



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS  
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA  
POTABLE EN LA URBANIZACIÓN VALLE ESMERALDA,  
DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA Y  
DEPARTAMENTO DE ICA, AÑO 2016**

**PRESENTADO POR:**

**AGUILAR RIOS EDWIN ENRIQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**ICA - PERÚ**

**2016**

**DEDICATORIA:**

A Dios quien guío mi camino y a mi Sra. Madre por su apoyo incondicional para culminar con una de mis metas profesionales.

**AGRADECIMIENTO:**

Un agradecimiento especial a nuestras familias, por formarnos con buenos sentimientos, hábitos y valores.

#### **RECONOCIMIENTO:**

A las autoridades y docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Universidad "Alas Peruanas" de Ica, que me han brindado el apoyo suficiente para poder realizar el presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RECONOCIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	x

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL	2
1.2.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL	2
1.3. PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	2
1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL	2
1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	2
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES	3
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	3
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	3
1.5.3. VARIABLES (OPERACIONALIZACIÓN)	4

1.6.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.6.1	TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	5
	a) TIPO DE INVESTIGACIÓN	5
	b) NIVEL DE INVESTIGACIÓN	5
1.6.2	MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	5
	a) MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	5
	b) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	5
1.6.3	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	6
	a) POBLACIÓN	6
	b) MUESTRA	6
1.6.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
	a) TÉCNICAS	7
	b) INSTRUMENTOS	7
1.6.5	JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES	8
	a) JUSTIFICACIÓN	8
	b) IMPORTANCIA	8

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.2	BASES TEÓRICAS	16
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	66

**CAPÍTULO III**  
**PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

3.1	CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	67
3.2	ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES	69

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS**

4.1	PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL	79
-----	-----------------------------	----

**CAPÍTULO V**  
**DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82
	CONCLUSIONES	84
	RECOMENDACIONES	85
	FUENTES DE INFORMACIÓN	86
	<b>ANEXOS</b>	<b>87</b>
	MATRIZ DE CONSISTENCIA	88
	ENCUESTAS – CUESTIONARIOS – ENTREVISTAS	90

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es determinar en qué medida se han solucionado los problemas existentes en la captación de agua potable que afecta a la población de la urbanización Valle Esmeralda.

Este problema se originó debido al crecimiento de la población y a la antigüedad del sistema de suministro (mediante agua subterránea), que generaría un abastecimiento interrumpido en determinados instantes en la población, que incluso ve condicionada su situación sanitaria. Es así como se evalúa mediante el análisis de dos alternativas, el mejoramiento y ampliación del sistema de suministro actual para el sistema de abastecimiento de agua potable, con el propósito de satisfacer la demanda de agua total, para la Urb. Valle Esmeralda.

Las alternativas de solución planteadas inicialmente en el proyecto han contribuido en la mejora de los sistemas de agua potable en los pobladores de Valle Esmeralda. Por lo que se logra confirmar que el desabastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo ha sido controlado de manera temporal esta influencia es significativa en un 52.9% pero no determina el comportamiento futuro de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Se recomienda la profundización del pozo tubular ya existente, debido al posible descenso de la napa freática. Esto como consecuencia de la explotación del recurso hídrico subterráneo en los últimos diez años.

**PALABRAS CLAVES:** Sistemas, agua potable, evaluación, pozo.

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to assess to what extent solved the existing problems in the uptake of drinking water affecting the population of the Valley Esmeralda estate.

This problem originated due to the growth of the population and to the antiquity of the supply (through groundwater) system that would generate a supply interrupted at certain moments in the population that sees even conditioned his health situation. It is as well as assessed through the analysis of two alternatives, the improvement and expansion of the system of current supply for the system of drinking water supply, in order to satisfy the demand of total water, for URB Emerald Valley.

Solution alternatives initially raised in the project contributed to the improvement of systems of drinking water in the inhabitants of Valle Esmeralda. What is achieved to confirm that the shortage of drinking water in the Valley Esmeralda urbanization of Pueblo Nuevo has been controlled on a temporary basis this influence is significant in a 52.9% but does not determine the future of drinking water supply systems behavior.

The deepening of the existing tubular well, due to the possible fall of the phreatic is recommended. This as a result of the exploitation of underground water resources in the last ten years.

### **Keywords:**

Systems, drinking water, evaluation, well.

## INTRODUCCIÓN

Este estudio realiza una indagación de los orígenes de captación en la zona del proyecto para el suministro de agua en la urbanización referida, manipulando las aguas subterráneas que provienen del acuífero local sobre la cual se halla estable la urbanización Valle Esmeralda. Por tanto, la procedencia del medio hídrico, forjando específicamente el sistema de pozos tubulares, con el propósito de indemnizar la petición total, presente y posterior de los adyacentes quince años, observando la mejor elección técnica-económica.

Ica es apreciado como uno de los valles costeros más productivos, pero, es soberanamente desprovisto en agua superficial. Desde 1937 ya se utilizaba el acuífero mediante 49 pozos tubulares, los semejantes que observaban el regadío de 12000 has. (Ica).

Precedentemente de entrar en actividad el sistema de Choclococha, en el valle ya coexistían 500 pozos tubulares.

Siendo el propósito fundamental referir con un método de suministro de agua potable eficientemente que indemnice la petición existente y futura de la población, afirmando las situaciones sanitarias, restando costos que sobrelleva un suministro mediante el origen de captación.

Además de ello el objetivo puntual, materia del presente estudio es el abastecimiento de agua potable, tomando como alternativa el uso exclusivo del pozo tubular existente para la captación del agua subterránea, la misma que mediante verificaciones de diseño y de mejoramientos para dicho

sistema de captación, cumplan y satisfagan el incremento de la demanda de agua potable para la urbanización Valle Esmeralda futura en los próximos 15 años, y de no darse el caso la proyección de un nuevo pozo tubular dentro de la Urbanización, minimizando y/o eliminando costos que conlleva un abastecimiento mediante el uso de dos fuentes(fuente superficial y subterránea).

Se realizó estudios de evaluación de campo para la verificación de datos obtenidos mediante recolección de datos in situ, ya que algunos de ellos han sido estimados y/o solos por el cambio en su magnitud acorde a la explotación de los recursos, siendo estos datos utilizados en el presente documento.

Surge de la necesidad de evaluar los sistemas de agua potable para dar solución a los problemas de abastecimiento de agua potable debido a la sobre-explotación que afecta a la Urbanización Valle Esmeralda, debido al crecimiento de la población y a la antigüedad del sistema de suministro mediante agua subterránea, cuyo abastecimiento se interrumpe, afectando la salubridad de la población servida.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La extracción de agua para fructificar en el desierto 70 mil hectáreas, 60% en manos de agroexportadores, supera en dos tercios la recarga natural del acuífero. Fruto de su sobreexplotación, en 2009 fue declarado en veda (061-2008- AG), prohibiendo la excavación de más pozos.

La veda ha generado el robo de agua del acuífero, que pertenece a todos los peruanos.

Las familias que viven en Los Molinos, Trapiche y Pueblo Nuevo solo tienen agua una hora cada dos días. Cada vez que nos acercamos en dirección al sur de nuestra provincia, esta continuidad se reduce hasta lograr una hora a la semana en distritos como Pachacútec o Santiago.

En Pachacútec, una cantidad de pobladores se encuentran rodeados de verdes fundos agroexportadores, 10 mil familias se proveen de un solo pozo. "El agua se provee a las agroexportadoras con referencia a sus requerimientos", sostiene Santos Cerrato de la Cruz, presidente de la Junta de Administración de Agua y Saneamiento (JAAS) de Pachacútec.

En Pueblo Nuevo, 8 pozos bombean agua desde esta población hasta el Fundo Santa Catalina, de Agrokasa. Mientras, toda la población de Pueblo

Nuevo y sus 6 anexos se nutre de un solo pozo que, por falta de presupuesto para su electricidad, está parado durante nuestra visita.

## **1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Espacial**

La investigación tuvo como delimitación espacial el distrito Pueblo Nuevo, Urbanización Valle Esmeralda.

### **1.2.2 Temporal**

Temporalmente se delimita desde el mes de marzo del año 2016 al mes de febrero del año 2017.

## **1.3 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Problema General**

¿En qué medida se ha controlado el desabastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo – Ica, 2017?

### **1.3.2 Problemas Específicos**

¿Cuáles son los factores que ocasionan deficiencia en el sistema de abastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo – Ica, 2017?

¿Qué alternativas de solución se han dado para el sistema de abastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo – Ica, 2017?

## **1.4 Objetivos de la Investigación:**

### **1.4.1 Objetivo General:**

Determinar el mejoramiento de la ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable en la urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo – Ica, 2017.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Identificar los factores que impulsaron en la mejora del sistema de abastecimiento de agua potable.

Identificar las alternativas de solución para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

## **1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **1.5.1 Hipótesis general**

El desabastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo ha sido controlado mediante el mejoramiento de los sistemas de agua potable.

### **1.5.2 Hipótesis específicas**

Los factores que ocasionan deficiencia en el sistema de abastecimiento de agua potable han sido identificados y controlados en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo – Ica, 2017?

Las alternativas de solución propuestas han mejorado el sistema de abastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo – Ica, 2017?

### 1.5.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>SISTEMAS DE AGUA POTABLE</b>	Periodo de diseño	Satisfacción de necesidades Eficiente durante un periodo de años
	Consumo	Consumo por habitante Cantidad de habitantes
	Dotación	Para sistemas con conexiones domiciliarias Para programas de vivienda Para sistemas de abastecimiento indirecto Para habilitaciones de tipo industrial
	Captación	Agua de lluvia Agua superficial Aguas subterráneas
	Calidad del agua	Análisis físico Análisis químico Análisis bacteriológico

## **1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **a) Tipo de Investigación**

El trabajo de investigación pertenece a una investigación aplicada.

Para Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

De acuerdo con la situación a estudiar, se incorpora el tipo de investigación denominado cuantitativo, explicativo, el cual consiste en describir situaciones y eventos, decir cómo es y cómo se manifiesta determinado fenómeno.

#### **b) Nivel de Investigación**

Según su profundidad los niveles de esta investigación corresponde a un nivel descriptivo – evaluativo por cuanto se describirá el fenómeno observado y se explicará las causas que intervienen en el.

### **1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:**

#### **a) Método de investigación**

En la investigación se empleó la metodología basada en el procedimiento deductivo – análisis en el nivel descriptivo evaluativo de los sistemas de mejoramiento de agua potable.

#### **b) Diseño de investigación**

La investigación a ser aplicada es tanto documental, de campo. Se basará en la obtención de datos provenientes de publicaciones, investigaciones y materiales impresos de empresas perforadoras de pozos, asociaciones de investigación en la materia, entre otros.

