

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**MODELO DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN  
POBLACIONES RURALES DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE  
YUNGUYO – PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**RUBÉN ROBERTO MAMANI COPARI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO - PERÚ**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
MODELO DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN POBLACIONES  
RURALES DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE YUNGUYO – PUNO**

**TESIS**

PRESENTADA POR:

**Bach. RUBEN ROBERTO MAMANI COPARI**

**PARA OPTAR EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



**PRESIDENTE** :

Ing. EDILBERTO HUAQUISTO RAMOS

**PRIMER MIEMBRO** :

M.Sc. ROBERTO ALFARO ALEJO

**SEGUNDO MIEMBRO** :

M.Sc. ALCIDES HÉCTOR CALDERON MONTALICO

**DIRECTOR DE TESIS** :

Dr. EDILBERTO VELARDE COAQUIRA

AREA: Ingeniería y Tecnología

TEMA: Saneamiento Rural

LINEA: Ingeniería de Infraestructura Rural

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13-07-2017

## DEDICATORIA

*A Dios que me dio la oportunidad de vivir y darme la fuerza necesaria para salir adelante en cada tropiezo y por todas las bendiciones que recibo.*

*Con mucho cariño y gratitud a mis padres Sabino Mamani y Juana Copari, por su apoyo moral permanente e infatigable esfuerzo por hacer de mí, una persona con buen futuro. A mi hermano Juan José por haber depositado la confianza y esperanza de mi profesión*

*A mi querida familia, por su paciencia y comprensión, quienes son la alegría de mi hogar y lo más importante en mi vida, a mi esposa Celia e hija Mayra, que me inspiran a ser perseverante y luchar por un futuro mejor de ellos.*

*A todos ellos...Muchas Gracias.  
Rubén Roberto MAMANI COPARI.*

## AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias a Dios, por todas y cada una de las personas que puso en mi camino, que hicieron posible la realización de este trabajo.

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno y a la Facultad de Ingeniería Agrícola, por haberme formado de manera integral, a lo largo de mi vida Universitaria.

A la Facultad de Ingeniería Agrícola por haberme cobijado como estudiante, durante mi formación profesional.

A los Docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNA – PUNO. Por haberme transmitido sus conocimientos académicos y experiencia laboral.

Mi gratitud al Dr. Edilberto Velarde Coaquira, Director de la presente tesis por haber asumido la responsabilidad de guiarme con sus conocimientos y exigencia en la elaboración del proyecto de tesis.

A todos mis amigos de la escuela profesional de Ingeniería Agrícola, y de otras profesiones por haberme apoyado moralmente con la culminación, de la presente tesis.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE GENERAL.....	III
CONTENIDO DE TABLAS .....	vi
CONTENIDO DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3. PREGUNTAS DEL PROBLEMA.....	4
1.4. OBJETIVOS .....	5
1.5. HIPÓTESIS .....	5
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. ANTECEDENTES .....	7
2.2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.2.1. TAMAÑO DE MUESTRA.....	16
2.2.2. MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE.....	17
2.2.3. MODELO DE MÍNIMOS CUADRADO ORDINARIOS (MCO) .....	17
2.2.4. PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE LA REGRESIÓN (F).....	19
2.2.5. PRUEBA SOBRE COEFICIENTES INDIVIDUALES DE REGRESIÓN.....	19
2.2.6. COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN ( $R^2$ Y $R^2$ AJUSTADA).....	20
2.2.7. SUPUESTOS DEL MODELO CLÁSICO .....	20
2.2.8. FACTORES EN EL CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA, EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	20
2.2.9. PRUEBA SOBRE COEFICIENTE EN CONJUNTO DE REGRESIÓN (F).....	21
2.2.10. PRUEBA SOBRE COEFICIENTES INDIVIDUALES DE REGRESIÓN .....	22
2.3. MARCO CONCEPTUAL .....	23

<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	26
3.1. CARACTERÍSTICA DEL AMBITO DE ESTUDIO .....	26
3.1.1. LÍMITES DEL DISTRITO: .....	26
3.1.2. EXTENSIÓN: .....	26
3.1.3. ALTITUD .....	27
3.1.4. VÍAS DE COMUNICACIÓN .....	27
3.2. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA POTABLE EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO .....	28
3.2.1. EQUIPOS Y MATERIALES .....	29
3.2.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	29
3.2.3. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA .....	30
3.3. ANALISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE DEL MODELO DE CONSUMO DE AGUA PER CÁPITA.....	31
3.4. FACTORES TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y SOCIALES QUE INCIDEN EN EL CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA EN ABASTECIMIENTO.....	32
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	34
4.1. CONSUMO PER CÁPITA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE EN LOS CENTROS POBLADOS DE YUNGUYO .....	34
4.1.1. CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA EN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO POR BOMBEO EN CENTRO POBLADO POCONA .....	34
A) PRUEBA DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN.....	35
B) PRUEBA CONJUNTA (F) DE LAS VARIABLES DEL MODELO .....	36
C) PRUEBAS INDIVIDUALES (T) DEL MODELO .....	36
4.1.2. CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA EN ABASTECIMIENTO POR GRAVEDAD EN CENTRO POBLADO DE CHOQUECHACA .....	37
A) PRUEBA DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN.....	38
B) PRUEBA CONJUNTA (F) DE LAS VARIABLES DEL MODELO .....	38
C) PRUEBAS INDIVIDUALES (T) DEL MODELO .....	39
4.1.3. CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA EN ABASTECIMIENTO POR POZOS EN CENTRO POBLADO PAJANA SAN AGUSTÍN .....	40
A) PRUEBA DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN.....	41

B)	PRUEBA CONJUNTA (F) DE LAS VARIABLES DEL MODELO .....	41
C)	PRUEBAS INDIVIDUALES (T) DEL MODELO .....	42
4.1.4.	RESULTADO DE CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA POTABLE EN SISTEMAS POR GRAVEDAD, BOMBEO Y POZO.....	43
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	44
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	45
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	46
<b>ANEXOS</b>	.....	49
	HOJA DE ENCUESTA.....	50
	CONSOLIDADO DE ENCUESTAS.....	51
	PANEL FOTOGRÁFICO.....	63
	PLANO TOPOGRÁFICO .....	65

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> ACCESIBILIDAD AL AREA DE ESTUDIO .....	27
<b>Tabla 2:</b> TAMAÑO DE MUESTRAS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR BOMBEO, GRAVEDAD Y POZOS.....	30
<b>Tabla 3:</b> VARIABLES TECNICAS Y SOCIOECONOMICAS CONSIDERADAS EN EL MODELO .....	33
<b>Tabla 4:</b> VARIABLES DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES .....	34
<b>Tabla 5:</b> CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES .....	35
<b>Tabla 6:</b> ANALISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE .....	36
<b>Tabla 7:</b> RESULTADOS DE LOS PARAMETROS DEL MODELO.....	36
<b>Tabla 8:</b> VARIABLE DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES PARA EL MODELO	37
<b>Tabla 9:</b> CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES EN EL MODELO.....	38
<b>Tabla 10:</b> ANALISIS DE VARIANZA EN CONSUMO PER CÁPITA.....	38
<b>Tabla 11:</b> PARAMETROS DEL MODELO DE CONSUMO PER CÁPITA .....	39
<b>Tabla 12:</b> VARIABLE DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES EN EL SISTEMA...	40
<b>Tabla 13:</b> CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES .....	41
<b>Tabla 14:</b> ANALISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN EN CONSUMO PER CÁPITA.....	41
<b>Tabla 15:</b> PARAMETROS DEL MODELO DE CONSUMO PER CÁPITA .....	42
<b>Tabla 16:</b> COMPARACIÓN DE CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA POTABLE .	43
<b>Tabla 17:</b> HOJA DE ENCUESTA.....	50
<b>Tabla 18:</b> CONSOLIDADO ENCUESTAS POR SISTEMA DE BOMBEO EN CENTRO POBLADO DE POCONA.....	51
<b>Tabla 19:</b> CONSOLIDADO ENCUESTAS EN SISTEMA POR GRAVEDAD EN CENTRO POBLADO DE CHOQUECHACA .....	53
<b>Tabla 20:</b> CONSOLIDADO ENCUESTAS POR POZOS EN CENTRO POBLADO DE PAJANA SAN AGUSTÍN.....	55
<b>Tabla 21:</b> CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA POR BOMBEO (l/hab/día).....	57
<b>Tabla 22:</b> CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA POR GRAVEDAD (l/hab/día)...	59
<b>Tabla 23:</b> CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA POR POZOS (l/hab/día) .....	61



**CONTENIDO DE FIGURAS**

<b>Figura 1:</b> MAPA DEL DEPARTAMENTO DE PUNO.....	27
<b>Figura 2:</b> MAPA DE UBICACIÓN DISTRITAL.....	28
<b>Figura 3:</b> VERIFICACIÓN DE MICROMEDIDORES VOLUMETRICOS CON DIRECTOR DE TESIS.....	63
<b>Figura 4:</b> INSTALACIÓN DE MICROMEDIDORES VOLUMETRICOS EN ABASTECIMIENTO POR BOMBEO.....	63
<b>Figura 5:</b> LECTURA DE CONSUMO PERCAPITA DE ABASTECIMIENTO POR GRAVEDAD.....	64
<b>Figura 6:</b> CONSUMO PER CAPITA EN ABASTECIMIENTO POR POZOS.....	64

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, titulado: MODELO DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN POBLACIONES RURALES DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE YUNGUYO - PUNO, se realizó con el objetivo general de determinar las variables que inciden en el consumo per cápita de agua potable, en sistemas de abastecimiento por bombeo, gravedad y pozo artesiano en los centros poblados de Pocona, Choquechaca, y Pajana San Agustín del distrito y provincia de Yunguyo; el problema que afrontan éstas poblaciones rurales es el escaso consumo per cápita de agua potable por falta de exploración de nuevas fuentes, políticas nacionales, económicas y sociales. Las variables socioeconómicas, técnicas y organizacionales se obtuvieron a través de muestreos y encuestas; por el método estadístico Stepwise, se determinaron los factores que inciden en el consumo per cápita. Los modelos encontrados en los sistemas de abastecimiento por bombeo, gravedad y pozo fueron:  $Y=28.63+0.028X1$ ,  $Y=26.99+5.78X4$  y  $Y=28+0.009X1$  con consumos per cápitas de agua potable de 50.6, 52.4 y 34.6 l/hab/día ( $R^2$ ajustado=78.32, 78.60, 80.75%) respectivamente. Los factores ingreso económica familiar ( $X1$ ), número de integrantes de familia ( $X4$ ), inciden en el consumo per cápita de agua potable y las variables independientes: grado de instrucción ( $X2$ ), edad de jefe de familia ( $X3$ ) no inciden en el modelo de consumo per cápita de agua.

**Palabras clave:** Abastecimiento, agua, consumo, modelo, per-cápita, potable

## ABSTRACT

The present research work, entitled: MODEL OF DRINKING WATER CONSUMPTION IN RURAL POPULATIONS OF THE DISTRICT AND PROVINCE OF YUNGUYO - PUNO, was carried out with the general objective of determining the variables that affect the per capita consumption of drinking water, in systems of supply by pumping, gravity and artesian well in the populated centers of Pocona, Choquechaca, and Pajana San Agustín of the district and province of Yunguyo; The problem faced by these rural populations is the low per capita consumption of drinking water due to the lack of exploration of new sources, national, economic and social policies. The socioeconomic, technical and organizational variables were obtained through sampling and surveys; by the Stepwise statistical method, the factors that influence per capita consumption were determined. The models found in the pumping, gravity and well supply systems were: " $Y = 28.63 + 0.028X1$ ,  $Y = 26.99 + 5.78X4$ " and  $Y = 28 + 0.009X1$  with consumption per capita of drinking water of 50.6, 52.4 and 34.6 l / hab / day ( $R^2$  adjusted = 78.32, 78.60, 80.75%) respectively. The factors family economic income (X1), number of family members (X4), affects the per capita consumption of drinking water and the independent variables: degrees of instruction (X2), age of head of family (X3) do not affect the per capita water consumption model

**Key words:** Supply, water, consumption, model, per-capita, drinking

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los servicios de abastecimientos de agua potable, es un problema muy serio, esto puede ser debido a la falta de estimadores estadísticos que ayuden a una óptima toma de decisiones y empleo de planes adecuados de suministro en el ámbito del distrito. Justamente a través de estimadores estadísticos determinamos la cantidad de agua consumida por vivienda en forma diaria y por habitante.

Para determinar el consumo per cápita de agua potable en sistemas de abastecimiento, los factores que inciden en el consumo per cápita de agua son las variables socioeconómicas, técnicos y organizacionales, se obtienen a través de encuestas, luego es sometido a la prueba de estadístico de Stepwise, prueba de significancia de regresión (F), análisis de coeficientes individuales (t) y supuestos básicos de regresión lineal múltiple.

