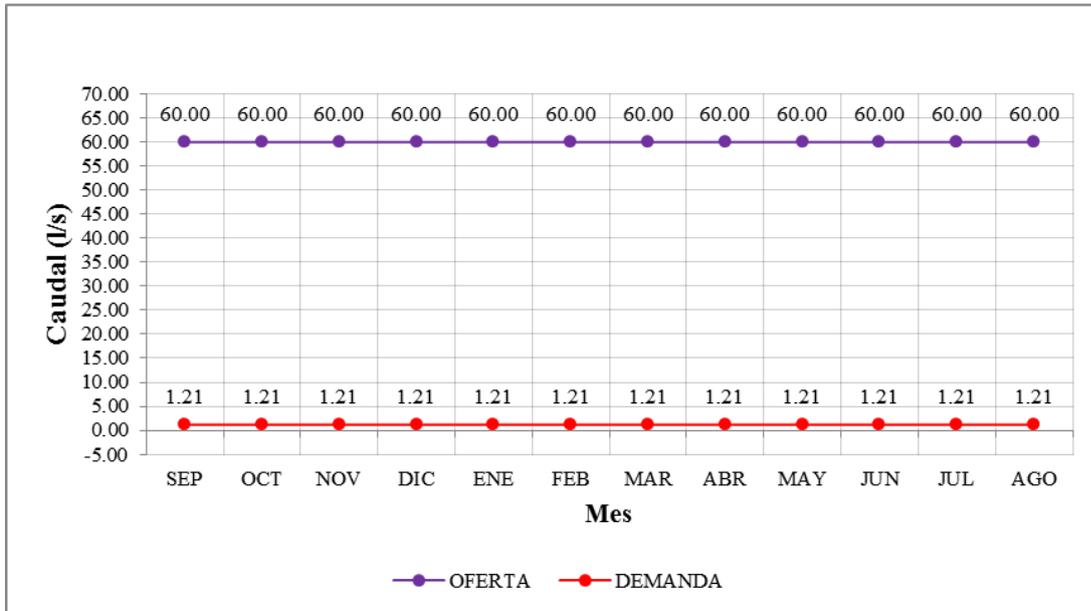


Figura 8.3: Oferta y demanda de caudal de agua de la fuente de agua-Coata

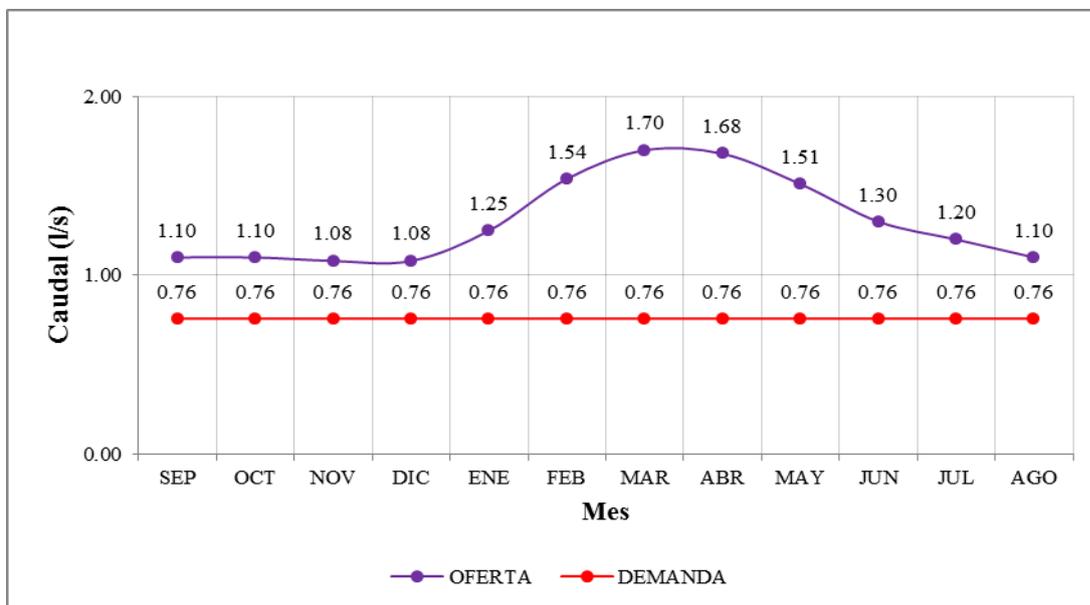


Figura 8.4: Oferta y demanda de caudal de agua de la fuente de agua-Capachica

Verificación del tamaño de la potencia de la electrobomba del distrito de Capachica