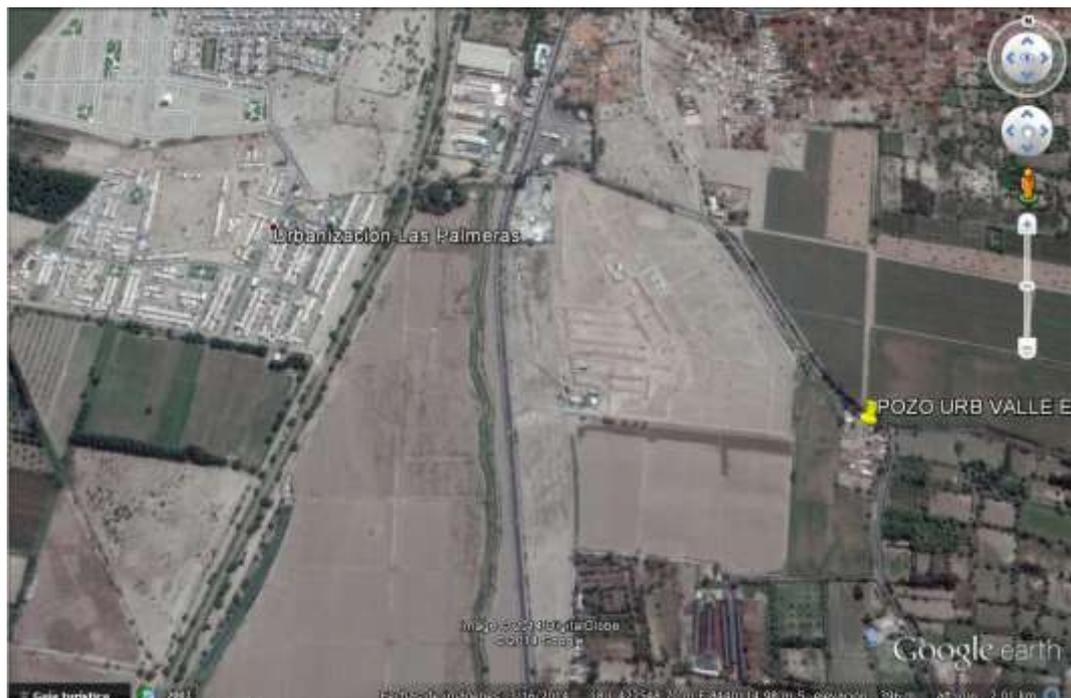
Documental, etapa en la cual se recopila y revisa toda información referente a pozos tubulares, en textos, Internet, normas, folletos, estudios y análisis previamente realizados.

Evaluativa: porque determinará el proyecto de mejoramiento de los sistemas de agua potable en la urbanización Valle Esmeralda de Ica.

### 1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

#### a) Población

La población está constituida por los habitantes de la zona de la urbanización Valle Esmeralda del distrito de Pueblo Nuevo, provincia y departamento de Ica.



#### b) Muestra

La muestra está conformada por 50 usuarios seleccionados al azar quienes darán sus opiniones con respecto a su variable de estudio.

## 1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### a) Técnicas

#### i) Información indirecta

Recopilación de la información existente en fuentes bibliográficas (para analizar temas generales sobre la investigación a realizar), Hemerográficas y estadísticas; recurriendo a las fuentes originales en lo posible: éstas fueron libros, revistas especializadas, periódicos escritos por autores expertos y páginas web de internet.

#### ii) Información directa

Este tipo de información se obtuvo mediante la aplicación de encuestas en muestras representativas de las poblaciones citadas, cuyas muestras fueron obtenidas aleatoriamente; al mismo tiempo, se aplicaron técnicas de entrevistas y de observación directa con la ayuda de una guía debidamente diseñada.

### b) Instrumentos

El cuestionario fue diseñado con preguntas claras, concisas, concretas y correctas; orientadas a la elaboración de una guía, de tal forma que nos permita determinar con rapidez a los usuarios que están estrechamente relacionados con la carrera y están identificados con esta clase de actividades.

La Observación Directa.- Por medio de la observación directa fue posible la evaluación del comportamiento del pozo existente durante las pruebas realizadas y así lo define Sabino. (1992):

“La observación directa consiste en el uso sistemático de nuestros sentidos orientados a la captación de la realidad que queremos estudiar” (p. 116).

### **1.6.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **a) Justificación**

Esta investigación se realiza para lograr valorar los sistemas de agua para dar salida a los inconvenientes de suministro de agua potable debido a la sobreexplotación que perturban a la Urbanización Valle Esmeralda, debido al desarrollo de la ciudad y a la envejecimiento del procedimiento de abastecimiento mediante agua subterránea, cuyo abastecimiento se dificulta, conmoviendo la sanidad de la población involucrada.

#### **b) Importancia**

La importancia de la investigación radica en que con la evaluación se podrá determinar si los pobladores de la urbanización referida se encuentran satisfecho o si aún se debe implementar estrategias para erradicar el problema del desabastecimiento de agua potable, asimismo esta investigación, radica en que contribuirá a orientar a las familias y a la sociedad en la prevención e implementación de medidas adecuadas; así como llegar a conclusiones valiosas y aportes que podrán ser tomadas en consideración por investigaciones futuras.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la presente investigación se buscaron antecedentes investigativos internacionales y nacionales. De ellas por relacionarse con el tema, o con una de las variables de estudio se ha considerado exponer los siguientes:

Alegría (2013), en su Tesis titulada: Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable de la ciudad de Bagua Grande.

El objetivo central del proyecto consiste en disminuir la frecuencia de casos de enfermedades gastro-intestinales, parasitosis y dérmicas. La alternativa solución para el sistema de agua potable de la ciudad de Bagua Grande, propone utilizar las estructuras existentes considerando los periodos óptimos de diseño. Asimismo se realizarán los mejoramientos y ampliaciones que permitan brindar un adecuado servicio.

Considerando el diagnóstico realizado en el ítem 1.6.3 y sobre la base de la viabilidad asignado por la OPI de la Región Amazonas. desde el punto de vista ambiental se llega a la conclusión que la , la ejecución del proyecto no generará impactos negativos en el medio ambiente, muy por el contrario, traerá beneficios positivos en el mismo, contribuyendo a mejorar la salud de la población, la calidad del aire, del agua y del suelo.

- Batres & Flores (2010), en su Tesis titulada: Rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable, diseño de alcantarillado sanitario y de aguas lluvias para el municipio de San Luis del Carmen departamento de Chalatenango. Universidad de el Salvador.

El presente trabajo de graduación tiene como objetivo resolver la problemática existente en el municipio de San Luis del Carmen municipio de Chalatenango en lo referente a:

Agua Potable, Aguas Negras y Aguas Lluvias.

Todo esto con el fin de mejorar la calidad de vida de la población residente en el casco urbano de este municipio. Por lo tanto en este documento se presenta toda la información utilizada para la realización del rediseño de la Red de agua potable, y para el diseño del Alcantarillado sanitario y de aguas lluvias se plasma la teoría relacionada al sistema de Aguas Negras así como también los criterios tomados para el diseño, proporcionando los resultados obtenidos mediante planos en planta y en perfil de los elementos que conforman el sistema, para cada una de las calles del casco urbano del municipio todo lo relacionado al diseño de aguas lluvias, en lo concerniente a fundamentos teóricos; así como las herramientas necesarias para la determinación de la intensidad de lluvia utilizada para la obtención de los caudales de diseño que se usaron para dimensionar cada uno de los componentes del sistema, y se presentan los resultados obtenidos por medio de planos en planta y en perfil por lo cual se llega a los resultados de la prueba físico química y bacteriológica realizada a la fuente El Pital, la cual utilizaremos para el abastecimiento de agua potable, así como los detalles de elementos del sistema de agua potable aguas negras y aguas lluvias, y algunas fotografías de los elementos que tiene el sistema de agua potable existente en el pueblo.

- Benavides, Castro & Vizcaíno (2010), en su Tesis titulada: Optimización del acuerdo por gravedad del municipio de Timaná (Huila).

El presente estudio tiene como objetivo optimizar el acueducto del municipio de Timaná (Huila), diagnosticar las condiciones de funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua con el objeto de optimizarlo, estudiar la disponibilidad en cantidad del agua de las fuentes de abastecimiento diseñar las estructuras del nuevo sistema de abastecimiento de agua, obtener cantidades de obra, costos de ciclo de vida y tiempo de construcción de sistema.

El método utilizado en el presente estudio fue investigación acción. Según Muñoz “Son investigaciones en las que la recopilación de información se realiza enmarcada por el ambiente específico en el que se presenta el fenómeno de estudio” según el mismo autor “En la realización de estas tesis se utiliza un método exclusivo de investigación y se diseñan ciertas herramientas para recabar información que solo se aplican en el medio en el que actúa el fenómeno de estudio; para la tabulación y análisis de la información obtenida, se utilizan métodos y técnicas estadísticas y matemáticas que ayudan a obtener conclusiones formales, científicamente comprobadas.

El presente trabajo nos permitió poner en práctica los conocimientos Teóricos adquiridos en el proceso de formación como Ingenieros Civiles basados en el diagnóstico a las estructuras existentes de captación y conducción como de las características topográficas de la zona, se decidió diseñar nuevas estructuras ya que la vida útil de todo el sistema a finalizado y sus diseños no se ajustan a los parámetro requeridos por la optimización, los nuevos diseños del sistema de abastecimiento cumplen normatividades y parámetros que se contemplan para este tipo de proyectos por lo cual se pretende brindar a la comunidad un mejor sistema de abastecimiento de agua potable más flexible y eficiente con el fin de mejorar la calidad de vida de los usuarios del casco urbano de Timaná (Huila).

- Espejo (2013), en su Tesis titulada: Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio San Vicente, parroquia Nambacola, cantón Gonzanamá. Universidad técnica particular de Loja.

El estudio desarrollado a continuación consiste en la construcción de un sistema de agua potable que brindará el servicio a 55 familias que viven en la comunidad indicada.

Para esto se ha realizado los diseños del sistema de infraestructura hidrológica, ambiental, económica e hidráulica proyectada a 20 años, actualmente la comunidad cuenta con 202 habitantes y en la vida útil del sistema se tendrá una población final de 251 habitantes.

El aporte del estudio de impactos ambientales, se concluye que no existe un impacto negativo de consideración, ya que no afecta ni a la flora, ni a la fauna del ecosistema.

Los parámetros analizados en el estudio técnico económico como son el VAN, TIR y beneficio/costo arrojan resultados favorables para la ejecución del proyecto de agua potable en la comunidad indicada.

- Espinoza (2010), en su Tesis titulada: Planta de tratamiento de aguas residuales en san juan de Miraflores.

El presente estudio tiene como objetivo diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales, que reemplace a las lagunas de estabilización existentes, utilizando el área disponible actual, para su posterior reúso en el distrito de Villa el Salvador, permitiendo así reducir la contaminación por desagües del Océano Pacífico en la bahía de Miraflores y mejorar la salud de la población.

Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales, que reemplace a las lagunas de estabilización existentes, utilizando el área disponible actual, para su posterior reúso en el distrito de Villa El Salvador, permitiendo así reducir la contaminación por desagües del Océano Pacífico en la bahía de Miraflores y mejorar la salud de la población.

El sistema de tratamiento de lagunas de estabilización existente en San Juan presentaba una distribución inadecuada de gastos a las baterías

alta y baja, ya que la estructura derribadora ubicada al ingreso de la planta permite el paso incontrolado de caudal a la batería alta, adicionalmente un gran volumen es derivado hacia la parte alta de las lagunas donde se realiza irrigación con desagües sin tratar por lo tanto debido a los problemas de calidad de efluente, que deriva en problema de olores, la población vecina viene manifestándose que deben reubicarse las actuales lagunas, por tal motivo se requiere una ampliación de la capacidad de tratamiento, con la finalidad de obtener un efluente que cumpla con las normas de descarga vigentes en el país, lo que generará una disminución o desaparición de malos olores y como consecuencia el fin de los reclamos de la población vecina.

- Grace (2014), en su Tesis titulada: Estudio para el mejoramiento de la calidad de agua que producen la planta potabilizadora Aguapen E.P. De la provincia de Santa Elena.