Los factores más importantes que influyen en el modelo de consumo per cápita son: integrantes de familia, grado de instrucción, ingreso económico, y edad de jefe de familia.

El trabajo de investigación, identifica las variables que deben mitigarse y potencializar mediante un modelo de regresión lineal múltiple y dar sostenibilidad al funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable y servicio continuo durante las 24 horas del día.

### 1.1. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

INEI (2007), menciona que el consumo de agua potable es uno de los temas actuales más relevantes de la agenda mundial globalizada, que atraviesa la economía, el comercio y todas las actividades ya que la demanda es mayor que el disponible en los diferentes países de América Latina y el altiplano peruano. 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.

El bajo nivel de formación educativa de los usuarios, poca cultura y consciencia sobre el valor económico del agua y falta de micro medición contribuyen muy poco con el uso eficiente del agua potable (Cruz *et al.*, 2013).

El consumo per cápita, también se ve afectada por: ingreso económico, falta de oportunidades laborales, gestión de nuevos proyectos de agua potable, edad, grado de educación, número de integrantes de familia, participaciones en reuniones de JASS, crecimiento demográfico, demanda de agua para el desarrollo industrial, la agricultura con regadío y urbanización masiva reduciendo el consumo de agua (Aguilar, 2003).

Frente a esto se analizó todos los factores que intervienen en el consumo per cápita de agua, considerando como posibles variables: actividades económicas productivas, nivel de educación, grado de cultura de agua, gestión de infraestructura de abastecimiento de agua, calidad de agua, y a través de una regresión lineal múltiple pronosticar el consumo per cápita de agua en función a las variables más significativas y mejorar la calidad de vida (Daza, 2008).

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La cobertura de servicio de agua potable en el país es de 68%, en el sector rural es de 38% y en servicio de alcantarillado 29%, faltando una brecha fuerte por universalizar el servicio de agua potable y saneamiento, llama poderosamente la atención, la falta de políticas locales, regionales en saneamiento ambiental y cobertura con servicio de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, constituye uno de los delitos flagrantes, puesto que las aguas residuales ingresan con niveles por encima de permitidos contaminando directamente a los afluentes de los ríos de la cuenca del Titicaca (LATINOSAN Perú, 2016).

El consumo per cápita de agua potable en los países desarrollados llega hasta 400 l/día/persona, en los distritos de Lima de 180 y promedio de América Latina de 170, en Israel un país asentado en el desierto de 50 l/día/persona y en sectores rurales del país se desconoce debido a falta de investigaciones realizadas y la Organización Mundial de la Salud recomienda un consumo per cápita de 50 l/habit/día (OMS, 2004).

La falta de infraestructura para el abastecimiento de servicio de agua potable, limitadas horas de servicio, costo por el servicio, conformación de Juntas administradoras de Servicio de Saneamiento (JASS), el nivel educativo de los usuarios, cultura de agua, nivel de ocupación de los consumidores y pago constituyen las variables que más inciden en el consumo per cápita de agua, los sistemas de abastecimientos de agua potable analizados son: por gravedad, bombeo y por pozos caisson en la región de Puno (Saéz, 2010).

El sistema de agua potable es una alternativa para abastecer de este vital elemento pero con el inconveniente del pago por consumo de energía eléctrica, incrementando las tarifas de pago (CEPIS, 2010).

Conocer el valor de consumo per cápita de agua potable permitirá a la autoridad regional, gobierno y técnicos del área a elaborar planes, proyectos a fin de intensificar la cobertura de agua potable sosteniblemente con una celeridad posible y a los ingenieros permitirá con datos reales el diseño de sección transversal de las tuberías de conducción y distribución.

### **1.3. PREGUNTAS DEL PROBLEMA**

#### **Interrogante General**

¿Cuáles son las variables que inciden en el consumo per cápita de agua, en sistemas de abastecimiento por bombeo, gravedad y pozo en los centros poblados de Pocona, Choquechaca y Pajana San Agustín del distrito de Yunguyo?

#### **Interrogante Específico:**

¿Cuáles son las variables que inciden en el consumo per cápita de agua, en sistemas de abastecimiento por bombeo en el centro poblado de Pocona del distrito de Yunguyo?

¿Qué variables inciden en el consumo per cápita de agua, en sistemas de abastecimiento por gravedad en el centro poblado de Choquechaca, del distrito de Yunguyo?

¿Cuáles son las variables que inciden en el consumo per cápita de agua, en sistemas de abastecimiento por pozos en el centro poblado de Pajana, San Agustín del distrito de Yunguyo?

## **1.4. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar las variables que inciden en el consumo per cápita de agua, en sistemas de abastecimiento por bombeo, gravedad y pozo en los centros poblados de: Pocona, Choquechaca y Pajana San Agustín del distrito de Yunguyo.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar las variables que inciden en el consumo per cápita de agua, en sistemas de abastecimiento por bombeo en el centro poblado de Pocona del distrito de Yunguyo.

Determinar las variables que inciden en el consumo per cápita de agua, en sistemas de abastecimiento por gravedad en el centro poblado de Choquechaca, del distrito de Yunguyo.

Determinar las variables que inciden en el consumo per cápita de agua, en abastecimiento por pozos en el centro poblado de Pajana San Agustín del distrito de Yunguyo.

## **1.5. HIPÓTESIS**

### **HIPÓTESIS GENERAL**

Los factores socioeconómicos y técnicos inciden en el consumo per cápita de agua potable en sistemas de abastecimiento por bombeo, por gravedad y pozos en los centros poblados de Pocona, Choquechaca y Pajana San Agustín del distrito de Yunguyo.



## **HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

Los factores socioeconómicos y técnicos inciden en el consumo per cápita de agua potable en sistemas de abastecimiento por bombeo en el centro poblado de Pocona del distrito de Yunguyo.

Los factores socioeconómicos y técnicos inciden en el consumo per cápita de agua potable en sistemas de abastecimiento por gravedad en el centro poblado de Choquechaca, del distrito de Yunguyo.

Los factores socioeconómicos y técnicos inciden en el consumo per cápita de agua en abastecimiento por pozos en el centro poblado de Pajana San Agustín del distrito de Yunguyo.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES

Velarde (2016), en el trabajo de investigación desarrollado en los distritos de Capachica, Coata, Huata y Paucarcolla. El problema que afrontan éstas poblaciones rurales es el escaso consumo per cápita de agua potable por falta de exploración de nuevas fuentes, políticas nacionales, económicas y sociales. Se tuvo como objetivos determinar el consumo per cápita de agua potable en sistemas de abastecimiento, los factores que inciden en el consumo per cápita de agua y verificar la calidad de agua que consumen. Las variables socioeconómicas, técnicos y organizacionales se obtuvieron a través de muestreos y encuestas; por el método estadístico Stepwise, se determinaron los factores que inciden en el consumo per cápita y luego sometidos a supuestos estadísticos. Los modelos de consumo per cápita fueron: por sistema de bombeo  $Y = 33.1 + 4.06X_1 + 4.15X_2 + 0.0102X_3 + 3.37X_4 - 0.330X_5$ , por gravedad  $Y = 73.4 + 3.88X_1 + 3.32X_2 + 0.006X_3 - 0.35X_4$  y en pozo caisson,  $Y = 19.9 + 2.68X_1 + 3.66X_2 + 0.0151X_3 - 0.180X_4$ . Los valores de consumo per cápita estimados por sistema de bombeo, gravedad y por pozos caisson fueron: 49.65, 83.7 y 27.19 lit/hab/día respectivamente. Los factores que inciden en el consumo per cápita fueron: integrantes de familia ( $X_1$ ), grado de instrucción ( $X_2$ ), ingreso económico ( $X_3$ ), horas de servicio de agua ( $X_4$ ), edad de jefe de familia ( $X_5$ ).

Pereira et al., (2003), indican para estimar los modelos matemáticos que proyectan consumo per cápita de agua en cada clase de ingreso (alta, media-alta, medio, medio-bajo, bajo) es a partir de las variables que intervienen en la ciudad de Cuiabá. Los resultados del análisis descriptivo confirman la relevancia de la clase socioeconómica hacia el consumo per cápita de agua. El caudal de consumo per cápita fue de 266, 272, 172, 132 y 116 lit/hab/día, para alta, media-alta, medio, medio-bajo y bajo, respectivamente. Otra explicación podría ser el hecho de la existencia de la discontinuidad del servicio de suministro de agua, que tienda a limitar el consumo debido a la reserva de capacidad para cada residencia.

Tudela (2007), indica en el estudio de valoración referéndum formato contingente de la encuesta utiliza para determinar la disposición de los hogares a pagar para el agua potable segura y confiable, los resultados indican que los hogares están dispuestos a pagar del 1,8% al 7,55% de los ingresos de los hogares para los servicios de agua potable segura y confiable, el modelo Logit que presenta las siguientes variables: Precio hipotético a pagar, edad, genero, estado civil, nivel de educación, número de hijos menores de 18 años, ingreso mensual familiar, padecimiento de enfermedades; determina la disponibilidad a pagar por el servicio de agua potable la suma de S/. 13.73 soles.

Pereira et al., (2003), identificaron las variables socio-económicas y climáticas para determinar el consumo de agua por habitante y proponer un modelo estadístico capaz de proyectar la demanda de agua en la región de Cuiabá. Los resultados indicaron que no hubo intervención de las variables climáticas en el fenómeno. Contribuido a la definición de consumo de la clase socioeconómica y el consumo per cápita de electricidad. Hubo un promedio de

consumo de agua per cápita en Cuiaba de 175 l/hab/día, una cifra en línea con los valores típicos para el tamaño de la comunidad. Los coeficientes del modelo a nivel de significación a nivel de probabilidad del 1% para la prueba F, fueron:  $b_0 = 172.0400859$ ;  $b_1 = -120,74278$ ;  $b_2 = -49.1065925$ ;  $b_3 = 59.94214711$ ;  $b_4 = 72.51750503$ ;  $b_5 = -4.01210981$ ;  $b_6 = -5.20276914$ ;  $b_7 = 7,949295456$ ;  $b_8 = -21.0824017$ ;  $b_9 = 1,571376855$  donde  $x$  = clase socioeconómica;  $y$  = consumo de energía per cápita;  $Y$  el consumo per cápita = por agua. Se obtiene este modelo estadístico  $R^2$  ajustado (coef. de determinación múltiple) de 0,794.

Sáez, (2010), menciona como funciones de demanda:  $Q = 58,76 - 0,287AP + 0,391Y + 0,200T - 0,053 - 0,140U + 0,024W - 0,108Pe$ , 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.

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. La metodología consistió en el análisis de estadística, realizando muestreo aleatorio simple, tomando como referencia los modelos lineales, las distribuciones Fisher, t Student y coeficiente de determinación. Los resultados indican que los modelos que presentan mejor correlación ( $R^2 = 0.8$ ) y probabilidad significativa ( $p \leq 0.05$ ), donde las temperatura máxima, número de días con precipitaciones mayor a 0.1mm. Siendo el consumo unitario 112.8 l/persona/día. Por lo tanto para el consumo per cápita con servicio continuo los modelos multivariantes resultantes del análisis son: per cápita= temperatura

0.0709 + días de descanso-0.0156, el modelo multivariante es fácil de aplicar y el más comúnmente utilizado, sin embargo se debe tener cuidado al aplicarlo ya que se puede obtener relaciones altamente efectivas pero físicamente dando, lugar a las relaciones espurias.

Según Guzmán (2011), indica que la relación de la cantidad consumida de agua y los factores determinantes fue cuantificada mediante el cálculo de elasticidades económicas; el modelo de consumo final fue:  $CPUt = \beta_{11} + \beta_{12} PAPRt + \beta_{13} PEUDRt + \beta_{14} PIBPRLt-1 + \beta_{15} TEMPt + \epsilon$ . Dónde:  $CPUt$  = consumo per cápita de agua por el sector urbano (m<sup>3</sup>/habitante).  $PAPRt$  = precio real del agua potable para uso doméstico en el estado (\$/m<sup>3</sup>).  $PEUDRt$  = precio real de la electricidad para uso doméstico (\$/kilowatt-hora).  $PIBPRLt-1$  = producto interno bruto per cápita real del estado con un año de rezago (\$/habitante),  $TEMPt$  = temperatura media anual en el estado °C. Los resultados muestran que la cantidad consumida de agua responde de manera inelástica a cambios en el precio; las elasticidades fueron de -0.0118 para el sector urbano y de -0.0869 para el industrial.

Pereira (2008), identificó el grado de participación de las variables socio-económicas y climáticas para determinar el consumo de agua por habitante y proponer un modelo estadístico capaz de proyectar la demanda de agua en la región de Cuiabá. Los resultados indicaron que no hubo intervención de las variables climáticas en el fenómeno. Contribuido a la definición de consumo de la clase socioeconómica y el consumo per cápita de electricidad. Esta herramienta, combinada con la percepción de las posibilidades y limitaciones para los administradores de los recursos hídricos y los responsables de las políticas públicas, se puede utilizar en la regulación del consumo per cápita, y

así lograr la optimización de los recursos disponibles y también contribuyen a la perspectiva sostenible de los recursos hídricos. El modelo estadístico que representa fue:  $Y = 172.040 + 120,742b - 49,106b^2 + 59,9421b^3 + 72,5173b^4 + 4,012b^5 - 5,2024b^6 + 7,9496b^7 - 21,082b^8 + 1,571b^9$ , con un nivel de significación del 1%.