CALCULO DE DIAMETRO (Tubería de Impulsion)

Según la ecuación de Bresse :

$$D = K \sqrt{Q_b}$$

Donde:

Q_b = Caudal de Bombeo 0.0030 m³/s
 D = Diametro
 K = 0.7 - 1.96 **0.90**

D = 0.050 m
D = 1.95 pulg

N < a 24 Horas

$$D = 1.3 \times (X^{\frac{1}{4}}) \times \sqrt{Q_b}$$

$$X = \frac{N}{24}$$

Donde:

Q_b = Caudal de Bombeo 0.0030 m³/s
 D = Diametro
 X = Nro horas de bombeo día/24. 0.25

D = 0.05 m
D = 1.99 pulg

Se adopta el diámetro comercial más próximo esto es:

D = 3.0 pulg

4e

La verificación de nuestra velocidad en la tubería de descarga la efectuamos por la ecuación de continuidad.

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

Donde:

Q_b = Caudal de Bombeo 0.0030 m³/s
 A = Area 0.0046 m²
 D = Diametro 0.0762 m

V = 0.66 m/s	≤	1.50 m/s	OK!
---------------------	---	----------	------------

CALCULO DE LA ALTURA DINAMICA DE ELEVACION TOTAL

ALTURA ESTATICA DE IMPULSION:

55.00 m

Cota del Reservorio

3896.00 m.s.n.m.

Cota del Nivel del Pozo

3841.00 m.s.n.m.

ALTURA POR PERDIDA DE CARGA EN TUBERIA DE IMPULSION

Accesorios	Cantidad	K
Válvula Compuerta	1	0.40
Válvula Check	1	4.20
Codo de radio largo 90°	3	1.10
Codo 45°	3	0.80
Tubería de impulsión	--	--

0.40 m

4.20 m

3.30 m

2.40 m

580.39 m

Longitud Equivalente Total

590.69 m

CALCULO DE LA ALTURA DINAMICA DE ELEVACION TOTAL

ALTURA ESTATICA DE IMPULSION:	55.00 m
Cota del Reservorio	3896.00 m.s.n.m.
Cota del Nivel del Pozo	3841.00 m.s.n.m.

ALTURA POR PERDIDA DE CARGA EN TUBERIA DE IMPULSION

Accesorios	Cantidad	K	
Válvula Compuerta	1	0.40	0.40 m
Válvula Check	1	4.20	4.20 m
Codo de radio largo 90°	3	1.10	3.30 m
Codo 45°	3	0.80	2.40 m
Tubería de impulsión	--	--	580.39 m
Longitud Equivalente Total			590.69 m

Utilizando la ecuación de Hazen-Williams:

$$J = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1/0.54}$$

$$J = 0.0503 \text{ m/m}$$

Pérdida carga en impulsión : (J x Longitud Equivalente Total) **29.70 m**

Altura de velocidad en la descarga (Vi) **0.02 m**

$$\frac{V_d^2}{2g}$$

Donde:

Vd = Velocidad de Diseño 0.66 m/s
 g = Aceleración de la Gravedad 9.81 m/s²

Altura Dinámica Total de Elevación **84.72 m**

CALCULO DE LA POTENCIA NECESARIA

Potencia Consumida :

$$P_c = \frac{Q_b \times H \times \gamma}{75 \times E}$$

Donde:

Pc = Potencia en HP
 E = Eficiencia (60%) 0.6 En este caso E = 0.85 x 0.70 = 0.60
 γ = Peso específico del líquido 1000 Kg/m³
 H = Altura dinámica de bombeo 84.72 m
 Q = Caudal de bombeo 0.0030 m³/s

$$P_c = 5.70 \text{ HP}$$

Potencia Instalada (Se recomienda usar un factor de servicio del 25%)

$$P_i = 1.25 \times P_c$$

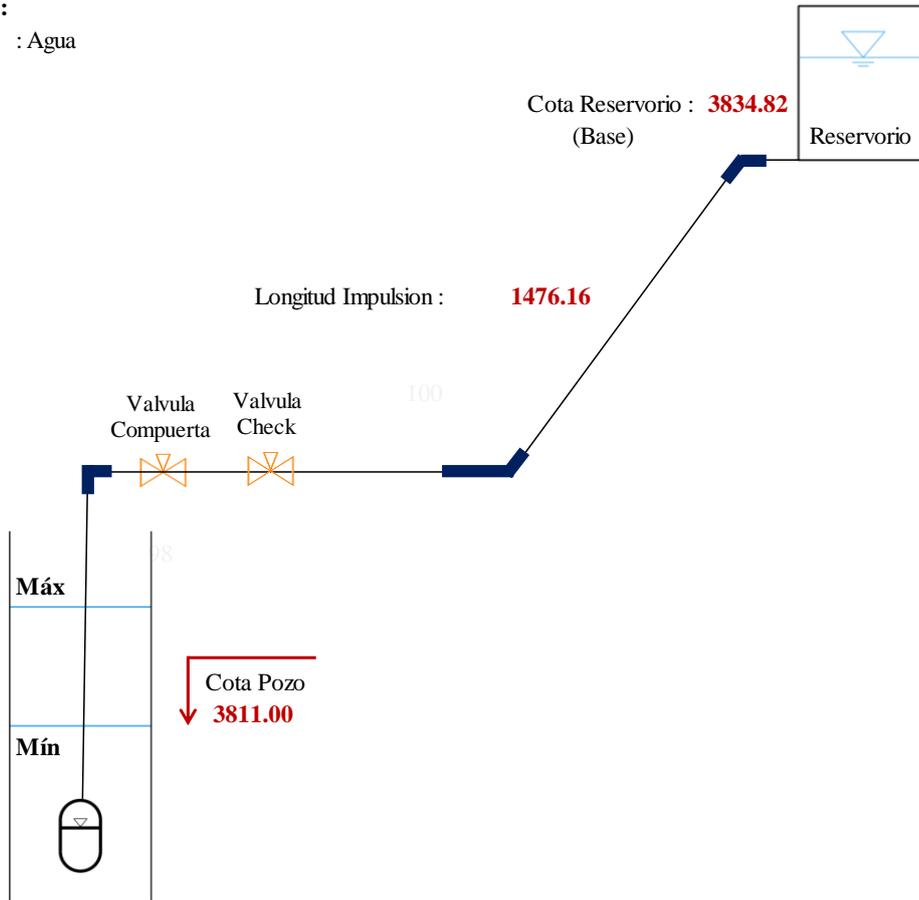
$$P_i = 7.12 \text{ HP}$$

$$P_i = 7.5 \text{ HP}$$

Verificación del tamaño de electrobomba del distrito de Coata

DATOS:

Fluido : Agua



CRITERIOS PARA EL DISEÑO:

Entre los criterios tenemos lo siguientes:

C (Hazen - Williams)	140
VOLUMEN DE RESERVORIO	25.00 m ³
CAUDAL MAXIMO DIARIO (Qmd)	1.21 lps
HORAS DE BOMBEO	6 Hrs
LONGITUD TUBERIA DE IMPULSION	1476.2 m.