El estudio para el mejoramiento de calidad de agua tiene como propósito dar a conocer los resultados de la investigación que se realiza al agua que se produce en la Empresa Aguapen E. P. de la Provincia de Santa Elena. Se presenta detalles de la temática de las cianobacterias y sus riesgos en las aguas cruda y potable con el objetivo de contribuir a la salud de los consumidores y dar cumplimiento a la norma nacional INEN: 1108 y la norma internacional de la OMS. En sus capítulos iniciales se describen los objetivos, alcance, metodología empleada, marco teórico y marco legal. Posteriormente se realiza un diagnóstico general de la calidad del agua, una descripción del proceso de obtención de agua potable, un diagrama de flujo del proceso y se especifican los equipos y los insumos utilizados por la empresa. Se evalúan los efectos del uso de los productos químicos determinándose la necesidad de poner en marcha la solución propuesta mediante la evaluación del agua potable producida y almacenada en el reservorio de la Planta Potabilizadora Atahualpa. Luego se forja la parte más relevante que comprende la evaluación de los componentes físico-químicos y microbiológicos. Se

realiza un análisis económico y se implementa un Sistema Integrado de Gestión con los respectivos cuadros de interrelación, mapa de proceso y cronograma de ejecución.

- Jaramillo (2008), en su Tesis titulada: Programa de manejo integral acueductos rurales.

El presente trabajo se realiza con el fin de comprender las diferentes problemáticas que presentan los acueductos rurales del municipio de Guática, consta de una investigación, realizada la mayor parte en campo, que sus resultados proporcionan a nivel informativo un modelo conceptual, de las diferentes variables que afectan el sistema de prestación de servicio de agua potable en el sector rural. Este trabajo busca desvanecer la brecha de información con la que no cuentan las administraciones municipales, frente al tema hídrico rural y su interrelación social y económica. Para tal acción se propone un Programa de Manejo Integral de Acueductos en la zona rural del municipio, esta herramienta logra enmarcar la situación actual en que se encuentran los acueductos, mediante una etapa de diagnóstico, la cual consta de un análisis de las diferentes características a nivel ambiental, estructural y de orden organizacional administrativo, en cada asociación comunal, de cada uno de los acueductos pertenecientes al municipio. Esta labor consta de salidas de campo que evaluarán el estado en que se encuentran los acueductos rurales, se utilizaran listas de chequeo que analizan y puntualizan la información, la cual será suministrada por la administración de los acueductos y la comunidad en general. El diagnóstico visualiza los impactos más relevantes en el aspecto ambiental, estructural y los más significativos del manejo administrativo del acueducto, estos impactos se analizan mediante herramientas de prospectiva, ayudando a comprender las interacciones y las repercusiones que cada uno tiene frente a la prestación del servicio. En esta etapa de diagnóstico presentado en el actual documento, se sientan las bases para la generación de un modelo conceptual de la prestación del servicio de acueducto para el sector rural en el municipio de Guática

Risaralda, arrojando consigo, estrategias que permitan su óptimo funcionamiento y propendan por una mejor calidad de vida para los Guatiquenos.

- López (2009), en su Tesis titulada: Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades Santa Fe y Capachal, Píritu, estado Anzoátegui.

En este trabajo se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable de las comunidades de Santa Fe y Capachal. Para tal diseño se realizaron cálculos de hidráulica, estableciéndose como parámetro fijo el número de habitantes a los cuales se les prestará el servicio, determinándose el caudal aproximado que requieren esas comunidades, y así, poder satisfacer las necesidades domésticas de esas poblaciones. Conocido el caudal necesario se estudió la proyección y distribución de la tubería con el fin de determinar las pérdidas que deben vencer las bombas para poder seleccionarlas dependiendo de las especificaciones técnicas del fabricante. Y, por último, simular el sistema con el programa PIPEPHASE 8.1 para poder verificar el funcionamiento del mismo y obtener unos resultados más satisfactorios. En el diseño del sistema se obtuvieron los siguientes resultados: a) Una distribución apropiada del caudal en cada comunidad lo cual garantiza el suministro diario requerido, b) las bombas seleccionadas fueron las centrífugas, debido a que es un tipo de máquina más versátil y puede mover grandes o pequeñas cantidades de agua a una gama muy grande de presiones, de acuerdo al estudio realizado para llevar a cabo esta investigación se tomó en cuenta los datos obtenidos durante la investigación por el trabajo realizado se llega a la conclusión que la red de tuberías propuesta en este trabajo tiene como objetivo principal que el sistema no generara muchas pérdidas de carga ya que estas comunidades no cuentan con una buena red de energía eléctrica, por lo que las bombas no pueden ser de mucha potencia.

- Luna & Espeleta (2009), en su Tesis titulada: Diseño, asesoría, consultoría y mejoramiento de los sistemas electrónicos y de control para los sistemas de acueducto y alcantarillados en el departamento de Cundinamarca.

El proyecto pretende establecer la factibilidad para la creación de una empresa de diseño, Asesoría, Consultoría y Mejoramiento de los Sistemas Eléctricos y de Control para los sistemas de Acueducto y Alcantarillados en el Departamento de Cundinamarca. Estos deben ser de fácil construcción, funcionamiento y mantenimiento. Una de las razones por las cuales se ha desarrollado este proyecto es el impacto ecológico que puede tener. Cada vez se toma mayor conciencia que el agua se está agotando poco a poco y que los cauces naturales que aún persisten cada vez están más contaminados. También se sabe que el promedio de agua dulce ha disminuido con relación a las dos décadas anteriores.

El crecimiento demográfico sumado a la agricultura intensiva, impide actualmente que las fuentes de agua dulce se recuperen y cumplan así su ciclo natural de renovación por lo cual para la realización de este proyecto se empleara los datos obtenidos, se llega a la conclusión que es importante conocer la legislación existente y más importante aún, incorporando las futuras leyes que regularan el manejo ambiental del agua en Colombia.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1 Antecedentes históricos**

La piedra angular de toda población sana es tener acceso al agua potable.

Desde tiempos de la revolución de la agricultura y los inicios de la vida sedentaria en los años 9.000-10.000 A. de C., comenzaron los primeros esfuerzos por controlar el caudal de agua, proveniente de manantiales, fuentes y arroyos. Y a partir del segundo milenio A. de C., en las antiguas ciudades, el suministro de agua es mediante gravedad, con tuberías o canales y sumideros.

Tales sistemas de abastecimiento no distribuían agua a viviendas individuales, sino que a un lugar central desde el cual la población podía llevarla a sus hogares. Estos sistemas eran con frecuencia inadecuados y apenas cubrían las modestas demandas sanitarias, por lo que nace la construcción de acueductos para transportar agua desde fuentes lejanas.

Luego de la caída del Imperio romano, se dio comienzo a una época de retroceso en la tecnología hídrica, lo que provocó que el saneamiento y la salud pública sufrieran un declive en Europa. Eran tales las condiciones sanitarias, que el agua suministrada estaba contaminada, había desechos de animales y humanos en la calles, y las aguas servidas se arrojaba por las ventanas a las calles, sobre los transeúntes. Como resultado, se originan terribles epidemias que provocaron estragos en Europa.

Hasta mediados del siglo XVII, los materiales de construcción utilizados en redes para el suministro de agua eran tuberías hechas de madera, arcilla o plomo, que apenas lograban resistir bajas presiones, sin embargo las redes generalmente estaban instaladas de acuerdo con la línea del gradiente hidráulico.

Con la inserción del hierro fundido en la construcción, las redes de distribución de agua potable se instalan con tuberías de este material, además, gracias a su bajo costo y al avance en nuevos métodos de elevación de agua, se hizo posible que el vital elemento llegara a cada residencia, no solo a los considerados ricos como ocurría en la antigüedad.

A pesar de los nuevos desarrollos en tecnología en los sistemas de suministro de agua potable, con el explosivo crecimiento de las ciudades, los residuos generados en estas, comenzaron a contaminar tanto sus propias fuentes de abastecimiento como las de otras ciudades.

Entonces, ya no sólo se comienza a desarrollar nuevas tecnologías para el mejoramiento de las redes, sino que además, comienza la preocupación por la protección de la salud de los consumidores con métodos de tratamiento para las aguas.

Recién en el año de 1900 aproximadamente, se dio inicio a la aplicación de tratamientos en las ciudades, en que fueron puestos en uso los filtros, que redujeron fuertemente las enfermedades provocadas por ingerir agua potable, aunque con la introducción de la desinfección con cloro, aumentó enormemente la eficacia de los tratamientos en el agua potable.

### **2.2.2. Agua potable en el Perú.**

Según Agüero, El agua y saneamiento son factores importantes que contribuyen a la mejora de las condiciones de vida de las personas.

Lamentablemente, no todos tenemos acceso a ella. Las más afectadas son las poblaciones con menores ingresos. Según revelan cifras actuales, en el Perú existen 7.9 millones de pobladores rurales de los cuales 3 millones (38%) no tienen acceso a agua potable y 5.5 millones (70%) no cuentan con saneamiento.

Consecuencias negativas sobre el ambiente y la salud de las personas y, en los niños y niñas el impacto es tres veces mayor.

En el futuro esta situación se agravará. Para el 2025 se prevé la escasez de agua en 48 países y uno de ellos es el Perú. Recibimos una debilidad histórica de los años 1990 al 2002 por los limitados recursos económicos y el lento aprendizaje de parte de los diferentes gobiernos. No se entendió la importancia del tema de agua y saneamiento y no se abordó de manera integral el componente educativo y el fortalecimiento organizacional de los modelos de gestión comunitaria.

Ante esta debilidad histórica, fueron principalmente las ONGs y las entidades de cooperación al desarrollo, las que implementaron proyectos que llenaban estos vacíos y en la práctica hicieron incidencia en las políticas de intervención.

En los últimos 5 años y con el financiamiento del Banco Mundial, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento a través del Programa Nacional de Agua Potable y Saneamiento Rural (PRONASAR), viene implementando masivamente proyectos de agua y saneamiento con Operadores Regionales.

Dentro de sus actividades incorpora los componentes de Infraestructura, Educación Sanitaria, Gestión de las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) y fortalecimiento a la unidad técnica municipal (UTM).

En el caso de comunidades rurales que se encuentran aisladas geográficamente, es necesario determinar alternativas de diseño y analizar costos, tomando en cuenta la condición de difícil acceso.

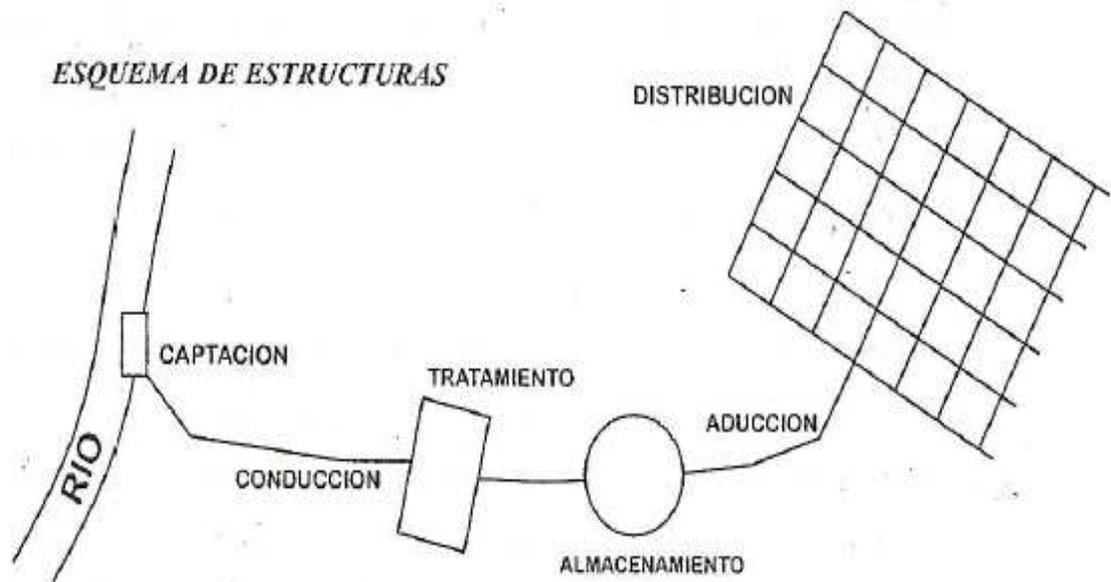
### **2.2.3 Abastecimiento de agua potable**

Un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de obras que permiten que una comunidad pueda obtener el agua para fines de consumo doméstico, servicios públicos, industrial y otros usos. Consiste en proporcionar agua a la población de manera eficiente considerando la calidad (desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico), cantidad, continuidad y confiabilidad de esta.