Clavijo (2013), estima la función de demanda por el servicio de agua en la cuenca del Jequetepeque en el Perú. Corrige la endogeneidad de la estructura tarifaria de 2 formas: La primera, reagrupando las observaciones que están alrededor de los puntos de corte (existen 3 bloques de consumo). La segunda herramienta, es la aplicación del modelo econométrico conocido como discreto continuo, que internaliza la restricción no lineal y modela directamente la elección del bloque de consumo y su nivel de consumo asociado. Se obtiene una elasticidad precio de -0.319 y una elasticidad ingreso de 0,17. Los valores obtenidos indican que las familias con menos ingresos ajustan en una menor proporción su consumo ante un aumento en el precio, y por tanto su consumo actual es cercano al de subsistencia.

Granada (2011), determinó la cantidad promedio de agua que necesita una familia colombiana para cubrir las necesidades básicas del hogar. De esta manera, se encuentra que el nivel de consumo básico de agua que rige actualmente para la población colombiana, que corresponde a 20 m<sup>3</sup> (54.79 l/per/día), es elevado. En cuanto a la estimación de la demanda por agua potable, se parte de un modelo de ajuste parcial y se opta por relacionar las cantidades consumidas. Siendo la ecuación:  $\log Q_t = \log C_t + \beta_1 \log(P_{t-1}) + \beta_2 \log(P_{t-1}) + \epsilon_t$ , donde:  $Q_t$  = cantidad consumida por usuario (vigencia) en m<sup>3</sup>,  $C_t$  = Consumo básico por usuario mensual o bimensual (vigencia) en m<sup>3</sup>,  $P_{t-1}$  =

Precio promedio por usuario del estrato y rezagado un precio periodo ( $\$/m^3$ ),  $Qt-1$  = Consumo rezagado un periodo,  $\beta_1$  = Elasticidad precio de la demanda de agua,  $\beta_2$  = Coeficiente de consumo rezagado un periodo,  $\epsilon_t$  = Es el termino de error aleatorio del modelo.

Tisnado (2014), el objetivo general de evaluar la dotación per-cápita que requiere la localidad de Vilavila de la provincia de Lampa, departamento de Puno, estimando el consumo de agua de las diferentes viviendas de dicho distrito, teniendo en cuenta los factores que afectan el consumo de agua como: el nivel socioeconómico, condiciones climáticas, número de habitantes, tipo de comunidad, perdidas y desperdicios en suministro de agua potable. De las cuales no se consideraron en el análisis del consumo de agua las siguientes zonas: salones comunales, locales comerciales, parroquias, instituciones educativas, parques y la municipalidad. En el proceso de la selección de muestras aleatorias al azar se utilizó el marco muestral constituido por las viviendas basado en la cartografía de la localidad de Vilavila, de donde se seleccionaron 152 viviendas con un promedio de 5 personas por familia. El consumo per cápita de agua obtenido en la presente investigación se dio de la siguiente manera: en época de verano comprendido desde los meses de Diciembre – Abril en promedio es de 52.77 litros/hab./día, y un máximo en el mes de marzo de 56.07 litros/hab./día y un mínimo para el mes de diciembre de 50.41 litros/hab./día. En época de invierno comprendido desde los meses de Mayo - Noviembre en promedio es 47.45 litros/hab./día, y un máximo en el mes de mayo de 49.86 litros/hab./día y un mínimo para el mes de julio de 44.72 litros/hab./día. Estos valores reflejan la influencia de la época de verano en las variaciones del consumo per-cápita, de un consumo medio del orden 52.77

litros/hab./día (época de verano) a un consumo medio de 47.45 litros/hab./día (época de invierno) para la misma localidad.

(Chávez Muñoz, 2005), en este trabajo de investigación se plantea, inicialmente, el problema relacionado con el uso irracional del recurso agua y su incidencia en el bienestar futuro de la sociedad. Por lo tanto, se propone la posibilidad de incluir el cobro de una tasa por utilización de agua con el objetivo de lograr un consumo más eficiente del recurso. Para esto, se modeló econométricamente una función de consumo de agua para Bogotá, a través de datos de panel.

UNICEF (2003), Indica que los habitantes de los países industrializados utilizan como promedio entre 400 y 500 litros de agua al día. En los países en desarrollo, se considera que la población tiene acceso al agua dulce si puede obtener 20 litros de agua por persona al día sin recorrer más de 1 kilómetro de distancia desde su hogar. En muchas zonas, la población tiene que vivir con una menor cantidad de agua.

CEPIS (2006), En zonas que cuentan con sistemas de distribución de agua potable, el consumo se sitúa entre 140 a 180 litros diarios per cápita. Mientras en aquellos lugares donde el líquido vital es distribuido en tambores u otros recipientes, el uso disminuye hasta alcanzar 60 o 70 litros diarios por persona.

UNICEF (2003), indica: El consumo de agua per cápita aumenta (debido a la mejora de los niveles de vida), la población crece y en consecuencia el porcentaje de agua objeto de apropiación se eleva. Si se suman las variaciones espaciales y temporales del agua disponible, se puede decir que la cantidad de



agua existente para todos los usos está comenzando a escasear y ello nos lleva a una crisis del agua.

Daza (2008), indica sobre la demanda de agua, en un sentido convencional, hace referencia a la necesidad de agua para uno o varios usos, la cantidad demandada de agua en nuestro país se sitúa en 35.323 m<sup>3</sup>/año (96.77l/hab/día), en zonas urbanas en Andalucía- Córdoba.

OMS (2006), indica, la cantidad adecuada de agua para consumo humano (beber, cocinar, higiene personal y limpieza del hogar) es de 50 l/hab/día, a estas cantidades debe sumarse el aporte necesario para la agricultura, la industria y por supuesto, la conservación de los ecosistemas acuáticos, fluviales. Para beber: de 1 a 3 litros de agua para beber, recomienda que cada persona beba unos 3 litros de agua al día. Para limpiar objetos y preparar alimentos de 2 a 3 litros de agua para preparar alimentos y lavar los trastos. Esta es una de las áreas donde más podemos vigilar para ahorrar agua. Para aseo personal de 6 a 7 litros de agua para el aseo personal. Esta es sin duda el consumo de agua donde más podemos ahorrar y vigilar. Para lavar la ropa de 4 a 6 litros de agua para lavar la ropa. Podemos hacer acciones para gastar menos agua por persona en las tareas de limpieza de la ropa. Para limpiar sitios públicos de 1 a 2 litros de agua por persona para mantener limpios los espacios públicos. Los organismos públicos y privados están haciendo esfuerzo en esta línea.

GLEICK (2000), indica en general se considera que un volumen de 20 a 40 litros de agua dulce por persona día es el mínimo necesario para satisfacer las

necesidades de beber y saneamiento solamente. Si también se incluye el agua para bañarse y cocinar, esta cifra varía entre 27 y 200 litros per cápita por día.

EPSEL (2010), menciona que el consumo doméstico está constituido por el consumo familiar de agua y que incluye las bebidas (3 lit/hab/día), lavado de ropa (15 lit/hab/día), cocina (10 lit/hab/día), baño (4 lit/hab/día), aseo personal (20 lit/hab/día), limpieza hogar (8 lit/hab/día) y adecuado funcionamiento de las instalaciones sanitarias, el cual representa generalmente el consumo predominante en el diseño del sistema de agua potable

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

Sobre el pago por el servicio de agua, 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 Delmas, (2015).

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 (SUNNAS, 2013)

Del 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, 2013).

(Milagros & Aricoch, 2012), Se ha utilizado la tecnología solar fotovoltaica como una buena alternativa de aplicación en estas zonas de características tan particulares donde la energía solar ofrece mayores ventajas frente al uso de otros tipos de energía. También se ha realizado una evaluación de la sostenibilidad económica del proyecto y del impacto ambiental con las respectivas medidas de mitigación. Además, se ha resaltado la importancia de la participación comunitaria en la gestión, administración, operación y mantenimiento del servicio de agua, no sólo para garantizar la viabilidad y sostenibilidad del proyecto, sino también, porque queda sentada una base sólida de organización para que en el futuro la población pueda gestionar nuevos proyectos que impulsen el desarrollo de su comunidad.

### 2.2.1. TAMAÑO DE MUESTRA

El número de observaciones es superior al número de variables explicativas. En general se recomienda al menos un número de casos no inferior a 15 por cada variable explicativa que se incluya en el modelo, cuando se conoce el tamaño de la población, es la mostrada (Arriaza 2002; Lluen, 2011).

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

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

### 2.2.2. MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Para estimar el consumo per cápita de agua a partir de las variables que intervienen en la ciudad de Cuiabá, utiliza regresión lineal múltiple (Pereira et al., 2003).

Para poder resolver y obtener  $a, b_1$  y  $b_2$  en una ecuación de regresión múltiple el cálculo se presenta muy tediosa porque se tiene que atender tres ecuaciones que se generan por el método de mínimo de cuadrados. Para poder resolver se utiliza programas informáticos como, SPSS, Minitab y Excel. (Gujarati, 2007).

### 2.2.3. MODELO DE MÍNIMOS CUADRADO ORDINARIOS (MCO)

Uno de los procedimientos más conocidos es el denominado Estimador de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Este procedimiento plantea utilizar, como estimación de los parámetros, aquella combinación de  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  que minimice los errores.

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_k x_{ki} + U_i \quad [2]$$

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 x_{2i} + \hat{\beta}_3 x_{3i} + \dots + \hat{\beta}_k x_{ki} \quad [2]$$

Por tanto, podríamos computar el error o residuo que el modelo comete en la estimación de cada valor de la endógena comparando, de forma inmediata, el valor real de la endógena en cada observación con el valor estimado:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - (\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 x_{2i} + \hat{\beta}_3 x_{3i} + \dots + \hat{\beta}_k x_{ki})$$

$$\hat{\beta}_{MCO} \rightarrow \min(S) = \min \sum_{i=1}^n (e_i)^2$$

La expresión a minimizar es:

$$(S) = \sum_{i=1}^n (e_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki})^2$$

Para obtener los valores de cada uno de los “k” parámetros  $\hat{\beta}_j$  que minimizan esta expresión derivamos con respecto a cada uno de ellos e igualamos a cero, obteniendo “k” expresiones del tipo:

$$\frac{\partial(S)}{\partial \hat{\beta}_j} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki}) \cdot (-x_{ji}) = 0$$

Estas expresiones, se denominan ecuaciones normales:

$$\sum_{i=1}^n y_i x_{1i} = \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{1i} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{1i} + \hat{\beta}_3 \sum_{i=1}^n x_{3i} x_{1i} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{1i}$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_{2i} = \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{2i} + \hat{\beta}_3 \sum_{i=1}^n x_{3i} x_{2i} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{2i}$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_{3i} = \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{3i} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{3i} + \hat{\beta}_3 \sum_{i=1}^n x_{3i} x_{3i} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{3i}$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_{ki} = \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{ki} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{ki} + \hat{\beta}_3 \sum_{i=1}^n x_{3i} x_{ki} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{ki}$$

Lo que, teniendo en cuenta las expresiones matriciales del vector endógeno “Y” y de la matriz de variables exógenas “X”, puede expresarse matricialmente como:

$$X'Y = X'X\hat{\beta}$$

De donde se obtiene fácilmente (“despejando”) la expresión final matricial del vector de parámetros estimados  $\hat{\beta}$  :

$$X'Y = X'X\hat{\beta}$$

$$(X'X)^{-1}X'Y = (X'X)^{-1}X'X\hat{\beta}$$

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$$

#### 2.2.4. PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE LA REGRESIÓN (F)

Ibañes (2006), Este procedimiento suele considerarse como una prueba general o global de la adecuación del modelo. Las hipótesis son:

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

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

El rechazo de la hipótesis nula implica que al menos uno de las regresores  $x_1, x_2, \dots, x_k$  contribuye al modelo en forma significativa. El procedimiento de prueba se realiza mediante el análisis de varianza, donde la suma total de cuadrados  $SS_T$  se divide en una suma de cuadrados debido a la regresión,  $SS_R$ , y una suma de cuadrados de residuales.