DISEÑO DE TAMAÑO DE BOMBA - COATA

$$Q_b = Q_{md} \times \frac{24}{N}$$

Donde:

- Qmd = Caudal Máximo Diario 1.21 lps
- N = Numero de horas de bombeo 6 Hrs
- Qb = Caudal de bombeo

Qb = 4.68 l/s
Qb = 0.0047 m³/s

Utilizando la ecuación de Hazen-Williams:

$$J = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1/0.54}$$

$$J = 0.0375 \text{ m/m}$$

Pérdida carga en impulsión : (J x Longitud Equivalente Total) **55.74 m**

Altura de velocidad en la descarga (Vi) **0.11 m**

$$\frac{V_d^2}{2g}$$

Donde:

Vd = Velocidad de Diseño 1.48 m/s
g = Aceleración de la Gravedad 9.81 m/s²

Altura Dinámica Total de Elevación 79.67 m

CALCULO DE LA POTENCIA NECESARIA

Potencia Consumida :

$$P_c = \frac{Q_b \times H \times \gamma}{75 \times E}$$

Donde:

Pc = Potencia en HP
E = Eficiencia (60%) 0.6 En este caso E = 0.85 x 0.70 = 0.60
γ = Peso específico del líquido 1000 Kg/m³
H = Altura dinámica de bombeo 79.67 m
Q = Caudal de bombeo 0.0047 m³/s

$$P_c = 8.28 \text{ HP}$$

Potencia Instalada (Se recomienda usar un factor de servicio del 25%)

$$P_i = 1.25 \times P_c$$

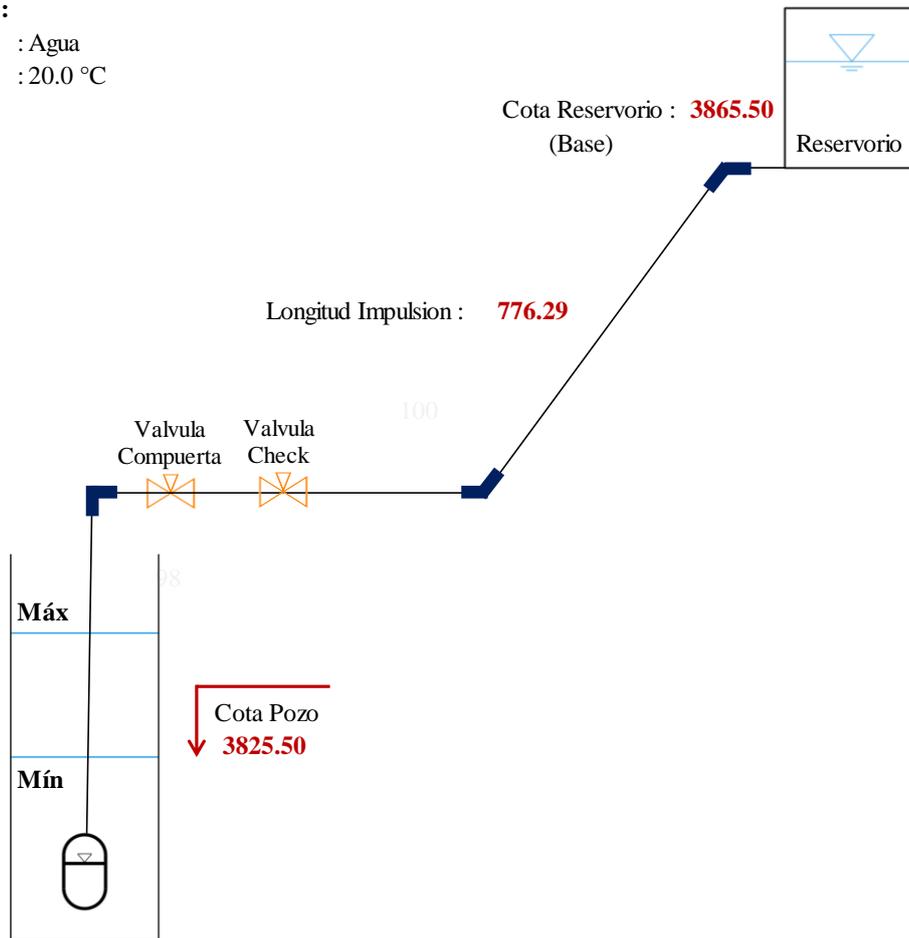
$$P_i = 10 \text{ HP}$$

$$P_i = 10 \text{ HP}$$

Verificación del tamaño de electrobomba del distrito de Huata

DATOS:

Fluido : Agua
 T° : 20.0 °C



CRITERIOS PARA EL DISEÑO:

Entre los criterios tenemos lo siguientes:

C (Hazen - Williams)	140
VOLUMEN DE RESERVORIO	20.00 m ³
CAUDAL MAXIMO DIARIO (Qmd)	0.78 lps
HORAS DE BOMBEO	4 Hrs
LONGITUD TUBERIA DE IMPULSION	776.3 m.

DISEÑO DE TAMAÑO DE BOMBA - HUATA

$$Q_b = Q_{md} \times \frac{24}{N}$$

Donde:

- Qmd = Caudal Máximo Diario 0.78 lps
- N = Numero de horas de bombeo 4 Hrs
- Qb = Caudal de bombeo

Qb = 4.70 l/s
Qb = 0.0047 m³/s

CALCULO DE DIAMETRO (Tubería de Impulsion)

Según la ecuación de Bresse :

$$D = K \sqrt{Q_b}$$

Donde:

Q_b = Caudal de Bombeo 0.0047 m³/s
 D = Diametro
 K = 0.7 - 1.96 **0.90**

D = 0.062 m
D = 2.43 pulg

N < a 24 Horas

$$D = 1.3 \times \left(X^{\frac{1}{4}} \right) \times \sqrt{Q_b}$$

$$X = \frac{N}{24}$$

Donde:

Q_b = Caudal de Bombeo 0.0047 m³/s
 D = Diametro
 X = Nro horas de bombeo día/24. 0.16667

D = 0.06 m
D = 2.24 pulg

Se adopta el diámetro comercial más próximo esto es:

D = 2.5 pulg

CALCULO DE VELOCIDAD (Tubería de Impulsion)

La verificación de nuestra velocidad en la tubería de descarga la efectuamos por la ecuación de continuidad.

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

Donde:

Q_b = Caudal de Bombeo 0.0047 m³/s
 A = Area 0.0032 m²
 D = Diametro 0.0635 m

V = 1.48 m/s	≤	1.50 m/s	OK!
---------------------	---	----------	------------

CALCULO DE LA ALTURA DINAMICA DE ELEVACION TOTAL

ALTURA ESTATICA DE IMPULSION:

40.00 m

Cota del Reservorio

3865.50 m.s.n.m.

Cota del Nivel del Pozo

3825.50 m.s.n.m.

ALTURA POR PERDIDA DE CARGA EN TUBERIA DE IMPULSION

Accesorios	Cantidad	K	
Válvula Compuerta	1	0.40	0.40 m
Válvula Check	1	5.20	5.20 m
Codo de radio largo 90°	3	1.30	3.90 m
Codo 45°	2	0.90	1.80 m
Tubería de impulsión	--	--	776.29 m
Longitud Equivalente Total			787.59 m

Utilizando la ecuación de Hazen-Williams:

$$J = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1/0.54}$$

$$J = 0.0637 \text{ m/m}$$

Pérdida carga en impulsión : (J x Longitud Equivalente Total) **50.17 m**

Altura de velocidad en la descarga (Vi) **0.11 m**

$$\frac{V_d^2}{2g}$$

Donde:

Vd = Velocidad de Diseño 1.48 m/s
g = Aceleración de la Gravedad 9.81 m2/s

Altura Dinámica Total de Elevación **90.29 m**

CALCULO DE LA POTENCIA NECESARIA

Potencia Consumida :

$$P_c = \frac{Q_b \times H \times \gamma}{75 \times E}$$

Donde:

Pc = Potencia en HP
E = Eficiencia (60%) 0.6 En este caso E = 0.85 x 0.70 = 0.60
 γ = Peso específico del líquido 1000 Kg/m3
H = Altura dinámica de bombeo 90.29 m
Q = Caudal de bombeo 0.0047 m3/s

$$P_c = 9.43 \text{ HP}$$

Potencia Instalada (Se recomienda usar un factor de servicio del 25%)

$$P_i = 1.25 \times P_c$$

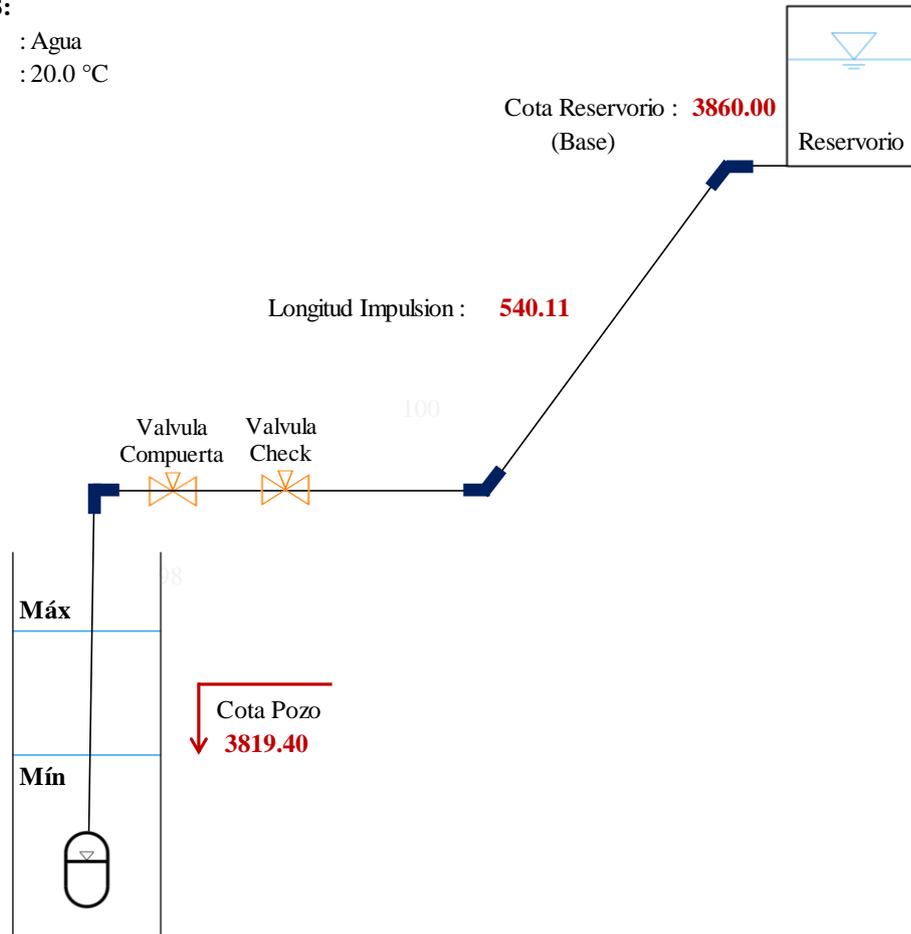
$$P_i = 11.79 \text{ HP}$$

$$P_i = 15 \text{ HP}$$

Verificación del tamaño de electrobomba del distrito de Paucarcolla

DATOS:

Fluido : Agua
T° : 20.0 °C



CRITERIOS PARA EL DISEÑO:

Entre los criterios tenemos lo siguientes:

C (Hazen - Williams)	140
VOLUMEN DE RESERVORIO	10.00 m ³
CAUDAL MAXIMO DIARIO (Qmd)	0.41 lps
HORAS DE BOMBEO	4 Hrs
LONGITUD TUBERIA DE IMPULSION	540.1 m.