#### **Componentes de un sistema de abastecimiento de agua:**

- a. Fuente de abastecimiento
- b. Captación
- c. Conducción
- d. Tratamiento
- e. Almacenamiento
- f. Aducción
- g. Distribución

**Figura N° 01: Componentes de un sistema de abastecimiento de agua**



*Fuente: Vierendel, Abastecimiento de agua y alcantarillado*

### 2.2.3. 1 Diseño básico de diseño

Un sistema de abastecimiento de Agua Potable está conformado por una serie de estructuras (captación, conducción, tratamiento, almacenamiento, aducción y distribución) diseñadas adecuadamente según la función que desempeñan de acuerdo con los diferentes parámetros:

- a. Periodo de diseño
- b. Consumo y dotación
- c. Población
- d. Área de diseño

#### a. Periodo de diseño

En el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, es necesario establecer la vida útil de todos los elementos integrantes

del sistema es decir que se debe precisar hasta qué punto estos componentes pueden satisfacer las necesidades futuras de la población.

El período de diseño sería entonces el tiempo para el cual diseñamos una obra, dónde este sea útil y eficiente en una cantidad de años.

### **Existen dos criterios para determinar el período de diseño:**

- a) Población-tiempo: Esto nos indica que debemos asumir población para luego calcular el tiempo en que se alcanzara esa población.
- b) Tiempo-población: Asumiremos un período de tiempo para luego calcular la población que se alcanzará al final de este tiempo.

### **Métodos para el cálculo de la población**

La población futura de una ciudad puede ser calculada mediante 2 métodos:

- a). Método racional
- b). Método analítico

#### **Método racional**

En realidad, este método es el más lógico puesto que toma en cuenta todos los factores que influyen en el crecimiento de las poblaciones. Entre estos factores, podrían considerarse la zona de ubicación de la ciudad, aspectos comerciales, industriales o agrícolas con que cuanta la zona (potencial económico).

Para aplicar el método racional, debemos tener en cuenta algunos criterios como son:

- Crecimiento vegetativo del pueblo. Está referida a la diferencia de nacimientos y muertes que se presentan anualmente (natalidad y mortalidad). Este crecimiento vegetativo depende esencialmente del factor sanitario, pues estas instalaciones

sanitarias con la que cuente la ciudad tendrán la influencia en la morbilidad y mortalidad, especialmente en la niñez. Estos datos de mortalidad y natalidad los obtendremos en cada municipalidad distrital y la morbilidad en las postas sanitarias u hospitales.

- Migraciones. La población de una ciudad no permanece fijo; sino que tiene capacidad de movimiento, así la juventud sale de su terruño en busca de centros de instrucción como son: institutos superiores, universidades, etc., las personas mayores a 18 años salen en busca de trabajo o de mejores condiciones de vida, esto hace de que muchas veces la población solo está constituida de niños y ancianos y no aumente la población real. También influyen las políticas como la reforma agraria que hizo que el pueblo (que por lo general se dedicaba a la agricultura) tuviera que abandonar el campo para ir a las urbes. Otra fuerza fue la época del terrorismo que hizo que el pueblo abandonara su terruño para refugiarse en las grandes ciudades.

- Población flotante. Esto se refiere a personas que se instalan en un lugar por periodos pequeños debido a alguna atracción en el lugar, por ejemplo en la época veraniega en Ancón y todos los balnearios en general son poblados con gente en busca de distracción en el mar, pero en realidad durante el resto del año esta gente permanece en sus hogares en el cual realizan su vida cotidiana y así abandonan las zonas veraniegas dejándolas despobladas.

Existen otros núcleos humanos que son atraídos por motivos de fe religiosos así tenemos el caso de Muruhuay en la ciudad de Tarma y, en otros casos, la población es atraída por el turismo es el caso del Cuzco.

En resumen, debemos hacer un examen de todos los factores que pueden influir en el crecimiento poblacional, de esta manera el cálculo de la población será igual:

$$P = (N+I) - (D+E) + Pf$$

Donde:

P = Población

N = Nacimientos

D = Defunciones

I = Inmigraciones

E = Emigraciones

Pf = Población flotante

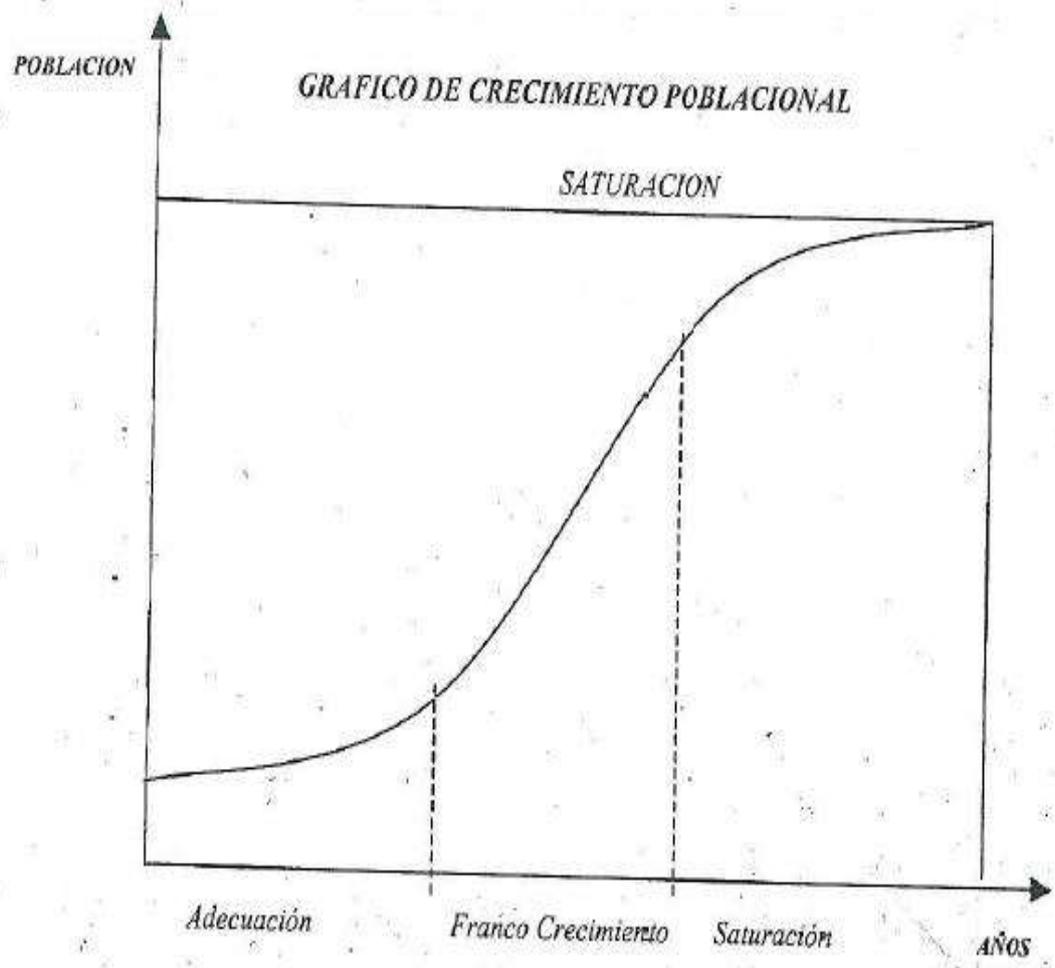
### **Método Analítico**

Consiste en determinar una ecuación analítica que demuestre la curva de crecimiento de una población. Antes deberemos tener en cuenta que la población presenta tres etapas en su crecimiento, representadas por una curva llamada curva de crecimiento.

La primera etapa se inicia al momento de establecerse en un lugar y empieza a adecuarse tanto en modus-vivendi como en la construcción de sus viviendas y las actividades se desarrollan en forma independiente, la actividad agrícola, ganadera, industrias, comercios, etc.

Una vez asentada la población, en dicho lugar, comienza un segundo periodo, el del franco crecimiento en que la población crece como una línea recta para luego llegar a un tercer período que es la saturación en que la población crece en forma parabólica y luego haciéndose asíntota hacia la recta horizontal de saturación.

**Figura N° 02: Crecimiento poblacional**



*Fuente: Dr. Ing. Próspero Moya Sáliga, abastecimiento de Agua potable y Alcantarillado, Primera edición*

AB: Crecimiento temprano (índice creciente), la curva es parabólica.

BC: Crecimiento intermedio (índice constante – franco crecimiento), línea recta.

CD: Crecimiento tardío (índice decreciente – Saturación), curva parabólica y asintótica.

### **i. Método aritmético**

Este método considera el crecimiento de la población igual a una línea recta y por consiguiente se está adecuando al periodo de franco crecimiento.

Ecuación de una recta:

$$y=A+Bx$$

$$r = P - P_o / (t - t_o)$$

Donde:

P = Población a calcular.

P<sub>o</sub> = Población actual

r = Razón de crecimiento, constante

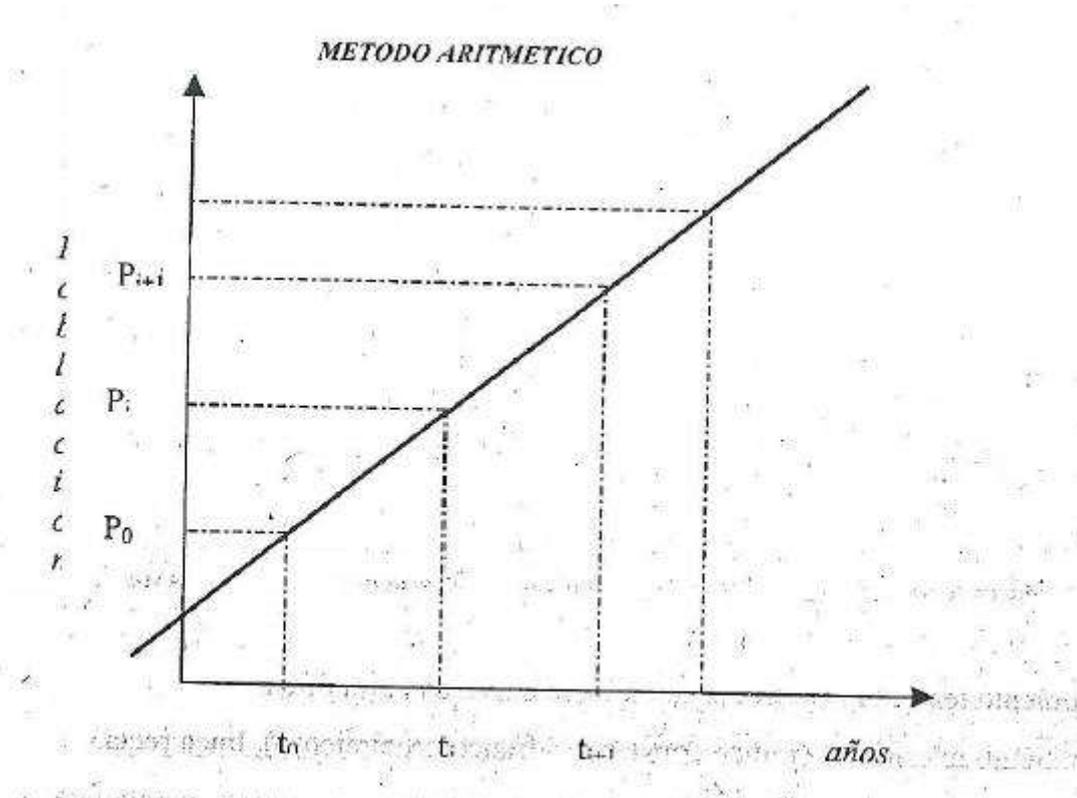
t = Tiempo futuro o tiempo a calcular.

t<sub>o</sub> = Tiempo inicial o actual.