#### 2.2.5. PRUEBA SOBRE COEFICIENTES INDIVIDUALES DE REGRESIÓN.

Una vez determinado que al menos uno de los regresores es importante, la pregunta lógica es ¿cuál(es)?, si se agrega una variable a un modelo de regresión, la suma de cuadrados de la regresión aumenta, y la suma de cuadrados residuales disminuye. La hipótesis para probar la significancia de cualquier coeficiente individual de regresión es:

$$H_0: \beta_j = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0$$

Si no se rechaza  $H_0: \beta_j = 0$ , quiere decir que se puede eliminar el regresor  $x_j$  del modelo. El estadístico de prueba para esta hipótesis es:

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

### **2.2.6. COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN ( $R^2$ Y $R^2$ AJUSTADA).**

En general,  $R^2$  aumenta siempre, cuando se agrega un regresor al modelo, independientemente del valor de la contribución de esa variable. El  $R^2$  ajustado tiene en cuenta el tamaño del conjunto de datos y su valor es ligeramente inferior al de su correspondiente  $R^2$ . Algunas personas que trabajan con modelos de regresión prefieren usar el estadístico  $R^2$  ajustada (Gujarati, 2007).

### **2.2.7. SUPUESTOS DEL MODELO CLÁSICO**

La determinación de los supuestos son necesarios para validar las ecuaciones, y estos son: normalidad, multicolinealidad, homocedasticidad y autocorrelación.

### **2.2.8. FACTORES EN EL CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA, EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.**

El árbol de problemas, ayuda a analizar las causas y efectos de un primer y segundo nivel en un problema central. El árbol de problemas debe elaborarse siguiendo los pasos que, a continuación, se enumeran: formular el problema central, identificar los efectos (verificar la importancia del problema), analizar las interrelaciones de los efectos, identificar las causas del problema y sus interrelaciones, diagramar el árbol de problemas y verificar la estructura causal (Martínez & Fernández 1996).

### 2.2.9. PRUEBA SOBRE COEFICIENTE EN CONJUNTO DE REGRESIÓN (F)

Gujarati (2007), indica 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:

a.- 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:

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

b.- Supongamos que  $x_7$  fue la variable independiente considerada para entrar en la primera etapa, la rutina de regresión Stepwise ahora calcula todas las regresiones con dos variables independientes donde  $x_7$  es una de ellas. Para cada una de tales regresiones se calcula la estadística:

$$F^* = \frac{MSR(x_k/x_7)}{MSE(x_k, x_7)}$$

Esta es la estadística que se utiliza para probar la hipótesis  $H_0: \beta_k = 0$  cuando  $x_7$  y  $x_k$  son las variables independientes del modelo, las variables independientes con el mayor valor  $F^*$  es considerada en la segunda etapa. Si este valor  $F^*$  excede a un nivel predeterminado, se tiene la segunda variable a ser introducida en el modelo, de otra manera el programa termina.

c.- Supongamos que  $x_3$  fue la variable que es agregada en el segundo paso, ahora la rutina Stepwise examina si cualquiera de las otras variables independientes que ya están en el modelo deben ser eliminadas. En nuestra



ilustración hay hasta en esta etapa solamente una variable independiente en el modelo  $x_7$ , de manera que solamente la estadística:

$$F^* = \frac{MSR(x_7/x_3)}{MSE(x_7, x_3)}$$

En las últimas etapas habrá un número mayor de estadísticas  $F^*$  para cada una de las variables en el modelo aparte de la última que ha sido considerada, la variable para el cual este valor  $F^*$  es menor, debe ser considerada, si este valor  $F^*$  cae debajo de un límite predeterminado, la variable independiente debe ser eliminada del modelo, en caso contrario debe ser retenida.

**d.-** Supongamos que  $x_7$  fue retenida, de manera que ambas  $x_3$  y  $x_7$  están consideradas en el modelo, ahora la rutina Stepwise examina que variable independiente es la próxima candidata a ser agregada, luego examina cuál de las variables independientes que ya están en el modelo deben ser eliminadas y así sucesivamente hasta que no exista variable independiente que pueda ser introducida o eliminada, en este punto la búsqueda termina.

### 2.2.10. PRUEBA SOBRE COEFICIENTES INDIVIDUALES DE REGRESIÓN

Gujarati, (2007) indica para probar la significancia de cualquier coeficiente individual de regresión, como por ejemplo  $\beta_j$ , es:

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0$$

El estadístico de prueba para esta hipótesis es:

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

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL

INEI. (2006). Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática define.

**Análisis de varianza.-** Es un método para comparar dos o más medias de “n” grupos analizando la varianza de los datos, tanto entre «n» grupos como dentro de ellos.

**Coeficiente de confianza.-** Se representa por  $(1-\alpha)$  y es la probabilidad de que la hipótesis nula  $H_0$  no sea rechazada cuando de hecho es verdadera y debería ser aceptada.

**Cuestionario.-** Es el instrumento más utilizado para recolectar datos. Consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir. La esencia de los cuestionarios son las preguntas que permiten alcanzar los objetivos de la investigación. Las respuestas a estas preguntas constituyen los datos estadísticos que serán utilizados para conocer las características de la población o muestra bajo estudio.

**Dato.-** Conocido también como información, es el valor de la variable asociada a un elemento de una población o una muestra.

**Dato cualitativo.-** Es aquel que representa alguna característica de los elementos de una muestra o una población que presentan, atributos, actitudes o son opiniones. Son datos no numéricos.

**Dato cuantitativo.-** Es aquel dato numérico que representa aspectos de una muestra o una población que es medible o que se puede contar

**Desviación estándar.-** Conocida también como desviación típica, es una medida de dispersión que se obtiene como la raíz cuadrada de la varianza.

Este estadístico se mide en la misma unidad que la variable por lo que se puede interpretar mejor que la varianza.

**Diagrama.-** Es un dibujo o representación gráfica que sirve para representar un objeto, indicar la relación entre elementos o mostrar el valor de una magnitud.

**Diagrama de barras.-** Es un gráfico utilizado para representar la distribución de frecuencias de una variable cualitativa y cuantitativa discreta. Puede graficarse en forma horizontal o vertical

**Encuesta.-** Es un método de recolección de datos. Es llevada a cabo generalmente a través de algún cuestionario que puede o no ser diligenciado por el encuestado y/o encuestador.

**Entrevista.-** Es un método de recolección de datos. Consiste en una serie de preguntas realizadas por el entrevistador, personalmente, a cada uno de los entrevistados.

**Estadística.-** Es la ciencia que comprende una serie de métodos y procedimientos destinados a la recopilación, tabulación, procesamiento, análisis e interpretación de datos cuantitativos y cualitativos. Un objetivo de la estadística es describir "la población del estudio" en base a información obtenida de elementos individuales. Se divide en dos ramas: Estadística descriptiva y Estadística inferencial.

**Marco muestral.-** Es la totalidad de unidades de muestreo de la que se selecciona una muestra. El marco puede ser una lista de personas, o unidades de vivienda, hogares, un archivo de registros, un mapa subdividido, una foto aérea con detalles, entre muchos otros.

**Mediana.-** Es una medida de tendencia central. Es el valor que divide al conjunto de datos ordenados, en aproximadamente dos partes: 50% de valores son inferiores y otro 50% son superiores.

**Muestra.-** Es un subconjunto representativo de la población a partir del cual se pretende realizar inferencias respecto a la población de donde procede. Los elementos seleccionados con cierta técnica reúnen ciertas características que la hacen ser representativa, significativa y confiable y que en base a ella se pueden hacer inferencias respecto a la población. La muestra puede ser probabilística y no probabilística.

**Muestreo.-** Es un conjunto de métodos y procedimientos estadísticos destinados a la selección de una o más muestras es la técnica seguida para elegir muestras. El objetivo principal de un diseño de muestreo es proporcionar

procedimientos para la selección de muestras que sean representativas de la población en estudio.

**Muestreo aleatorio simple.-** También llamado irrestrictamente aleatorio. Es un método de muestreo donde una muestra aleatoria simple es seleccionada de tal manera que cada muestra posible del mismo tamaño tiene igual probabilidad de ser seleccionada de la población.

**Parámetro.-**Es cualquier valor característico de la población. Ejemplo: la media de la población, la desviación típica de la población. Sin embargo estos valores son desconocidos porque no siempre podemos tener todos los datos de la población para calcularlos.

**Población o universo.-** Es cualquier conjunto de unidades o elementos claramente definido, en el espacio y el tiempo, donde los elementos pueden ser personas, granjas, hogares, manzanas, condados, escuelas, hospitales, empresas, y cualquier otro. Las poblaciones pueden ser finitas e infinitas.

**Pueblo.-** Clasificación política que posee las siguientes características:

- Viviendas ubicadas en forma contigua y continuada, con una disposición tal que conformen calles y una plaza céntrica.
- Servicios de educación: infraestructura equipamiento y personal para el nivel de primaria completa.
- Local comunal de uso múltiple y áreas recreacionales

**Centro poblado rural.-** Es aquel que no tiene más de 100 viviendas contiguamente ni es capital de distrito; o que teniendo más de 100 viviendas, éstas se encuentran dispersas o desimanas sin formar bloques o núcleos.

**Unidad de muestreo.-** Es la unidad estadística que se selecciona para constituir la muestra. La elección de la unidad de muestreo más eficiente es una consideración importante en el diseño de una muestra.

**Varianza.-** Conocida también como variancia, es una medida de dispersión de la información. Se obtiene como el promedio de los cuadrados de las desviaciones de los valores de la variable respecto de su media aritmética.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. CARACTERÍSTICA DEL AMBITO DE ESTUDIO.

La presente investigación se encuentran ubicados en los centros poblados de Pocona, Choquechaca y Pajana San Agustín del distrito y provincia de Yunguyo de la Región Puno; geográficamente se ubica en la región natural de la sierra sur del Perú, se encuentra sobre los 3857 m.s.n.m. a 16°, 15', 00" de latitud Sur, y 69°, 04', 59" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

##### 3.1.1. LÍMITES DEL DISTRITO:

Norte : Bolivia.

Este : Distrito de Ollaraya de la Provincia de Yunguyo.

Sur : Distrito de Pomata de la provincia de Chucuito.

Oeste : Distrito de Pomata de la Provincia de Chucuito.

##### 3.1.2. EXTENSIÓN:

El distrito de Yunguyo abarca una superficie territorial de 170.6 km<sup>2</sup>, que representa el 58.72% de la superficie provincial (290.2 km<sup>2</sup>) y el 0.23% de la extensión del Departamento de Puno (71,999.00 km<sup>2</sup>).

**3.1.3. ALTITUD**

La altitud en los centros poblados de Pocona, Choquechaca y Pajana San Agustín, oscilan entre 3.826 a 3950m.s.n.m., la capital del distrito se encuentra en una altura de 3826 m.s.n.m.

**3.1.4. VÍAS DE COMUNICACIÓN**

El transporte a la zona de estudio es vehicular, desde la ciudad de Puno hasta la Provincia de Yunguyo.

**Tabla 1: ACCESIBILIDAD AL AREA DE ESTUDIO**

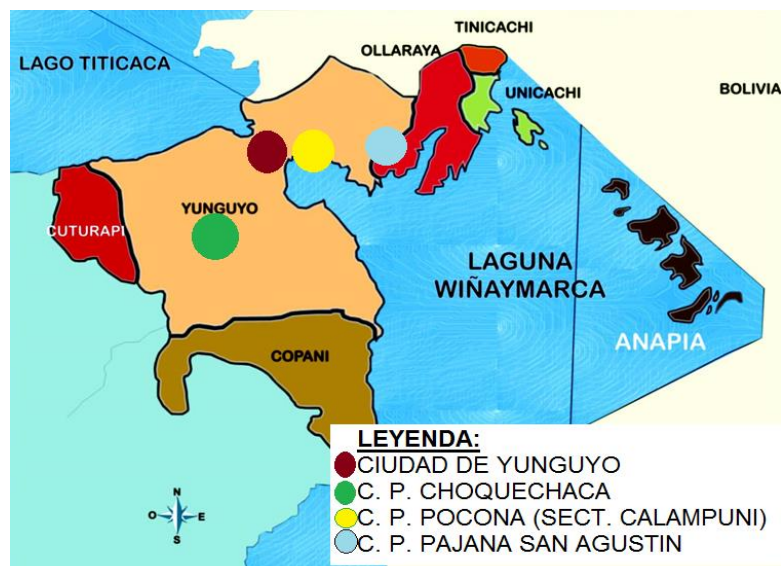
RUTA	TIPO DE VIA	DISTANCIA APROX. (km)	TIEMPO (minutos)
Puno-Yunguyo	Asfaltada	125	120
Yunguyo - C. P. Pocona	Asfaltada	2	5
Yunguyo - C. P. Choquechaca	Afirmada	4	10
Yunguyo - C. P. Pajana San Agustín	Asfaltada	6	20

Fuente: elaboración propia



**Figura 1: MAPA DEL DEPARTAMENTO DE PUNO**

Fuente: elaboración propia



**Figura 2: MAPA DE UBICACIÓN DISTRITAL**

Fuente: elaboración propia

### 3.2. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA POTABLE EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO

La zona de estudio está constituido por los centros poblados de Pocona, Choquechaca y Pajana San Agustín del distrito de Yunguyo; que se abastecen de agua por sistemas de bombeo, gravedad y por pozos. Geográficamente se ubica entre las coordenadas UTM (49489.01E, 8207111.57N), (487795.49E, 8200166.97N) y (494565.61E, 8207137.59N); las alturas de varían de 3,826 a 3950 m.s.n.m. Las viviendas son de material de adobe, sus calles aún no cuentan con pavimentación, la cobertura de electrificación se tiene mayor porcentaje, el servicio de transporte es a través de camionetas rurales. El centro poblado de Pocona se abastece de un manantial, por bombeo con un caudal de 1.7 l/s, para 82 familias, el agua es impulsada directamente al reservorio con una bomba de 1.5 Hp. El servicio es en horas de la mañana y sin ningún tratamiento, la red de distribución tiene un diámetro de 48 mm. El centro poblado de Choquechaca tiene 330 familias, se abastece a través de

dos manantiales, por gravedad con caudales de 2 y 2.5 l/s. El centro poblado de Pajana San Agustín tiene 150 familias, se abastece a través de pozos en diferentes lugares cercanos a su vivienda con caudal de 0.1 a 0.25 l/s. Las temperaturas varían de  $-5.5^{\circ}\text{C}$ , hasta  $16^{\circ}\text{C}$ , las precipitaciones pluviales anuales, en promedio, varían de 73 a 845mm. La población se dedica a la agricultura, ganadería de autoconsumo y actividades de servicio en las ciudades de Yunguyo, Puno. En la zona de estudio, en su comunicación cotidiana predomina el idioma castellano hablado en mayoría por jóvenes y el aimara por adultos.