DISEÑO DE TAMAÑO DE BOMBA - PAUCARCOLLA

$$Q_b = Q_{md} \times \frac{24}{N}$$

Donde:

Qmd	= Caudal Máximo Diario	0.41 lps
N	= Numero de horas de bombeo	4 Hrs
Qb	= Caudal de bombeo	

$$Q_b = 2.47 \text{ l/s}$$

$$Q_b = 0.0025 \text{ m}^3/\text{s}$$

CALCULO DE DIAMETRO (Tubería de Impulsion)

Según la ecuación de Bresse :

$$D = K \sqrt{Q_b}$$

Donde:

Q_b = Caudal de Bombeo 0.0025 m³/s
 D = Diametro
 K = 0.7 - 1.96 **0.90**

D = 0.045 m
D = 1.76 pulg

N < a 24 Horas

$$D = 1.3 \times \left(X^{\frac{1}{4}} \right) \times \sqrt{Q_b}$$

$$X = \frac{N}{24}$$

Donde:

Q_b = Caudal de Bombeo 0.0025 m³/s
 D = Diametro
 X = Nro horas de bombeo día/24. 0.16667

D = 0.04 m
D = 1.63 pulg

Se adopta el diámetro comercial más próximo esto es:

D = 2.5 pulg

CALCULO DE VELOCIDAD (Tubería de Impulsion)

La verificación de nuestra velocidad en la tubería de descarga la efectuamos por la ecuación de continuidad.

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

Donde:

Q_b = Caudal de Bombeo 0.0025 m³/s
 A = Area 0.0032 m²
 D = Diametro 0.0635 m

V = 0.78 m/s	≤	1.50 m/s	OK!
---------------------	---	----------	------------

CALCULO DE LA ALTURA DINAMICA DE ELEVACION TOTAL

ALTURA ESTATICA DE IMPULSION:

40.60 m

Cota del Reservorio

3860.00 m.s.n.m.

Cota del Nivel del Pozo

3819.40 m.s.n.m.

ALTURA POR PERDIDA DE CARGA EN TUBERIA DE IMPULSION

Accesorios	Cantidad	K	
Válvula Compuerta	1	0.40	0.40 m
Válvula Check	1	5.20	5.20 m
Codo de radio largo 90°	2	1.30	2.60 m
Codo 45°	0	0.90	0.00 m
Tubería de impulsión	--	--	540.11 m
Longitud Equivalente Total			548.31 m

Utilizando la ecuación de Hazen-Williams:

$$J = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1/0.54}$$

$$J = 0.0927 \text{ m/m}$$

Pérdida carga en impulsión : (J x Longitud Equivalente Total) **50.85 m**

Altura de velocidad en la descarga (Vi) **0.03 m**

$$\frac{V_d^2}{2g}$$

Donde:

Vd = Velocidad de Diseño 0.78 m/s
g = Aceleración de la Gravedad 9.81 m2/s

Altura Dinámica Total de Elevación **91.48 m**

CALCULO DE LA POTENCIA NECESARIA

Potencia Consumida :

$$P_c = \frac{Q_b \times H \times \gamma}{75 \times E}$$

Donde:

Pc = Potencia en HP
E = Eficiencia (60%) 0.6 En este caso E = 0.85 x 0.70 = 0.60
γ = Peso específico del líquido 1000 Kg/m3
H = Altura dinámica de bombeo 91.48 m
Q = Caudal de bombeo 0.0025 m3/s

$$P_c = 5.02 \text{ HP}$$

Potencia Instalada (Se recomienda usar un factor de servicio del 25%)

$$P_i = 1.25 \times P_c$$

$$P_i = 6.28 \text{ HP}$$

$$P_i = 7.5 \text{ HP}$$

Lista de símbolos

INEI	Instituto Nacional de estadística e investigación
R_j^2	Coefficiente de determinación ajustado
DIGESA	Dirección general de salud
CEPIS	Centro panamericano e investigación para la salud
β_j	Coefficiente de regresión
Θ	Coefficiente de Breusch-Pagan-Godfrey
HP	Horse power
PVC	Polivinilo de Cloruro
GPS	Sistema de posicionamiento global
CAD	Diseño asistido por computadora
F	Prueba F
T	Prueba T
Y	Funcionamiento de sistema de agua potable por bombeo
JASS	Junta administradora de servicios de saneamiento
FIV	Factor de inflación de varianza