Obteniendo con el valor de los censos r<sub>i</sub> y luego promediándolos tendremos el valor de r (media aritmética de los valores de r).

$$r = (\sum.r)/n$$

**Figura Nº 3: Método aritmético**



*Fuente: Dr. Ing. Próspero Moya Sázciga, abastecimiento de agua potable y Alcantarillado, Primera edición*

**ii. Método de interés simple**

Se considera el crecimiento de la población como el crecimiento de un capital colocado a un interés simple y tendremos la ecuación de una línea recta.

$$P = P_0 [1 + r (t-t_0)];$$

$$P = P_0 + rP_0 (t-t_0); \text{ también es la fórmula de la línea recta } y = A + Bx;$$

$$r = (P_{i+1} - P_i) / (P_i (t - t_0))$$

Donde:

P = Población a calcular

P<sub>0</sub> = Población actual

r = Razón de crecimiento, constante

t = Tiempo futuro o tiempo a calcular

$t_0$  = tiempo inicial o actual

Obteniendo con el valor de los censos  $r_i$ ,  $r_{i+1}$ ,  $r_{i+2}$ ,  $r_{i+3}$  y luego promediándoles tendremos el valor de  $r$  (media aritmética de los valores de

$r$ ).

$$r = (\sum.r)/n = (r_i + r_{i+1} + r_{i+2} + r_{i+3})/4$$

### iii. Método de interés compuesto o método geométrico

Considera que el crecimiento de una población es semejante al crecimiento de un capital colocado a un interés compuesto; esto se emplea en el periodo de adecuación o saturación (la curva es parabólica).

$P = P_0 * r(t-t_0)$  ; si despejamos el valor de  $r$ , tendremos:

$r = (t-t_0)\sqrt[n]{P_{i+1}/P_i}$  ; reemplazando los valores de los censos hallaremos para cada uno de estos un  $r_i$ , a los cuales calcularemos la media geométrica para obtener  $\hat{r}$ ;

$$\hat{r} = \sqrt[n]{r_i \times r_{i+1} \times r_{i+2} \times \dots \times r_n}$$

### iv. Método de la ecuación de segundo grado

$$y = Ax^2 + Bx + C;$$

Donde:

$y$  = Población a calcular.

$A, B, C$  = constantes.

$x$  = intervalos de tiempo.

Para el desarrollo de este método, se escogen tres datos de los censos existentes, siendo uno de ellos la fecha de inicio. El método consistirá en obtener en base a tres censos el valor de las constantes  $A, B, C$  y para

obtener las poblaciones futuras se aplicara la formula siendo Y la población futura y X el año futuro contados a partir del año con que se obtuvo la formula.

#### **v. Método exponencial**

Este método utiliza tres datos que estén en lapsos de tiempos iguales.

$$P = k (t-t_0)^n$$

Donde k y n son constantes.

Como no existe el valor de la población en el año 71, esto deberá obtenerse interpolando.

Digamos que si tenemos censos realizados en los años 40, 61, 72,81; como no existe el valor de la población en el año 71, esto deberá obtenerse interpolando. Así tendremos:

$$61 - P_{61}$$

$$71 - P_{71}$$

$$81 - P_{81}$$

Reemplazando en la fórmula se tendrá:

$$P_{71} = k \times 10^n$$

$P_{81} = k \times 20^n$ : del cual podemos hallar las incógnitas k y n; y así obtendremos una curva parabólica.

#### **vi. Método de incremento de variables**

Es un método de variación de tendencias poblacionales. Para este método los datos deberán pertenecer a periodos iguales, sino fuese así se obtendrán mediante una interpolación lineal.

**Tabla N° 01: Método de incrementos de variables**

Población	Incremento poblacional $\Delta 1$	Segundo incremento $\Delta 2$
A	-	-
B	$b - a$	-
C	$c - b$	$(c-b)-(b-a)$
D	$d - c$	$(d-c)-(c-b)$
E	$e - d$	$(e-d)-(d-c)$
F	$f - e$	$(f-e)-(e-d)$
g	$g - f$	$(g-f)-(f-e)$
	$\Sigma\Delta 1=g-a$	$\Sigma\Delta 2=(g-f)-(b-a)$

Fuente: Dr. Ing. Próspero Moya Sázciga, *abastecimiento de agua potable y alcantarillado*, Primera edición.

$$\Sigma\Delta 1 \text{ promedio} = \Sigma\Delta 1 / n - 1 = \Delta 1$$

$$\Sigma\Delta 2 \text{ promedio} = \Sigma\Delta 2 / n - 2 = \Delta 2$$

Por ejemplo:  $P_n$  población actual y queremos las poblaciones futuras cada 10 años  $P_r$ ,  $P_s$ ,  $P_t$ ;

$$P_n$$

$$P_r = P_n + \Delta 1$$

$$P_s = P_r + \Delta 1 + \Delta 2 = P_n + 2\Delta 1 + \Delta 2$$

$$P_t = P_s + \Delta 1 + 2\Delta 2 = P_n + 3\Delta 1 + \Delta 2 + 2\Delta 2; \text{ y se generalizaría}$$

$$P_t = P_n + n_1\Delta 1 + (1+2+3+\dots+n_1) \Delta 2$$

$n_1$  = número de poblaciones futuras.

Si luego queremos obtener las poblaciones futuras en base a una población actual.

$$P_{71} = k \times 10n$$

$$P_{81} = k \times 20n$$

### vii. Método normal logístico

Se basa en que toda población posee una población de saturación que cuando lo alcanzan dejan de crecer, es decir es utilizado el método para el periodo cercano a la saturación.

Esta teoría nace de la experiencia que se obtienen de los laboratorios con medios de cultivo en que se siembran bacterias y se ve el crecimiento de la población bacteriana y se infiere que la población humana seguirá la misma forma de crecimiento.

$$P_f = P_s / (1 - e^{-a+bt})$$

Donde:

$P_f$  = Población futura.

$P_s$  = Población de saturación.

$t$  = Tiempo de población futura en décadas.

$a$  y  $b$  = Constantes.

Para aplicar este método se requieren tres datos que son los últimos, con poblaciones equidistantes en el tiempo.

$P_0$  = Población en el tiempo  $t_0$   $t_0 = 0$

$P_1$  = Población en el tiempo  $t_1$   $t_1 = d$  (década)

$P_2$  = Población en el tiempo  $t_2$   $t_2 = 2d$  (década)

Reemplazando estos valores en la fórmula:

$$P_f = P_s / (1 - m) \text{ si hacemos } m = e^{-a+bt}$$

Despejando  $m$ ,  $m = P_s/P_f - 1$ , luego

$$m_0 = P_s/P_0 - 1$$

$$m_1 = P_s/P_1 - 1$$

$$m_2 = P_s/P_2 - 1$$

Por otra parte

$$\text{Cuando } t = 0 \text{ } m_0 = e^{-a}$$

$$t = n \text{ } m_1 = e^{-a+bn}$$

$$t = 2n m_2 = ea+bn$$

De donde:

$$m_1/m_0 = ebn$$

$$m_2/m_1 = ebn; \text{ osea que: } m_1/m_0 = m_2/m_1$$

De donde  $m_2$

$$1 = m_0 \times m_2$$

Reemplazando valores:

$$(P_s/P_1 - 1)^2 = (P_s/P_0 - 1) (P_s/P_2 - 1)$$

Desarrollando la ecuación y despejando  $P_s$ :

$$P_s = [2P_0P_1P_2 - P_1^2(P_0 + P_2)]/P_0P_2 - P_1^2$$

Las constantes a y b expresadas en función de logaritmos.

$$a = \ln (P_s/P_0 - 1); b = \ln [P_0 (P_s - P_1)/P_1 (P_s - P_0)]$$

Este método debe aplicarse a poblaciones que están cercanas a la saturación. La condición de aplicación de este método es:

a)  $P_0P_2 \leq P_1^2$

b)  $P_0 + P_2 > 2P_1$

## b. Consumo y dotación

**Consumo:** En el diseño de un abastecimiento de agua potable el factor esencial es el conocimiento de la cantidad de agua que se necesita para atender a una población del cual dependerá del:

- Consumo por habitante.
- Cantidad de habitantes a considerar.

El consumo por habitante por día se expresa en litros por persona y por día lts/hab/día a la cual se le denomina dotación.

**Dotación:** Es la cantidad de agua en promedio que consume cada habitante y que comprende todos los tipos de consumo en un día promedio anual, incluyendo las pérdidas físicas en el sistema.

Consumo = Dotación x N° habitantes (lts/día o m<sup>3</sup>/día) Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificara su ejecución.

**Tabla N° 02: Dotación**

<b>Tipo</b>	<b>Clima</b>	<b>Dotación (lts/hab/día)</b>
Para sistemas con Conexiones domiciliarias.	Clima frío. Clima templado o cálido.	180 220
Para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m <sup>2</sup> .	Clima frío. Clima templado o cálido.	120 150
Para sistemas de abastecimiento indirecto por surtidores para camión cisterna o piletas públicas	Clima frío. Clima templado o cálido.	30 y 50 30 y 50
Para habilitaciones tipo Industrial	Clima frío. Clima templado o cálido.	Debe determinarse de acuerdo con el uso en el proceso industrial, debidamente sustentado.
Para habilitaciones tipo comercial	Clima frío. Clima templado o cálido.	Se aplicará la norma IS.010 Instalaciones Sanitarias para Edificaciones.

*Fuente: Reglamento nacional de edificaciones ,2006.*

### **Consumo Promedio Diario (caudal Promedio –Qp)**

Se define como el promedio de los consumos diarios durante un año, esta expresado en lt/s.

Así tenemos:

$$Q_p = \text{Población (hab)} \times \text{Dotación (lts/hab/día)} / 86400$$

### **Variaciones del consumo**

El consumo de agua potable, en una población, sufre variaciones debido a las actividades, hábitos, condiciones de la ciudad, clima, costumbre, etc.

Este consumo varía de año en año, varía durante los meses del año, varía durante los días del mes y durante las horas del día.

### **Variaciones diarias**

La variación que sufre el consumo durante los días del año es importante pues las estaciones tienen una influencia grande en el consumo. Así en el verano el consumo de agua aumenta mientras que en el invierno disminuye.