### **3.2.1. EQUIPOS Y MATERIALES**

- Hoja de encuesta
- Planos de abastecimiento de agua potable por cada centro poblado
- Medidores volumétricos (marca LAO)
- Envases de medición volumétrica para agua (18 litros graduado)
- Estación total y GPS
- Software: SPSS, Google Earth, Autocad, R Watercad y Excel
- Cámara fotográfica

### **3.2.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Debido al problema del trabajo de investigación, se trata de un estudio de tipo correlacional, en vista que el estudio tiene como propósito determinar un modelo matemático para explicar el consumo per cápita de agua potable en sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad, por bombeo y por pozos.



### 3.2.3. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA

Para los modelos matemáticos de consumo per cápita de agua potable se consideró los sistemas de abastecimiento por: gravedad, bombeo y pozos caisson. La población en estudio está constituido por tres centros poblados como son: Pocona, Choquechaca y Pajana San Agustín. En la determinación del tamaño de la muestra se aplicó el muestreo aleatorio simple (MAS).

$$n = \frac{N * Z\alpha^3 * P * Q}{d^2(N - 1) + Z\alpha^2 * P + Q}$$

Dónde:

n : Tamaño de muestra.

N : Total de número de viviendas

Z : Es el valor asociado al nivel de confianza.

Pq : Varianza de la población

d : Error muestral

**Tabla 2:** TAMAÑO DE MUESTRAS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR BOMBEO, GRAVEDAD Y POZOS.

N°	CENTRO POBLADO	TIPO DE SISTEMA	TOTAL VIVIENDA	TAMAÑO MUESTRA
1	Pocona	Bombeo	82	10
2	Choquechaca	Gravedad	330	10
3	Pajana San Agustín	Pozos	150	10
<b>TOTAL VIVIENDAS</b>			562	30

Fuente: elaboración propia

### 3.3. ANALISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE DEL MODELO DE CONSUMO DE AGUA PER CÁPITA

#### 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. La hipótesis planteada es:

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

H1: al menos una de las  $\beta_i$  es distinto de cero.

#### b) Prueba sobre coeficientes individuales de regresión (t)

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.

### Supuestos básicos de regresión lineal múltiple

Los supuestos de un modelo estadístico, se refiere 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.

### 3.4. FACTORES TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y SOCIALES QUE INCIDEN EN EL CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA EN ABASTECIMIENTO

Hank las variables dependientes están en función de las variables independientes o regresaras que influyen en el modelo, determinados a partir de los que ocasionan el problema. Por cada variable seleccionada regresora o influyente se tendrá una pregunta considerada en la hoja de encuesta.

**Tabla 3:** VARIABLES TECNICAS Y SOCIOECONOMICAS CONSIDERADAS EN EL MODELO

VARIABLES	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTOS
<b>Dependiente:</b> Consumo per cápita de agua l/hab/día	Volumen consumido de agua	Volumen	l/día	Lectura de medidores (Marca LAO)
<b>Independientes</b> Integrantes de familia	Número de familia	Número de integrantes	Und	A través de encuestas.
Grado de instrucción	Grado de instrucción	Categórico	Niveles educativos	Politómico: (por encuesta)
				Con Primaria 1
				Con secundaria 2
				Superior 3
Ingresos	Cantidad de dinero por trabajo realizado	Soles/mes	Soles/mes	A través de encuestas.
Edad de jefe de familia	Es edad del jefe de familia	Años	Años	A través de encuestas.
Horas de servicio de agua			Hras/día	A través de medidores método volumétrico
Actividad a que se dedica	Ocupación	Categórico	Unidad	Encuesta Politómico
				Agricultura 1
				Ganadería 2
				Construcción 3
				Empleado 4
Comerciante 5				
Mantenimiento de instalaciones domiciliarias	Número de veces de mantenimiento	Categórico	Niveles	Encuesta Dicotómico
				Si participa 1
				No participa 0
Cultura de Servicio de agua	Constituye el uso consciente de recurso agua	Categórico	Niveles	Encuesta Dicotómico
				No participa 0
				Si participa 1

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3 se presentan variables independientes más relevantes consideradas inicialmente, de acuerdo al árbol de problemas fueron: integrantes de familia, grado de instrucción, ingreso económico, edad de jefe de familia, que fueron necesarios para la primera modelación de consumo per cápita de agua.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. CONSUMO PER CÁPITA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE EN LOS CENTROS POBLADOS DE YUNGUYO

Las encuestas fueron realizadas durante los meses de octubre a noviembre del año 2016, consta de tres ítems: datos de identificación, características socioeconómicas y técnicas, con empadronadores preparados previamente.

#### 4.1.1. CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA EN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO POR BOMBEO EN CENTRO POBLADO POCONA

**Tabla 4:** VARIABLES DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES

N°	CONSUMO PROMEDIO (Lts/hab/día)	INGRESO ECONOMICO (S/.)	GRADO DE INSTRUCCIÓN	EDAD JEFE FAM. (Años)	INTEGRANTES POR FAMILIA (N°)
1	52	780	2	47	5
2	38	450	1	72	3
3	48	450	1	62	4
4	58	980	3	38	5
5	57	1000	2	37	6
6	49	750	2	37	5
7	51	870	3	35	4
8	56	980	3	35	5
9	40	560	1	77	2
10	56	1000	2	33	5

Fuente: elaboración propia

Los datos de consumo per cápita, corresponden a promedios mensuales de los meses de octubre y noviembre, contrastados con promedios de consumo per cápita de los promedios nacionales y américa latina están por debajo de los promedios, según indicado por GLEICK, 2000 y OMS, 2004.

#### A) PRUEBA DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN

**Tabla 5:** CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES

	CONSUMO PER CÁPITA	INGR ECON FAMIL	GRADO INSTRUC	EDAD FAMIL	INTEGRAN POR FAMILIA
Consumo	1				
Ingreso	0.898	1			
Grado	0.7526	0.8319	1		
Edad	-0.8905	0.8919	0.8386	1	
Integran	0.8908	0.7569	0.5796	0.8563	1

Fuente: elaboración propia

La variable que tiene mayor correlación con la variable dependiente es el ingreso económico, de acuerdo al tabla 5, en las demás variables independientes existe una alta correlación entre variables independientes lo cual excluye del modelo. Corroboran Guzman, 2011; Saez, 2010; Granada 2011, Periera et al, 2008.

**B) PRUEBA CONJUNTA (F) DE LAS VARIABLES DEL MODELO**

**Tabla 6:** ANALISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	PROMEDIO CUADRADOS	F <sub>c</sub>	VALOR CRÍTICO F
Regresión	1	356.6618	356.6618	33.524	0.0004
Residuos	8	85.1131	10.6391		
Total	9	441.775			

Fuente: Elaboración propia

Como p-value<0.05, existe suficientes evidencias a un nivel de significancia del 5%, que el consumo per cápita por bombeo es explicado de manera significativa por al menos una de las variables independientes.

**C) PRUEBAS INDIVIDUALES (t) DEL MODELO**

**Tabla 7:** RESULTADOS DE LOS PARAMETROS DEL MODELO

	COEFICIEN- TES	ERROR TÍPICO	ESTADÍS- TICO t	PROBABI- LIDAD	INFERIOR 95%	SUPERIOR 95%
Intercepto	28.6323	3.9318	7.2821	0.000085	19.565	37.699
Variab X <sub>1</sub>	0.028	0.0048	5.7899	0.0004	0.0164	0.039

Fuente: Elaboración propia

A un nivel de significancia del 5%, la variable que incide es el ingreso económico familiar (x<sub>1</sub>), Siendo su modelo:

$$Y = 28.63 + 0.028X_1$$

Interpretación de los parámetros del modelo:

$\beta_0 = 28.63$  este valor indica que el consumo per cápita está afectado en 28.63 debido a otras variables que no están en el modelo.

$\beta_1 = 0.028$ : por cada ingreso de un sol que se incremente, se espera que el consumo per cápita de agua por bombeo aumente en 0.028lit/día.

Coeficiente de determinación  $R^2 = 80.73\%$ , indica que el consumo per cápita de agua potable, es explicado por el modelo de regresión lineal múltiple. Los valores corroboran con lo esperado a priori e indicado por (Pereira, 2006; Granada, 2011; Aguilar, 2003; Daza 2008; Velarde. 2016; Tisnado J, 2014), es decir los usuarios con mejores ingresos económicos X1 tienen mayor consumo per cápita de agua.

#### 4.1.2. CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA EN ABASTECIMIENTO POR GRAVEDAD EN CENTRO POBLADO DE CHOQUECHACA

**Tabla 8:** VARIABLE DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES PARA EL MODELO

Nº	CONSUMO PROMEDIO (lts/hab/día)	INGRESO ECONOMICO (S/.)	GRADO DE INSTRUCCIÓN	EDAD FAMILIA (Años)	INTEGRANTES POR FAMILIA (Nº)
1	59.5	1000	2	33	5
2	59	980	3	35	5
3	40.3	560	1	60	2
4	59.3	1000	2	37	6
5	40	450	1	50	3
6	50.3	1450	2	37	5
7	59.6	980	3	33	5
8	55	450	1	60	5
9	49.9	450	1	62	4
10	51.5	870	3	35	4

Fuente: Elaboración propia

Los datos de consumo per cápita, corresponden a promedios mensuales de los meses de octubre y noviembre, contrastados con promedios de consumo per cápita de los promedios nacionales y américa latina están por debajo de los promedios, según indicado por GLEICK, 2000 y OMS, 2004.



**A) PRUEBA DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN**

**Tabla 9:** CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES EN EL MODELO

	CONSUMO PER CÁPITA	INGR. ECON. FAMIL.	GRADO DE INSTRUCC.	EDAD JEFE FAMIL.	INTEG. FAMILIA
consumo	1				
Ingreso	0.4918	1			
Grado	0.6288	0.6641	1		
Edad	-0.6134	-0.819	-0.8710	1	
Integran	0.8999	0.5737	0.4756	-0.5731	1

Fuente: elaboración propia

El factor que tiene mayor correlación con la variable dependiente es la variable integrantes de familia (X4), de acuerdo al tabla 9. Entre las demás variables independientes existe una alta correlación por lo cual son excluidos del modelo. Estos son: ingreso económico (X1), grado de instrucción (X2), y edad (X3).

**B) PRUEBA CONJUNTA (F) DE LAS VARIABLES DEL MODELO**

**Tabla 10:** ANALISIS DE VARIANZA EN CONSUMO PER CÁPITA

	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	PROMEDIO CUADRADOS	F	VALOR CRÍTICO F
Regresión	1	414.4549	414.4549	34.069	0.00039
Residuos	8	97.3208	12.1651		
Total	9	511.7757			

Fuente: elaboración propia

Como  $p\text{-value} < 0.05$ , existe suficientes evidencias a un nivel de significancia del 5%, que el consumo per cápita por gravedad es explicado de manera significativa por al menos una de las variables independientes.

**C) PRUEBAS INDIVIDUALES (t) DEL MODELO****Tabla 11: PARAMETROS DEL MODELO DE CONSUMO PER CÁPITA**

	COEFICIEN- TES	ERROR TÍPICO	ESTADÍS- TICO T	PROBABI- LIDAD	INFERIOR 95%	SUPERIOR 95%
Intercepto	26.9977	4.4955	6.0054	0.0003	16.63102	37.3644
Variab. $X_4$	5.78133	0.9904	5.8368	0.0003	3.4972	8.0653

Fuente: Elaboración propia

A un nivel de significancia del 5%, la variable que incide es el número de integrantes de familia ( $X_4$ ), Siendo su modelo:

$$Y = 26.99 + 5.78X_4$$

Interpretación de los parámetros del modelo:

$\beta_0 = 26.99$ , este valor indica que el consumo per cápita está afectado en 26.99 debido a otras variables que no están en el modelo.