### **Consumo Máximo Diario (Qmax Diario):**

Se define como el día de máximo consumo de una serie de registros durante los 365 días del año.

El consumo máximo diario se puede relacionar con el caudal promedio, obteniéndose así la siguiente expresión:

$$Q_{\text{max Diario}} = 1,3 \times Q_p$$

### **Variaciones horarias**

Existe una variación del consumo en las 24 horas del día y depende bastante entre el modo de vida y el tamaño de la población; en poblaciones pequeñas en las que las costumbre son similares (al levantarse, al almorzar, dormir, etc. Que son actividades realizadas a la

misma hora) el consumo máximo horario es grande, mientras que en las ciudades grandes, la costumbre de los pobladores son distintas (por ejemplo hay personas que trabajan de noche y duermen durante el día) entonces el consumo máximo horario es menor.

### **Consumo máximo horario (Qmax Horario):**

Se define como la hora de máximo consumo. El consumo máximo horario está relacionado respecto al caudal promedio.

$$Q_{\text{max Horario}} = K_2 \times Q_p$$

$$K_2 = \text{Varía entre } 1,8 \text{ a } 2,5$$

Este coeficiente  $K_2$  varía según el tamaño de la población, así tendremos para poblaciones de 2,000 a 10,000 hab.  $K_2$  se considerara igual 2,5; en cambio para poblaciones mayores a 10,000 hab. Se tomara  $K_2$  igual a 1,8.

### **2.2.3.2 Fuentes de abastecimiento de agua potable**

Las fuentes de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y antes de dar cualquier paso es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad. De acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento así como a la topografía del terreno, se consideran dos tipos de sistemas: los de gravedad y los de bombeo.

En los sistemas de agua potable por gravedad, la fuente de agua debe estar ubicada en la parte alta de la población para que el agua fluya a través de tuberías, usando solo la fuerza de la gravedad.

En los Sistemas de agua potable por bombeo, la fuente de agua se encuentra localizada en elevaciones inferiores a las poblaciones de consumo.

Siendo necesario transportar el agua mediante sistemas de bombeo a reservorios de almacenamiento ubicados en elevaciones superiores al Centro poblado.

Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, es importante seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para abastecer de agua en cantidad suficiente a la población.

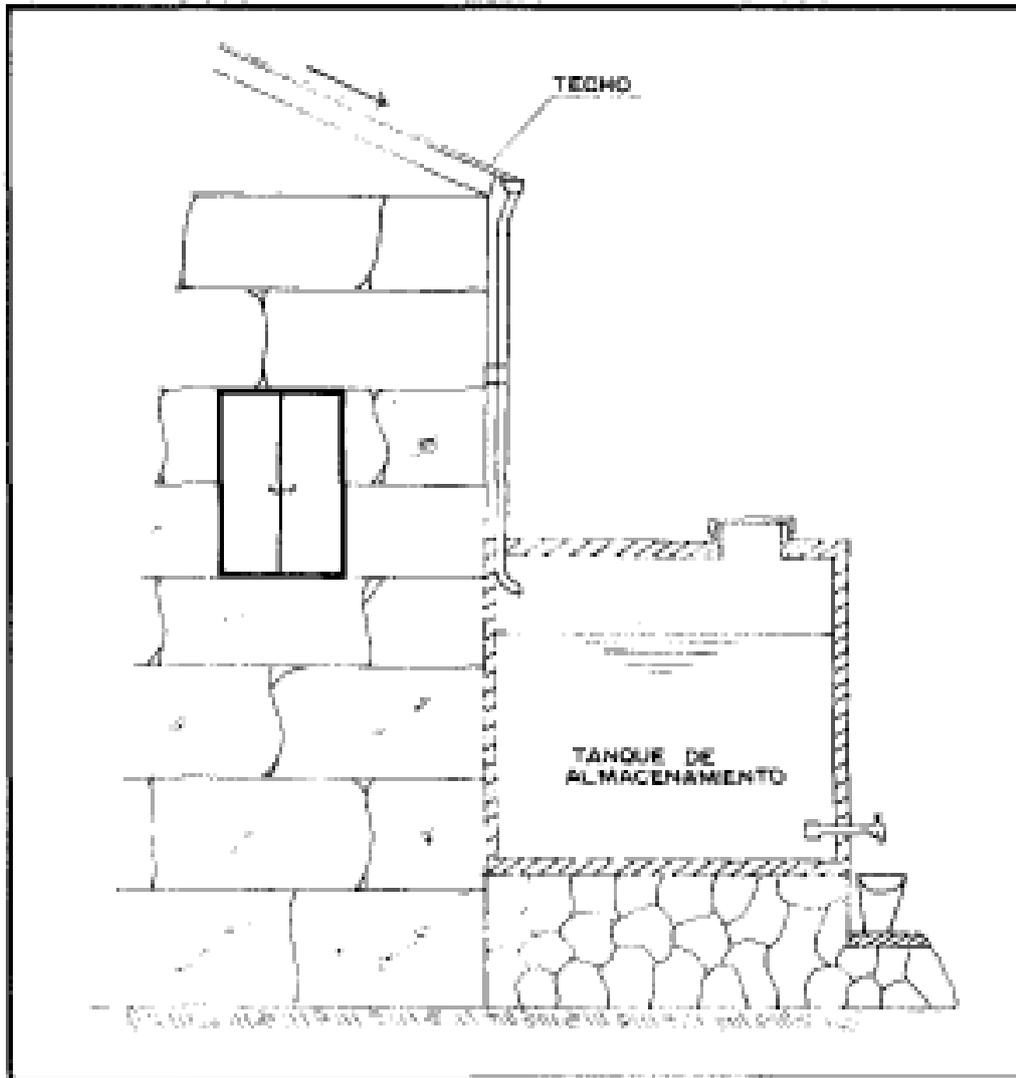
De acuerdo con la forma de abastecimiento se consideran tres tipos principales de fuente: aguas de lluvia, aguas superficiales y aguas subterráneas.

#### a) Aguas de lluvia

La captación de agua de lluvia se emplea en aquellos casos en los que no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas de buena calidad y cuando el régimen de lluvias sea importante. Para ello se utilizan los techos de las casas o algunas superficies impermeables para captar el agua y conducirla a sistemas cuya capacidad depende del gasto requerido y del régimen pluviométrico. En la Figura 4, se muestra la captación del agua de lluvia mediante el techo de una vivienda.

En los sistemas de agua potable por gravedad, la fuente de agua debe estar ubicada en la parte alta de la población para que el agua fluya a través de tuberías, usando solo la fuerza de la gravedad.

**Figura N° 04: Captación de agua de lluvia**



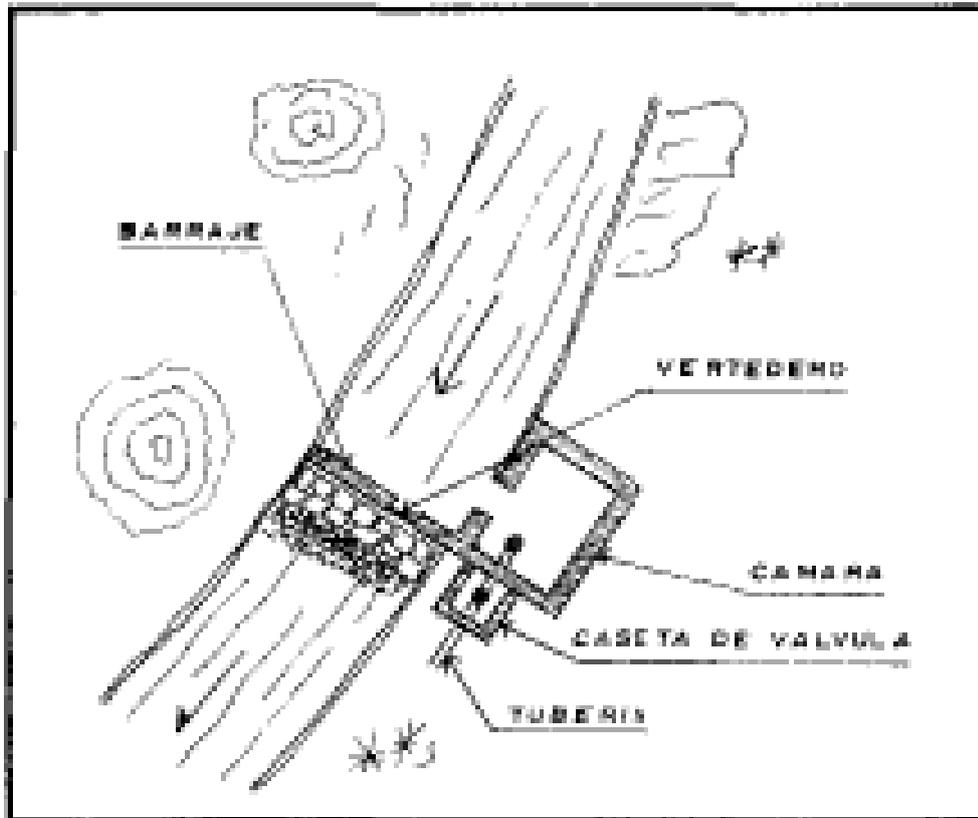
Fuente:

[http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/agua\\_potable/agua\\_potable4.pdf](http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/agua_potable/agua_potable4.pdf)

b) Aguas superficiales

Las aguas superficiales están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc. que discurren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas abajo. Sin embargo a veces no existe otra fuente alternativa en la comunidad, siendo necesario para su utilización, contar con información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua (ver figura 05).

**Figura N° 05: Captación de agua superficial**



Fuente:

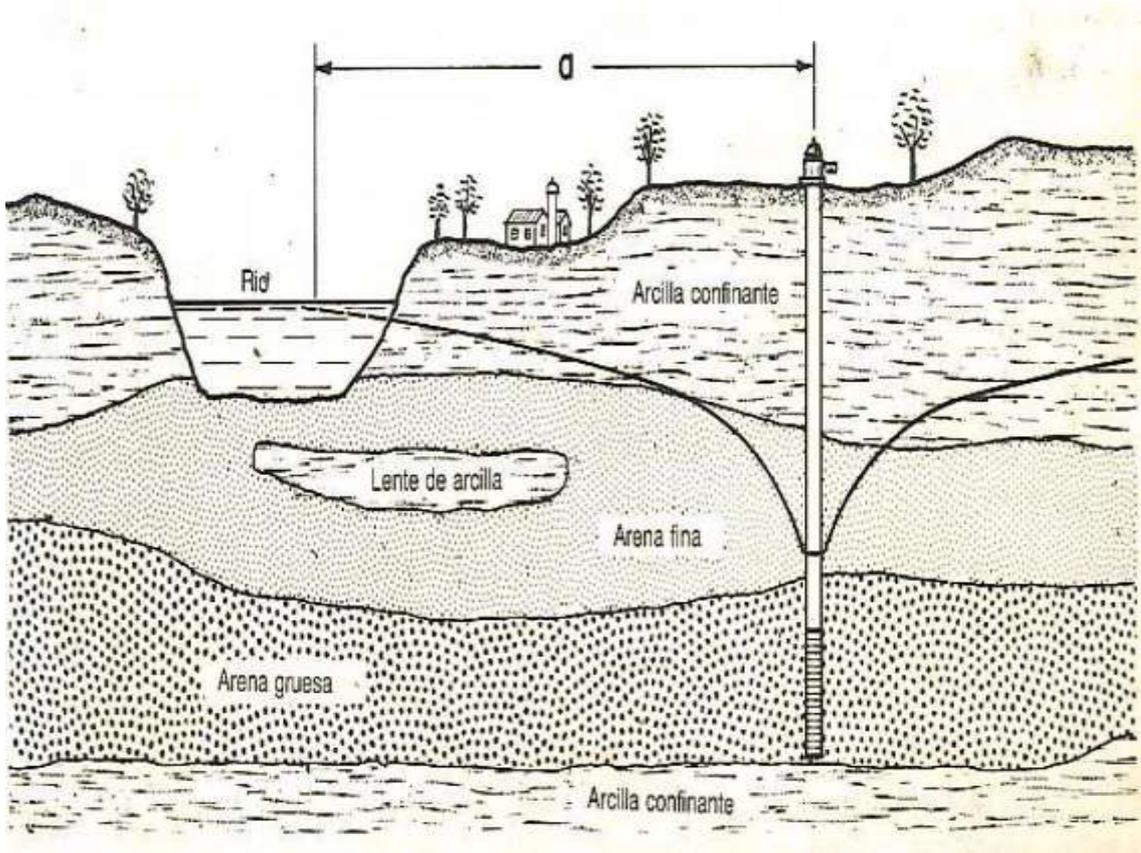
[http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/agua\\_potable/agua\\_potable4.pdf](http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/agua_potable/agua_potable4.pdf)

### c) Aguas subterráneas

Parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de estas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos (excavados y tubulares). En la Figura 06, se observa una de las muchas formas de aprovechamiento del agua subterránea con fines de consumo humano.

**Figura N° 06: Captación de agua subterránea**



*Fuente: Edward Johnson, El agua subterránea y los pozos, primera edición*

### 2.2.3.3 Selección de la fuente de abastecimiento

En la mayoría de poblaciones rurales existen dos tipos de fuentes de agua: superficial y subterránea. La primera representada por las quebradas, riachuelos y ríos, que generalmente conduce agua contaminada con la presencia de sedimentos y residuos orgánicos; siendo necesario plantear para su captación un sistema de tratamiento, que implica la construcción de obras civiles como bocatomas, desarenadores, cámaras de filtros e instalación de sistemas de cloración.

Plantear dicha alternativa representa un costo elevado y en la mayoría de centros poblados rurales del país esta propuesta no tiene resultados

satisfactorios debidos principalmente al mantenimiento que requiere el sistema.

La segunda alternativa representada por la captación por pozos localizados en agua de buena calidad.

#### **2.2.3.4 Cantidad de agua**

La mayoría de sistemas de abastecimientos de agua potable en las poblaciones rurales de nuestro país, tiene como fuente los manantiales. La carencia de registros hidrológicos nos obliga a realizar una concienzuda investigación de las fuentes. Lo ideal sería que los aforos se efectuaran en la temporada crítica de rendimientos que corresponde a los meses de estiaje y lluvias, con la finalidad de conocer los caudales mínimos y máximos.

El valor del caudal mínimo debe ser mayor que el consumo máximo diario (Qmd) con la finalidad de cubrir la demanda de agua de la población futura.

Se recomienda preguntar a los pobladores de mayor edad acerca del comportamiento y las variaciones de caudal que pueden existir en el manantial, ya que ellos conocen con mayor certeza si la fuente de agua se seca o no.

Existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados en los proyectos de abastecimiento de agua potable en zonas rurales, son los métodos volumétrico y de velocidad-área.

El primero es utilizado para calcular caudales hasta un máximo de 10 11% y el segundo para caudales mayores a 10 11s.

### 2.2.3.5 Calidad del agua

El agua potable es aquella que al consumirla no daña el organismo del ser humano ni daña los materiales a ser usados en la construcción del sistema.

Los requerimientos básicos para que el agua sea potable, son:

- Estar libre de organismos patógenos causantes de enfermedades.
- No contener compuestos que tengan un efecto adverso, agudo o crónico sobre la salud humana.
- Ser aceptablemente clara (por ejemplo: baja turbidez, poco color, etc.).
- No salina.
- Que no contenga compuestos que causen sabor y olor desagradables.
- Que no cause corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento de agua, y que no manche la ropa lavada con ella.

En cada país existen reglamentos en los que se consideran los límites de tolerancia en los requisitos que debe satisfacer una fuente. Con la finalidad de conocer la calidad de agua de la fuente que se pretende utilizar se deben realizar los análisis físico, químico y bacteriológico, siendo necesario tomar muestras de agua siguiendo las instrucciones que se dan a continuación.

#### **Toma de muestra para el análisis físico y químico:**

- Limpiar el área cercana al manantial eliminando la vegetación y cuerpos extraños, en un radio mayor al afloramiento.
- Ubicar el ojo del manantial y construir un embalse lo más pequeño posible utilizando para el efecto material libre de vegetación y dotarlo, en su salida, de un salto hidráulico para la obtención de la muestra.

- Retirar los cuerpos extraños que se encuentran dentro del embalse.
- Dejar transcurrido un mínimo de 30 minutos entre el paso anterior y la toma de muestra.
- Tomar la muestra en un envase de vidrio de boca ancha.
- Enviar la muestra al laboratorio lo más pronto posible, con tiempo límite de 72 horas.

### **Toma de muestra para el análisis bacteriológico:**

- Utilizar frascos de vidrio esterilizados proporcionados por el laboratorio.
- Si el agua de la muestra contiene cloro, solicitar un frasco para este propósito.
- Durante el muestreo, sujetar el frasco por el fondo, no tocar el cuello ni la tapa.
- Llenar el frasco sin enjuagarlo, dejando un espacio de un tercio (1/3). De aire.
- Tapar y colocar el capuchón de papel.
- Etiquetar con claridad los datos del remitente, localidad, nombre de la fuente, punto de muestreo, el nombre el muestreado y la fecha de muestreo.
- Enviar la muestra al laboratorio a la brevedad posible de acuerdo a las siguientes condiciones:
  - 1 a 6 horas sin refrigeración.
  - 6 a 30 horas con refrigeración

**Tabla N° 03: Sustancias y propiedades que influyen sobre la aceptabilidad del agua para usos domésticos**

CONCENTRACIÓN O PROPIEDAD	CONCENTRACIÓN MÁXIMA DESEABLE	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ADMISIBLE
SUSTANCIAS	5 unidades	50 unidades
Decolorantes (coloración)		
SUSTANCIAS Olorosas	ninguna	ninguna
SUSTANCIAS QUE DAN SABOR	ninguna	ninguna
MATERIAS EN SUSPENSIÓN (Turbidez)	5 unidades	25 unidades
SÓLIDOS TOTALES	500 mg/l	1500 mg/l
p.H.	7.0 a 8.5	6.5 a 9.2
DETERGENTES ANIÓNICOS	0.2 mg/l	1.0 mg/l
ACEITE MINERAL	0.001 mg/l	0.30 mg/l
COMPUESTOS FENÓLICOS	0.001 mg/l	0.002 mg/l
DUREZA TOTAL	2 m Eq/l (100mg/lCaCO <sub>3</sub> )	10 m Eq/l (500mg/lCaCO <sub>3</sub> )
NITRATOS (NO <sub>3</sub> )	—	45 mg/l
CLORUROS (en Cl)	200 mg/l	600 mg/l
COBRE (en Cu)	0.05 mg/l	1.5 mg/l
CALCIO (en Ca)	75 mg/l	200 mg/l
HIERRO (en Fe)	0.1 mg/l	1.0 mg/l
MAGNESIO (en Mg)	30 mg/l	150 mg/l
MANGANESO (en Mn)	0.05 mg/l	0.5 mg/l
SULFATO (en SO <sub>4</sub> )	200 mg/l	400 mg/l
ZINC (en Zn)	5.0 mg/l	15 mg/l

Fuente: OMS- Ministerio de Salud (1972)

**Tabla N° 04: Límites provisionales para las sustancias tóxicas en el agua potable**

SUSTANCIA		CON CONCENTRACIÓN MÁXIMA mg/l
ARSÉNICO	(en As)	0.05
CADMIO	(en Cd)	0.01
CIANURO	(en Cn)	0.05
MERCURIO TOTAL	(en Hg)	0.001
PLOMO	(en Pb)	0.1
SELENIO	(en Se)	0.01

*Fuente: OMS- Ministerio de Salud (1972)*

**Tabla N° 05: Concentración de fluoruros recomendadas para el agua potable**

PROMEDIO ANUAL DE TEMPERATURAS MÁXIMAS DE AIRE EN °C	LÍMITES RECOMENDADOS PARA LOS FLUORUROS (en F) (mg/l)	
	INFERIOR	MÁXIMA
10.0 - 12.0	0.90	1.70
12.1 - 14.6	0.80	1.50
14.7 - 17.6	0.80	1.30
17.7 - 21.4	0.70	1.20
21.5 - 26.2	0.70	1.00
26.3 - 32.6	0.60	0.80

*Fuente: OMS- Ministerio de Salud (1972)*

**Tabla Nº 06: Normas de calidad bacteriológica aplicables a los abastecimientos de agua potable.**

<b>1. EL AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN</b>
<p>a. En el curso del año el 95% de las muestras no deben contener ningún germen coliforme en 100 m.l.</p> <p>b. Ninguna muestra ha de contener E. Coli en 100 m.l.</p> <p>c. Ninguna muestra ha de contener más de 10 gérmenes coliforme por 100 m.l.</p> <p>d. En ningún caso han de hallarse gérmenes en 100 m.l. de dos muestras consecutivas</p>
<b>2. AL ENTRAR EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN</b>
<p>AGUA SIN DESINFECTAR.... Ningún agua que entre en la red de distribución debe considerarse satisfactoria si en una muestra de 100 m.l. se halla E-Coli; en ausencia de este puede tolerarse hasta tres gérmenes coliformes en algunas muestras de 100 m.l. de agua no desinfectada.</p>

*Fuente: OMS- Ministerio de Salud (1972)*

### **2.2.3.6 Agua subterránea**

Es el agua que se encuentra en las rocas, sean consolidadas o no. El agua que se infiltra en el suelo se denomina agua subsuperficial pero no toda se convierte en agua subterránea. Tres son los hechos fundamentales que ocurren con esta agua:

- Una primera fracción es retenida en la franja intermedia del suelo. Su función es la de hidratar la tierra, y eventualmente es devuelta a la atmósfera por evaporación.
- Una segunda parte, es absorbida por las raíces de las plantas que crecen en el suelo, ingresando de nuevo a la atmósfera a través del proceso de transpiración.
- Por último, el agua que se ha infiltrado en el suelo, desciende por la fuerza de gravedad hasta alcanzar el nivel de la zona de saturación que constituye el depósito de agua subterránea o acuífero y que abastece de la misma a los pozos.

Las aguas subterráneas se forman a partir de la infiltración de las lluvias y por aportes de los cursos superficiales.

Viajan en forma vertical por la fuerza de la gravedad, generalmente hasta encontrar un piso impermeable, y luego discurren horizontalmente hasta desaguar en los colectores mayores que la llevaran al mar para reiniciar su ciclo.

En este tránsito, se alojan en los espacios intersticiales de los sedimentos del subsuelo y formar los yacimientos de agua subterránea o acuíferos.

Su existencia y comportamiento depende de factores como el clima, el relieve, la red de avenamiento, la naturaleza de los suelos, la estratigrafía, etc.

Este recurso de fundamental importancia está ausente en buena parte del país y, en los lugares donde se lo explota, no se observan fielmente los principios del desarrollo sustentable.