$\beta_1 = 5.78$ : por cada número de integrantes que se incremente en la vivienda, se espera que el consumo per cápita de agua por bombeo aumente en 5.78 lit/día.

La variación del consumo per cápita de agua potable, es explicado por el modelo de regresión lineal múltiple, con un coeficiente de determinación  $R^2 = 80.98$ .

Todos éstos valores corroboran con lo esperado a priori e indicado por (Pereira, 2006; Granada, 2011; Aguilar, 2003; Daza 2008), es decir los usuarios con mayor integrantes de familia  $X_4$ , tienen mayor consumo per cápita de agua potable, no incidiendo las demás variables considerados inicialmente.

#### 4.1.3. CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA EN ABASTECIMIENTO POR POZOS EN CENTRO POBLADO PAJANA SAN AGUSTÍN

**Tabla 12:** VARIABLE DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES EN EL SISTEMA

Nº	CONSUMO PROMEDIO (lit/hab/día)	INGRESO ECONOMICO (S/.)	GRADO DE INSTRUCCIÓN	EDAD JEFE FAMILIA (Años)	INTEGRANTES POR FAMILIA (Nº)
1	33	700	1	56	3
2	30	450	1	52	3
3	40	1200	2	30	5
4	37	1100	2	40	5
5	35	800	2	40	5
6	41	1000	2	40	5
7	32	450	1	55	2
8	36	900	1	56	5
9	30	200	1	65	2
10	32	200	1	62	3

Fuente: elaboración propia

Los datos de consumo per cápita, corresponden a promedios mensuales de los meses de octubre y noviembre, contrastados con promedios de consumo per cápita de los promedios nacionales y américa latina están por debajo de los promedios, según indicado por GLEICK, 2000 y OMS, 2004.

**A) PRUEBA DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN****Tabla 13:** CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES

	CONSUMO PER CÁPITA	INGR ECON FAMIL	GRADO INSTRUC	EDAD FAMIL	INTEGRAN POR FAMI
Consumo	1				
Ingreso	0.91	1			
Primaria	0.818	0.774	1		
Edad	-0.831	-0.865	-0.914	1	
Integrante familia	0.858	0.876	0.7845	0.7762	1

Fuente: elaboración propia

La variable que tiene mayor correlación con la variable dependiente es el ingreso económico, de acuerdo al tabla 13 en las demás variables independientes existe una alta correlación entre variables independientes lo cual excluye del modelo.

**B) PRUEBA CONJUNTA (F) DE LAS VARIABLES DEL MODELO****Tabla 14:** ANALISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN EN CONSUMO PER CÁPITA

	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	PROMEDIO CUADRADOS	F	VALOR CRÍTICO F
Regresión	1	104.23	104.2	38.763	0.0003
Residuos	8	21.512	2.689		
Total	9	125.74			

Fuente: elaboración propia

Como  $p\text{-value} < 0.05$ , existe suficientes evidencias a un nivel de significancia del 5%, que el consumo per cápita por bombeo es explicado de manera significativa por al menos una de las variables independientes.

**C) PRUEBAS INDIVIDUALES (t) DEL MODELO****Tabla 15:** PARAMETROS DEL MODELO DE CONSUMO PER CÁPITA

	COEFICIENTES	ERROR TÍPICO	ESTADÍSTICO T	PROBABILIDAD	INFERIOR 95%	SUPERIOR 95%
Intercepto	28	1.1791	23.75	1E-08	25.28	30.718
Variable $X_4$	0.009	0.0015	6.226	0.0003	0.0059	0.0129

Fuente: elaboración propia

A un nivel de significancia del 5%, la variable que incide es el ingreso económico familiar ( $X_1$ ), Siendo su modelo:

$$Y = 28 + 0.009X_1$$

Interpretación de los parámetros del modelo:

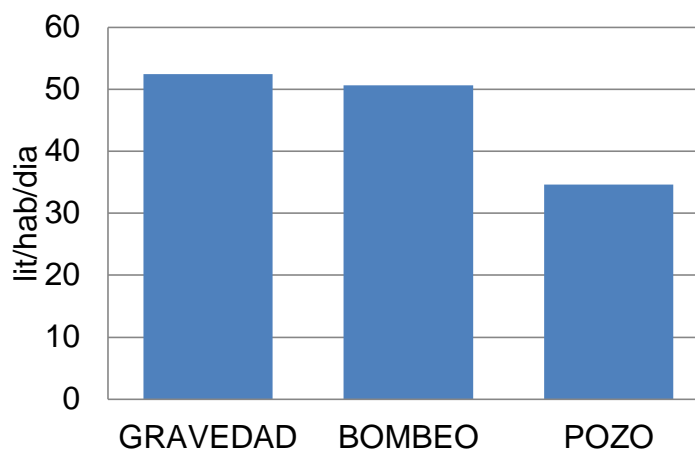
$\beta_0 = 28$  este valor indica que el consumo per cápita está afectado en 28 debido a otras variables que no están en el modelo.

$\beta_1 = 0.009$ : por cada ingreso de un sol que se incrementa, se espera que el consumo per cápita de agua por bombeo aumente en 0.009lit/día.

Con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.8289$ , que el modelo es explicado en 82.89% por regresión lineal múltiple.

#### 4.1.4. RESULTADO DE CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA POTABLE EN SISTEMAS POR GRAVEDAD, BOMBEO Y POZO.

**Tabla 16:** COMPARACIÓN DE CONSUMO PER CÁPITA DE AGUA POTABLE



Fuente: elaboración propia

Los consumos per capitas de agua potable tienen promedios que van de un límite inferior 34.6 lts/hab/día hasta 52.4 lts/hab/día y con un consumo per cápita promedio de 45.9 lts/hab/día. Comparado estos resultados con los valores de promedio nacional de los distritos de Lima (180 lts/hab/día) y promedio de América Latina (170 lts/hab/día), los resultados encontrados están por debajo; contrastados con la dotación de OMS (50lts/hab/día), en los sistemas por gravedad y bombeo están próximos, en cambio por pozos está por debajo en un 30%.

## V. CONCLUSIONES

- El modelo encontrado en el sistema de abastecimiento por bombeo es:  
 $Y = 28.63 + 0.028X_1$ , con un consumo per cápita de agua potable de 50.6 l/hab/día y coeficiente de determinación ( $R^2_{ajustado}=78.32$ ), en este modelo sólo incide la variable ingreso económico.
- El modelo que explica el consumo en sistema de abastecimiento por gravedad, es:  $Y = 26.99 + 5.78X_4$ , con un consumo per cápita de agua potable de 52.4 l/hab/día y coeficiente de determinación ( $R^2_{ajustado}=78.60$ ), sólo incide la variable integrantes de familia.
- El modelo encontrado en el sistema de abastecimiento por pozo, es:  
 $Y=28+0.009X_1$ , incidiendo solo la variable ingreso económico, con un consumo per cápita de agua potable de 34.6 l/hab/día y con un coeficiente de determinación ( $R^2_{ajustado}=80.75$ ).

## VI. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los modelos construidos, la variable a incrementar es el ingreso económico de los pobladores, generando proyectos productivos y poder pagar por los servicios brindados de agua potable.
- Evaluar el modelo de consumo per cápita de agua potable en otras localidades, para contrastar su funcionamiento y eventualmente incluir otras variables.
- Se recomienda realizar este tipo de investigación cada cierto tiempo con el fin de obtener resultados actualizados y que nos permita tener una mejor información del consumo de agua.
- Conformar y fortalecer la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS), encargada de la operación, mantenimiento, administración y sostenibilidad del proyecto.



## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, F. (2003). Modelo de pronóstico de consumo de agua potable. Centro de estudios Multidisciplinarios, UAZ. México. pp. 3-7
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS, (2010). Guías para la operación y mantenimiento de reservorios elevados y estaciones de bombeo. Lima: Organización Mundial de la Salud.
- Chávez Muñoz, N. M. (2005). Tarifas y Consumo Básico de Agua Potable para Bogotá, Incluyendo Tarifas por Utilización de Agua. *Cife*, 8(10), 40–50.
- Clavijo, A. (2013). Estimación de la función de demanda por agua potable en aplicación para la cuenca de Jequetepeque. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial.
- Conferencia Latinoamericana de Saneamiento-Latinosan IV, Peru, (2016).  
Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. Lima Peru.
- Daza, F. (2008). Demanda de agua en zonas urbanas en Andalucía. Universidad de Córdoba. Departamento de estadística, econometría, y organización de empresas. Tesis doctoral España.
- 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*, No. 10. Volumen 87. Pp. 573-582.
- EPSEL S.A. (2010). Diseño del sistema de Abastecimiento de agua y Alcantarillado del centro poblado Cruz de Médano - Lambayeque.

- GLEICK, P. (2000). El Instituto Pacífico para los Estudios en el Desarrollo, Ambiente y Seguridad en Oakland. California.
- Granada, L. (2011). Estimación del consumo básico de agua potable en Colombia, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas. Universidad Del Valle, Colombia.
- Gujarati, (2007). Econometría. México: Ediciones Mc Graw Hill.
- Guzmán, E., García, J.A., Rebollar S, Hernández, J. (2011). Determinantes del consumo de agua por los sectores urbano e industrial en Guanajuato. México. Núm. 63, vol. XXVI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2006), Presidencia de Consejo de Ministros. Perú.
- Llun, V. (2011). Técnicas de muestreo. Puno: Editorial Universitaria.
- Martínez, r., Fernández, A. (1996). Metodologías e instrumentos para la formulación, evaluación y monitoreo de programas sociales, árbol de problema y áreas de intervención. Naciones Unidas CEPAL.
- Milagros, M., & Aricoch, L. (2012). AGUA POTABLE PARA CUATRO Moira Milagros Lossio Aricoché.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 2004. Guías para la calidad de agua potable. Ginebra. Volumen 1. Suiza.
- Pereira, W., Almeida, A. Airton, G., De Muis, C. (2003). Quota de agua, factores intervinientes e modelagem: estudio de caso para clases socioeconómicas de Cuibá-MT. p 13

- Pereira, W., Maria, L., Chichorro, J. 2008. Gestão de recursos hídricos: perspectivas do consumo. Management of hydric resources: projection of per capita water Consumption in Cuiaba. Brazil. Eng. Sanit. Ambient.
- Ramos, G., Cubero, J. (2013) Ideas económicas en torno al servicio de abastecimiento urbano de agua en la Gran Bretaña del siglo XIX. Documentos de Trabajo de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales; No. 03, volumen 2013.
- Sáez, F. (2010). Factores determinantes del consumo de agua para usos residenciales en Andalucía. Universidad de Granada: Departamento de Economía Aplicada. Zaragoza España.
- 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.
- Tisnado, J. 2014. Evaluación de la dotación per-cápita para el abastecimiento de agua potable en la población concentrada del Distrito de Vilavila – Lampa–Puno. Tesis de la Facultad de Ingeniería Agrícola.
- Tudela, J. (2007). Estimación de Beneficios Económicos por el Mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Puno. Patronato de la Universidad del Pacífico. Páginas 129-198.
- UNICEF. (2003). Año Internacional del Agua Dulce. Revista Ambientum, 20-22.
- Velarde, E. (2016). Modelos de consumo per cápita de agua potable en sistemas de abastecimiento en cuatro distritos de la provincia de Puno. Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional del Altiplano Puno. Perú. pp. 67-68

## ANEXOS

**Tabla 17: HOJA DE ENCUESTA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**IDENTIFICACIÓN**

TIPO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE:.....

NOMBRE DE JEFE DE FAMILIA:.....

LUGAR:.....FECHA:.....

<b>I. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONOMICOS</b>	<b>INDICADOR</b>	
1. ¿Por cuántos integrantes está conformado su familia?	2	
	3	
	4	
	5	
2. ¿Qué grado de instrucción tiene Ud.?	primaria :1	
	Secundaria :2	
	Superior :3	
3. ¿Cuánto es su ingreso familiar durante el mes, en soles?	S/. 100 - S/. 300	
	S/. 300 - S/. 500	
	S/. 500 - S/. 700	
	S/. 700 - MAS	
4. ¿Cuál es su Edad?	Años	
5. ¿Cuál es su principal ocupación?	Agricultura :1	
	Ganadería :2	
	Construcción :3	
	Empleado :4	
	Comerciante :5	
6. ¿Cuántas horas de servicio de agua tiene al día?	horas	
¿Cuánto es el pago por servicio de agua?	Mensual S/.	
<b>II. CARACTERÍSTICAS TECNICOS</b>		
7. La instalación de agua está en el patio	si	
	no	
8. Entonces cual es la distancia del Pozo hasta la Cocina	hasta 20m	
	21-100m	
	más de 100m	
9. ¿Cuenta con pozo propio?	si	
	no	
10. Existe Junta administradora de servicios de saneamiento (JASS), en su distrito?	si	
	no	
11. ¿Rinde culto, aprecia al agua, recibe charlas sobre valores, actitudes, costumbres, hábitos con respecto a la importancia del agua?	si	
	no	
12. ¿Ud. utiliza agua para sus animales?	si	
	no	
13. Realiza cambio de grifo malogrado, reparación de tubos fisuras, lubricación de válvulas en conexiones domiciliarias y otros.	si	
	no	

Fuente: elaboración propia

**Tabla 18: CONSOLIDADO ENCUESTAS POR SISTEMA DE BOMBEO EN CENTRO POBLADO DE POCONA**

INDICADOR	VIVIENDAS ENCUESTADAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>I. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONOMICOS</b>										
1. ¿Por cuántos integrantes está conformado su familia?										X
		X								
			X				X			
	X			X				X		X
					X					
Primaria :1		X	X							X
Secundaria :2	X				X					X
Superior :3				X				X		
S/. 100 - S/. 300										
S/. 300 - S/. 500		X	X							
S/. 500 - S/. 700										X
S/. 700 - MAS	X			X	X	X	X	X	X	X
Años	47	72	62	38	37	37	35	35	77	33
Agricultura :1		X								
Ganadería :2										
Construcción :3	X			X					X	
Empleado :4										
Comerciante :5			X		X	X	X	X		X
24 horas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6. ¿Cuántas horas de servicio de agua potable tiene durante el día?										

II. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS												
7. La instalación de agua está en el patio	si	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	no											
8. Entonces cual es la distancia del Pozo hasta la Cocina	hasta 20m											
	21-100m											
	más de 10m											
9. ¿Cuenta con pozo propio?	si											
	no											
10. Existe Junta administradora de servicios de saneamiento (JASS), en su distrito?	si	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	no											
11. ¿Rinde culto, aprecia al agua, recibe charlas sobre valores, actitudes, costumbres, hábitos con respecto a la importancia del agua y las acciones necesarias para obtenerla, distribuirla, y reutilizarla?	si											
	no	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12. ¿Ud. utiliza agua para sus animales?	si											
	no	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13. Realiza cambio de grifo malgrado, reparación de tubos fisuras, lubricación de válvulas en conexiones domiciliarias y otros.	si	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	no											

Fuente: elaboración propia

**Tabla 19: CONSOLIDADO ENCUESTAS EN SISTEMA POR GRAVEDAD EN CENTRO POBLADO DE CHOQUECHACA**

INDICADOR	VIVIENDAS ENCUESTADAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>I. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONOMICOS</b>			X							
1. ¿Por cuántos integrantes está conformado su familia?					X				X	X
						X	X			
	X	X								
				X						
primaria :1			X		X			X		
Secundaria :2	X			X		X				
Superior :3		X					X			X
S/. 100 - S/. 300										
S/. 300 - S/. 500					X			X		
S/. 500 - S/. 700			X							
S/. 700 - MAS	X	X		X		X	X			X
Años	33	35	60	37	50	37	33	60	62	35
Agricultura :1										
Ganadería :2										
Construcción :3	X	X		X			X		X	X
Empleado :4										
Comerciante :5			X		X	X		X		
24 horas										
6. ¿Cuántas horas de servicio de agua potable tiene durante el día?										



II. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS												
7. La instalación de agua está en el patio	si	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	no											
8. Entonces cual es la distancia del Pozo hasta la Cocina	hasta 20m											
	21-100m											
	más de 10m											
9. ¿Cuenta con pozo propio?	si											
	no											
10. Existe Junta administradora de servicios de saneamiento (JASS), en su distrito?	si	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	no											
11. ¿Rinde culto, aprecia al agua, recibe charlas sobre valores, actitudes, costumbres, hábitos con respecto a la importancia del agua y las acciones necesarias para obtenerla, distribuirla, y reutilizarla?	si											
	no	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12. ¿Ud. utiliza agua para sus animales?	si	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	no											
13. Realiza cambio de grifo malogrado, reparación de tubos fisuras, lubricación de válvulas en conexiones domiciliarias y otros.	si	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	no											

Fuente: elaboración propia

**Tabla 20: CONSOLIDADO ENCUESTAS POR POZOS EN CENTRO POBLADO DE PAJANA SAN AGUSTÍN**

	INDICADOR	VIVIENDAS ENCUESTADAS																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
<b>I. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONOMICOS</b>	1. ¿Por cuántos integrantes está conformado su familia?	2							X														
		3	X																			X	
		4																					
		5									X	X	X										
		5																					
2. ¿Qué grado de instrucción tiene Ud.?	primaria :1	X	X										X	X	X							X	
	Secundaria :2								X	X	X												
	Superior :3																						
	S/. 100 - S/. 300																					X	
	S/. 300 - S/. 500													X									
3. ¿Cuánto es su ingreso familiar durante el mes, en soles?	S/. 500 - S/. 700	X																					
	S/. 700 - MAS									X	X	X	X	X									
	Años	56	52	30	40	40	40	40	40	40	40	55	56	65	62								
	Agricultura :1																					X	
5. ¿Cuál es su principal y segunda ocupación?	Ganadería :2																						
	Construcción :3															X	X						
	Empleado :4																						
	Comerciante :5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
6. ¿Cuántas horas de servicio de agua potable tiene durante el día?	24 horas																						

**II. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

7. La instalación de agua está en el patio	si																											
	no																											
	hasta 20m																											
8. Entonces cual es la distancia del Pozo hasta la Cocina	21-100m																											
	más de 100m																											
9. ¿Cuenta con pozo propio?	si																											
	no																											
10. Existe Junta administradora de servicios de saneamiento (JASS), en su distrito?	si																											
	no																											
11. ¿Rinde culto, aprecia al agua, recibe charlas sobre valores, actitudes, costumbres, hábitos con respecto a la importancia del agua y las acciones necesarias para obtenerla, distribuirla, y reutilizarla?	si																											
	no																											
12. ¿Ud. utiliza agua para sus animales?	si																											
	no																											
13. Realiza cambio de grifo malogrado, reparación de tubos fisuras, lubricación de válvulas en conexiones domiciliarias y otros.	si																											
	no																											

Fuente: elaboración propia

**Tabla 21: CONSUMO PER CAPITA DE AGUA POR BOMBEO**  
(l/hab/día)

FECHA	N° DE VIVIENDAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01/10/2016	60.5	42.2	50.2	68.2	58.6	54.2	54.6	70.5	39.5	58.6
02/10/2016	75.2	40.1	46.5	58.2	60.5	56.2	48.5	60.7	39.4	5.4
03/10/2016	40.2	26.5	47.5	50.2	59.2	48.5	45.6	52.4	38.2	59.2
04/10/2016	50.1	34.8	44.6	55.5	54	45.2	48.5	52.1	36.5	56.2
05/10/2016	35.1	37.8	49.5	52.4	55.6	44.2	46.2	56.3	34.1	52.5
06/10/2016	39.5	36.6	48.2	65.5	57.6	51.6	45.8	57.2	38.4	59.2
07/10/2016	38.4	38.4	41.6	54.6	52.3	45.4	44.2	51.8	41	62.5
08/10/2016	65.2	46.5	49.5	60.3	59.6	46.2	59.6	80.5	46.8	54.2
09/10/2016	60.4	49.8	60.5	56.2	60.3	56.3	62.1	40.5	45.2	58.2
10/10/2016	52.1	34.5	41.4	58.4	62.5	48.2	49.2	52.5	42.5	62.5
11/10/2016	49.5	36.9	42.5	59.6	59.2	46.3	51.2	54.9	36.4	64.5
12/10/2016	52.3	38.7	44.5	56.2	59.6	49.2	52.6	50.9	38.4	58.5
13/10/2016	49.4	41.2	41.2	57.5	53.6	47.2	49.8	53.8	40.5	58.4
14/10/2016	52.6	39.5	45.8	62	54.2	46.2	48.5	54.7	38.4	61.5
15/10/2016	48.5	46.5	49.6	68.5	59.8	50.2	46.9	60.5	37.4	62.5
16/10/2016	60.5	40.3	60.6	70.5	57.6	54.2	60.5	70.8	41.5	59.2
17/10/2016	45.2	34.5	49.8	52.4	49.8	46.2	49.2	51.5	39.8	62.5
18/10/2016	49.5	31.2	47.5	52.2	60.5	44.2	48.2	52.4	40.5	50.2
19/10/2016	51.5	41.2	49.6	51.4	61.5	48.2	46.1	55.4	39.5	62.4
20/10/2016	47.5	34.5	48.5	59.5	59.6	46.3	47.8	51.2	38.4	56.8
21/10/2016	52.3	32.6	42.1	58.4	58.5	48.2	51.2	59.2	40.8	55.7
22/10/2016	51.4	40.6	50.5	56.2	54.5	50.2	49.8	60.5	41.5	60.5
23/10/2016	49.5	36.5	49.5	60.5	49.6	54	60.9	65.2	35.9	54.8
24/10/2016	48.2	35.6	40.9	58.4	56.5	46.2	46.6	54.2	36.7	59.5
25/10/2016	50.1	34.6	41.7	52.5	59.6	47.2	49.5	52.1	41.5	57.6
26/10/2016	49.5	38.4	46.5	54.6	52.6	49.2	47.9	51.9	40.5	61.3
27/10/2016	50.6	37.2	41.4	56.9	56.3	51.2	51.6	50.8	36.9	56.2
28/10/2016	49.5	33.1	40.2	63.2	58.5	44.1	52.6	56.8	38.7	55.5
29/10/2016	48.5	40.9	50.4	64	64.6	60.2	49.5	65.2	39.5	64.5
30/10/2016	49.5	56.2	59.1	59.8	62.6	56.2	48.5	60.2	41.5	59.6
31/10/2016	52.1	46.2	49.8	58.6	59.5	47.5	55.5	51.2	40.3	57.6
01/11/2016	52.2	36.5	47.8	57.4	58.2	42.6	46.5	49.5	36.5	56.2
02/11/2016	56.4	32.5	45	56.2	62.4	46.5	49.2	50.6	42.5	65.8
03/11/2016	49.5	35.9	49.8	59.5	56.6	47.5	51.1	53.4	37.5	54.6
04/11/2016	48.2	32.4	48.5	54.8	45.6	49.2	50.8	57.4	38.4	56.8
05/11/2016	52.1	45.2	60.8	67	59.6	54.2	49.5	50.2	39.4	61.2
06/11/2016	48.6	44.6	40.8	58.4	54.8	60.5	48.5	80.5	37.2	59.8
07/11/2016	47.8	36.4	52.4	54.8	58.8	49.2	46.2	52.5	40.5	57.6

FECHA	N° DE VIVIENDAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
08/11/2016	54.3	38.5	49.1	59.6	49.6	46.2	49.2	50.8	39.5	58.6
09/11/2016	59.4	37.6	51.6	57.5	56.6	51.2	49.2	51.4	42.5	59.6
10/11/2016	49.5	38.6	46.5	58.5	59.6	50.1	48.2	54.8	37.1	51.5
11/11/2016	51	40.2	49.7	56.5	58.5	47.2	51.2	53.6	39.8	49.5
12/11/2016	64.5	50.6	56.5	59.8	54.6	56.2	49.2	70.5	41.2	60.5
13/11/2016	60.5	40.5	50.5	59.2	60.5	54.2	46.9	56.2	42.5	50.8
14/11/2016	52.1	34.6	46.5	60.5	59.6	49.2	51.2	51.2	46.5	51.5
15/11/2016	49.5	36.5	43.1	56.4	54.6	45.5	54.2	50.6	39.2	56.4
16/11/2016	53.2	32.5	40.9	56.3	52.3	47.2	50.6	49.8	39.5	54.2
17/11/2016	47.5	34.8	42.2	56.5	51.2	48.2	49.2	50.8	36.8	51.5
18/11/2016	51.2	33.5	42.5	58.9	58.6	45.1	48.2	54.7	39.7	50.2
19/11/2016	58.4	46.8	49.8	54.8	57.6	49.2	51.2	60.4	45.2	50.6
20/11/2016	52.4	40.5	60.5	58.9	60.9	60.2	53.6	60.8	41.5	54.2
21/11/2016	54.4	34.6	49.5	56.3	55.6	46.2	56.2	52.5	40.5	59.2
22/11/2016	49.4	32.6	48.2	56.5	53.2	48.2	49.2	50.6	41.2	51.5
23/11/2016	56.2	36.5	42.5	55.1	54.5	49.7	51.7	51.5	46.5	57.6
24/11/2016	55.4	32.6	46.2	55.4	57.6	41.2	47.2	49.8	42.5	55.4
25/11/2016	48.8	38.9	49.5	59.4	59.2	48.2	49.6	48	38.5	56.2
26/11/2016	49.5	40.6	52.9	64.8	60.5	54.2	60.5	60.5	39.4	58.5
27/11/2016	60.4	52.5	60.5	68.5	65.2	59.2	59.1	60.5	40.5	59.2
28/11/2016	52.3	34.6	41.4	58.4	59.1	44.5	52.2	56.2	41.3	52.2
29/11/2016	49.4	32.6	41.5	55.5	58.2	46.8	53.4	55.4	39.3	57.4
30/11/2016	48.5	30.4	45.1	54.6	55.4	48.5	49.1	58.5	36.5	55.6
PROM	51.8	38.3	47.9	58.3	57.3	49.4	50.7	55.9	39.9	56.4

Fuente: elaboración propia

**Tabla 22: CONSUMO PER CAPITA DE AGUA POR GRAVEDAD  
(l/hab/día)**

FECHA	N° DE VIVIENDAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01/10/2016	80.5	70.5	46.1	68.6	54.4	60.4	65.4	66.4	55.2	60.9
02/10/2016	40.2	40.4	36.5	59.9	50	66.6	55.1	70	60.5	50.7
03/10/2016	44	50.2	38.9	49.6	38	35.6	45.7	44	52	40.4
04/10/2016	42.2	48.6	35.9	53.6	36	40.6	54.6	41.6	45.7	49.9
05/10/2016	54.6	51.2	37.4	69.5	28	54.8	65.3	54.9	52.1	64.8
06/10/2016	46.8	49.5	41.2	55	41	50.5	50.6	48	45.4	54.7
07/10/2016	36.8	49	28.6	60.7	33	46.9	57.5	53	45.9	52.8
08/10/2016	74.4	80.5	46.2	69.7	44	54.4	64.2	64	55.5	59.9
09/10/2016	60.4	46.8	50.4	74.4	36	70.5	60.6	62	50.5	54.3
10/10/2016	51.2	48.8	36.4	51.8	36	38.7	48.8	43	48	43.6
11/10/2016	61.2	36.9	39.4	60.7	34.5	45	55.9	50.5	47.7	48.6
12/10/2016	49.9	48.4	37.6	50.6	32.6	40.9	50.2	44	46	47.5
13/10/2016	54.6	54.8	35.4	68.6	41	54.8	65.5	56.1	55.2	38.5
14/10/2016	52.6	46.5	32.5	54.1	35	41.8	55.6	45	46.6	50.8
15/10/2016	90.5	56.4	46.2	64.8	46	55.6	44.6	64.3	45	39.5
16/10/2016	76.5	64.5	38.4	80.5	50	45	55.1	63.5	48.6	51.5
17/10/2016	50.2	56.4	39.6	53.7	38	49.1	49.7	47.4	44.3	53.3
18/10/2016	65.4	59.6	41.2	59.6	36	45.9	51.9	50.1	49.9	54.9
19/10/2016	58.4	58.1	36.9	66.6	37	52.9	60.6	56.1	57.6	64.6
20/10/2016	52.6	55.6	34.8	62.6	33	47.2	58.5	53.5	51.8	53.8
21/10/2016	54.9	59	39.1	53.9	31	39.5	55.3	46	40.7	48.5
22/10/2016	54.2	62.5	38	68	39	59.6	45.5	68.2	40.3	45.7
23/10/2016	80.4	90.5	60.5	69.5	42	64.6	64.3	61	55.3	60.8
24/10/2016	60.2	56.4	45.2	44.1	36	48.6	40.3	39.9	40.5	42.6
25/10/2016	56.2	59.6	38	47.7	39	48	43.2	40	38.5	38.5
26/10/2016	48.7	49.5	41.2	44.9	34	44.6	41.8	40.9	43.1	45.2
27/10/2016	55.6	56.8	36.5	70.9	29	54.8	64.3	51.1	56.2	64.4
28/10/2016	59.2	55.6	37.9	63.3	35	52.5	67.6	62.3	62.6	65.6
29/10/2016	43.5	95.2	50.2	78.5	46	60.5	62.6	74	48.2	55.5
30/10/2016	95.5	56.5	36.5	64.4	52	74.6	41.4	62.4	40.9	48.5
31/10/2016	58.5	59.2	39.4	60.9	36	54.8	65.4	72	54.2	54.6
01/11/2016	56.7	48.9	36.8	51.6	48.6	41.3	51.6	64.5	41.7	48.3
02/11/2016	54.9	58.5	41.6	47.8	39.7	42.7	44.6	68	52.6	40.2
03/11/2016	55.9	58.6	35.8	55.9	29	40.9	50.6	50.2	48.6	50.4
04/11/2016	60.5	59.5	41.6	60.5	30	48.6	64.3	58.4	58.5	62.6
05/11/2016	70.8	65.8	45.6	68.4	46	65.2	44.9	70	60.4	47.6
06/11/2016	70.6	88	48.9	65.5	49	58.2	64.3	58	54.2	58.1

FECHA	N° DE VIVIENDAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
07/11/2016	58.1	55.9	39.8	50.7	40.5	4.6	45.7	56	36.5	41.6
08/11/2016	55.6	60.5	41.5	47.8	36.5	41.2	44.9	46	48.8	40.9
09/11/2016	49.5	62.4	39.4	54.3	39.8	43.6	60.6	49.6	47.7	49.6
10/11/2016	56.8	59.7	36.5	55.5	37.4	42.7	56.3	43.2	47.6	42.5
11/11/2016	55.8	56.7	38.4	48.2	31.2	39.2	45.3	41.4	49.6	43.5
12/11/2016	80.5	65.4	46.5	69.5	46	65.6	65.3	60.5	55.2	64
13/11/2016	92.4	80.4	41.6	60.6	47.5	75.4	55.6	51.7	44.6	50.9
14/11/2016	60.9	60.8	38.4	47.6	41.6	42.5	44.2	52	48	42
15/11/2016	58.4	61.2	36.4	45.3	35.7	39.6	45.3	40.3	44.5	42.6
16/11/2016	62.5	57.8	37.2	65.8	36.5	54.6	62.3	56.1	55.2	63.8
17/11/2016	55.9	56.8	39.4	63.1	39.4	50.9	66.6	60.9	58.5	67
18/11/2016	49.7	60.2	32.5	60.4	28.4	46.3	52.4	51.6	50.5	55.3
19/11/2016	55.2	60.5	60.4	60.7	58	80.4	57.5	69	45.9	50.6
20/11/2016	59.2	65.2	40.5	65.5	55.4	50.6	45.7	74	48.4	43.6
21/11/2016	62.5	58.4	36.4	50.5	42.5	43.2	58.5	48.2	48.7	52.1
22/11/2016	59.2	55.6	31.2	68.5	41.1	54.8	65.4	55.9	55.7	61.6
23/11/2016	57.5	61.2	36.2	52.3	36	42.6	52.3	42.6	42.1	49.6
24/11/2016	55.8	49.9	37.5	54.3	35	40.3	54.3	40.3	45.4	50.2
25/11/2016	51.2	56.2	38.4	60.6	42.5	45	55.2	51.8	48.5	50.4
26/11/2016	63.2	59.5	41	63.3	60.4	52.5	67.6	62.3	62.6	65.6
27/11/2016	69.2	74.2	50	59.6	58.8	74.5	50.6	78.4	54.3	48.6
28/11/2016	58.4	60	48.2	62.2	36.5	47.2	58.5	53.7	51.3	55.6
29/11/2016	59.6	57.5	39.5	52.4	38.4	46.8	45.7	55	63.5	45.6
30/11/2016	62	52.6	39	51.3	34	50.5	50.6	49	50.5	52.5
PROM	59.5	59	40.3	59.3	40	50.3	54.6	55	49.9	51.5

Fuente: elaboración propia

**Tabla 23: CONSUMO PER CAPITA DE AGUA POR POZOS**  
(l/hab/día)

FECHA	N° DE VIVIENDAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01/10/2016	32	30	36	40	40	44	35	40	31	40
02/10/2016	30	32	60	50	46	50	33	50	30	35
03/10/2016	33	28	38	32	32	38	32	35	29	30
04/10/2016	35	29	39	31	35	39	30	30	30	32
05/10/2016	31	29.5	34	31	36	36	29	31	31	29
06/10/2016	32	30	38	32	31	37	31	29	32	31
07/10/2016	30	29	41	29	30	36	30	30	25	28
08/10/2016	35	35	60	40	48	50	28	40	29	40
09/10/2016	29	32	60	56	55	60	40	55	35	50
10/10/2016	31	30	36	31	30	39	32	31	32	28
11/10/2016	32	29	35	28	28	40	35	30	29	30
12/10/2016	29	30	39	31	31	41	36	29	31	29
13/10/2016	28	30	31	32	31	43	31	35	30	29
14/10/2016	33	29	30	29	28	35	30	29	29	28
15/10/2016	35	31	50	40	55	60	29	35	30	35
16/10/2016	34	30	55	56	40	40	35	40	30	35
17/10/2016	30	35	35	30	30	39	32	29	28	29
18/10/2016	29	34	36	29	30	38	31	31	30	30
19/10/2016	28	38	38	31	29	30	30	30	31	31
20/10/2016	30	29	30	32	31	32	35	33	29	29
21/10/2016	34	34	32	30	30	36	34	32	28	33
22/10/2016	32	29	50	58	40	50	31	51	30	30
23/10/2016	36	40	55	39.5	55	40	30	40	32	35
24/10/2016	35	32	36	32	29	32	29	31	28	31
25/10/2016	29	33	32	31	31	36	32	36	29	28
26/10/2016	31	30	31	29	30	34	31	38	30	30
27/10/2016	34	30	30	32	27	40	29	31	31	28
28/10/2016	29	31	32	30	25	30	28	30	32	29
29/10/2016	31	30	35	55	40	50	36	40	35	35
30/10/2016	30	28	60	45	55	40	40	60	30	30
31/10/2016	35	30	36	30	30	39	34	39	30	31
01/11/2016	35	32	35	31	29	38	32	35	32	29
02/11/2016	32	29	32	29	30	40	32	30	31	28
03/11/2016	33	26	34	34	28	41	30	31	30	31
04/11/2016	34	28	32	30	30	35	29	29	28	29
05/11/2016	35	29	50	60	35	60	36	40	30	30
06/11/2016	36	28	60	55	50	45	38	60	32	45



FECHA	N° DE VIVIENDAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
07/11/2016	35	31	32	31	29	36	31	32	29	32
08/11/2016	32	30	35	35	31	38	38	31	27	30
09/11/2016	35	32	36	35	28	34	29	36	26	31
10/11/2016	38	26	31	35	30	30	28	34	30	35
11/11/2016	34	28	34	30	29	32	30	30	26	33
12/11/2016	29	29	50	49	30	50	34	40	30	28
13/11/2016	36	31	55	60	55	50	40	50	31	36
14/11/2016	31	29	32	32	32	36	29	29	28	30
15/11/2016	35	30.1	35	32	31	34	35	30	26	31
16/11/2016	35	27	34	33	30	38	31	31	30	29
17/11/2016	38	29	36	34	32	36	30	33	31	28
18/11/2016	29	30	31	30	29	35	30	32	32	30
19/11/2016	31	28	50	60	50	60	29	45	35	35
20/11/2016	35	30	55	55	60	41.5	42	50	37	40
21/11/2016	34	32	33	32	28	39	29	30	29	29
22/11/2016	36	31	35	30	31	38	31	29	26	28
23/11/2016	35	29	34	35	30	36	30	31	30	30
24/11/2016	34	26	35	31	30	34	32	32	31	29
25/11/2016	36	28	31	30	29	40	33	30	28	28
26/11/2016	38	30	50	55	40	58	30	40	26	30
27/11/2016	33	36	59	48	56	62	40	60	40	45
28/11/2016	35	29	35	33	30	36	28	29	26	29
29/11/2016	34	32	36	32	29	35	33	30	28	30
30/11/2016	38	34	38	30	31	34	30	32	29	31
PROM	33	30.4	39.8	37.2	35.1	40.6	32.2	35.9	30	31.8

Fuente: elaboración propia

### PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 3:** VERIFICACIÓN DE MICROMEDIDORES VOLUMETRICOS CON DIRECTOR DE TESIS



**Figura 4:** INSTALACIÓN DE MICROMEDIDORES VOLUMETRICOS EN ABASTECIMIENTO POR BOMBEO



**Figura 5:** LECTURA DE CONSUMO PERCAPITA DE ABASTECIMIENTO POR GRAVEDAD



**Figura 6:** CONSUMO PER CAPITA EN ABASTECIMIENTO POR POZOS.

## PLANO TOPOGRAFICO

**PG – 01:** ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN SECTOR CALAMPUNI DEL CENTRO POBLADO DE POCONA.

**PG – 02:** ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD EN CENTRO POBLADO DE CHOQUECHACA.

**PG – 03:** ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR POZOS EN CENTRO POBLADO DE PAJANA SAN AGUSTIN.