### **Origen y formación del agua subterránea**

En la tierra solo existen dos fuentes de agua a la disposición del hombre: las de la superficie, que comprenden lagos, ríos, áreas de drenaje que envían agua hacia los embalses y los procedimientos que permiten captar y retener agua de lluvia; y las subterráneas que incluyen a los pozos, manantiales y galerías horizontales. El agua de superficie, puede convertirse en agua subterránea, pudiendo a su vez emerger de nuevo como agua superficial (manantial) en un tercer sitio. Esto es posible por las interconexiones hidráulicas que existen en el subsuelo.

#### **2.2.3.7 Ciclo hidrobiológico**

El ciclo hidrológico se refiere al movimiento y circulación natural que el agua tiene en toda la tierra y su atmósfera. Este movimiento se da por

medio de distintos fenómenos que hacen circular el agua, subiéndola desde el mar hasta la atmósfera y regresándola por las lluvias hacia la tierra y a los mismos océanos. El ciclo no tiene principio ni fin, pero se puede decir que el concepto de ciclo hidrológico se origina en el agua de los océanos.

**Por ser un ciclo tiene distintas fases:**

La evaporación: Es un fenómeno de la naturaleza que ocurre cuando la radiación solar hace subir el agua en forma de vapor o humedad desde el mar hasta la atmósfera. Aunque la mayor cantidad de evaporación sale del mar, también se da en toda la superficie de la tierra donde hay agua estancada, por ejemplo, los lagos, lagunas, ríos y embalses. Toda el agua que es evaporada y llevada hacia arriba en forma de humedad se aglomera y forma las nubes.

Evapotranspiración: Es un fenómeno que explica la evaporación del agua contenida en las plantas de la tierra. Se inicia cuando las raíces de la planta absorben el agua del suelo, luego la transportan por el tronco hasta llegar por las ramas a las hojas, donde se evapora hacia la atmósfera.

La precipitación: Es la caída del agua desde la atmósfera hacia la superficie de la tierra. Este fenómeno se inician cuando se dan ciertas condiciones de temperatura en la atmósfera (básicamente enfriamiento), entonces, la humedad contenida en las nubes se condensa, se forman las gotas y por gravedad se precipitan hacia la tierra en forma de lluvia o granizo, la cual puede caer sobre los océanos o sobre la tierra.

La retención: Es el fenómeno que se da cuando parte del agua que viene de la atmósfera en forma de lluvia no llega a la superficie de la tierra, sino que es interceptada por la vegetación, edificios, u otros objetos, y vuelve a evaporarse.

La infiltración: Se le llama así al paso del agua que cae de las lluvias y penetra entre la superficie y las capas del suelo, a través de los poros y aberturas que se encuentran entre las rocas del suelo. El agua que se infiltra en el suelo se denomina agua subsuperficial. El agua que se infiltra puede seguir tres caminos: Puede ser devuelta a la superficie y evaporada hacia la atmósfera, puede ser absorbida por las raíces de las plantas y regresada por la evapotranspiración y por último puede infiltrarse profundamente en el suelo, formando corrientes subterráneas.

Las corrientes subterráneas: Son las aguas que se han infiltrado en el suelo que en algunos casos fluyen subterráneamente y se unen a ríos o lagos, y en otros casos, contribuyen a mantener los mantos de aguas subterráneas llamados “mantos acuíferos”.

La escorrentía superficial: es el movimiento del agua de lluvia que llega a la superficie de la tierra, y se concentra en pequeños recorridos de agua, que luego forman arroyos o riachuelos y posteriormente desembocan en los ríos que se dirigen hacia un lago o al mar.

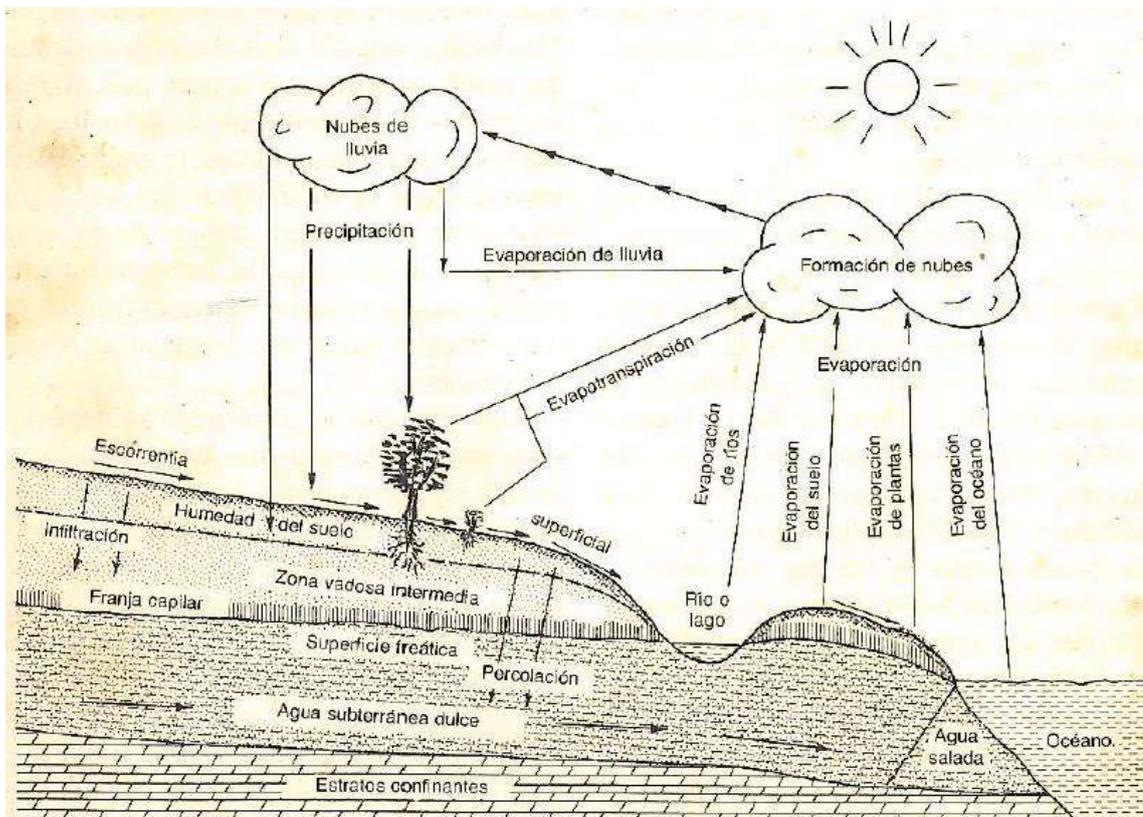
Una parte del agua que circula sobre la superficie se evaporará y otra se infiltrará en el terreno.

El ciclo hidrológico es un proceso continuo pero irregular en el espacio y en el tiempo. Una gota de lluvia puede recorrer todo el ciclo o una parte de él.

Vale destacar que cualquier acción del hombre en una parte del ciclo, alterará el ciclo entero para una determinada región. El hombre actúa introduciendo cambios importantes en el ciclo hidrológico de algunas regiones de manera progresiva al desecar zonas pantanosas, modificar el régimen de los ríos, construir embalses, etc.

El ciclo hidrológico además de mantener en movimiento el agua, cumple con una función importante, colaborando en mantener la superficie de la Tierra más fría y la atmósfera más caliente.

**Figura Nº 07: Ciclo hidrológico del agua**



### **Importancia del agua subterránea**

Puesto que las aguas de la superficie son tangibles y se han gastado sumas fabulosas de dinero en construir represas, diques, embalse artificiales, acueductos y canales de riego, todas obras visibles, resulta lo más natural que nos inclinemos a pensar que esta manifestación del agua constituye la mayor fuente para satisfacer las necesidades del mundo.

En realidad algo menos de un 3% de la disponibilidad de agua dulce fluida, de nuestro planeta Tierra, corresponde a ríos y lagos.

El 97% restante, algo así como 1,230 km. Cúbicos de agua se encuentran en el subsuelo.

El agua dulce en estado líquido de lagos y ríos representa la parte que se halla en tránsito, en tanto que las fuentes subsuperficiales corresponden al agua almacenada. El agua subterránea se ha venido acumulando a través de varios siglos, aumentando ligeramente su volumen cada año por el efecto de la lluvia. Como promedio anual, el agua de los ríos es restituida unas 31 veces.

Más aún, no toda la cantidad de agua que se encuentra por debajo de la superficie de la tierra puede extraerse de las formaciones que la contienen. Una parte se halla dentro de formación tan profunda que solo los costos de bombeo invalidarían su extracción.

Otra parte yace dentro de acuíferos que se oponen de diversas maneras a la extracción y desafían la acción del bombeo.

Aunque las cifras comparativas de los volúmenes de agua disponibles tanto en la superficie como en el subsuelo no pueden adoptarse como índice de los recursos reales, si nos revelan que la reserva subterránea es varias veces mayor que la de la superficie y que no se ha hecho suficiente hincapié en el desarrollo y utilización de las vasta reservas de agua dulce que yacen bajo la superficie de la tierra.

#### **2.2.3.8 Acuíferos**

Un acuífero es un estrato natural permeable y poroso que tiene capacidad de almacenar agua y permitir su movimiento en todas las direcciones dentro de dicho estrato.

Las aguas almacenadas en los acuíferos tienen su origen en la infiltración o recarga de aguas superficiales, provenientes de lluvias, ríos, lagos y lagunas.

Los acuíferos se clasifican en: Freáticos y Artesianos.

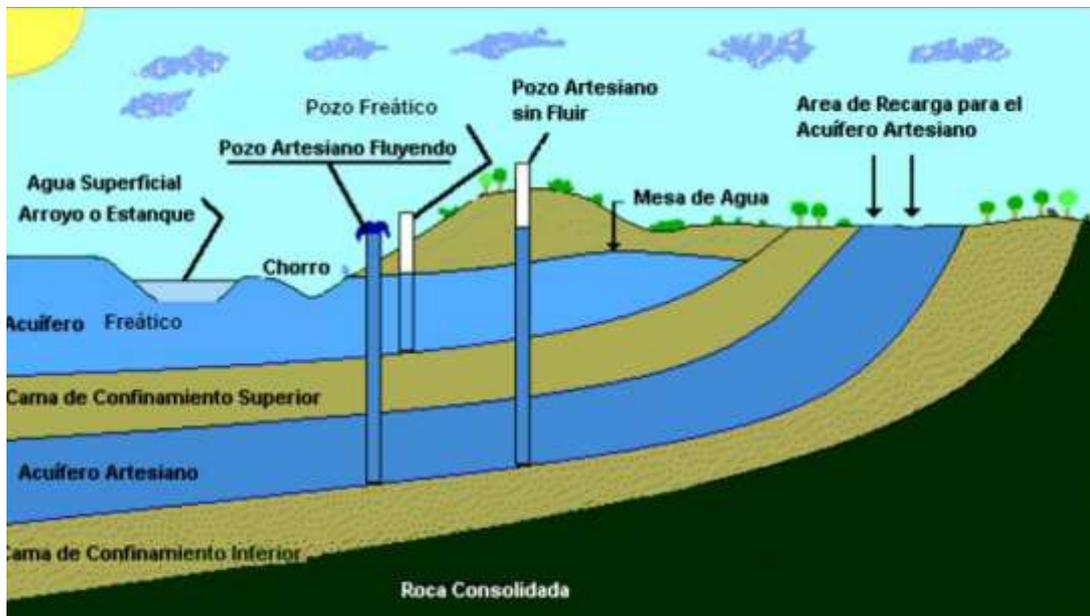
a) Acuíferos de nivel freático

Son los acuíferos que tienen la parte superior del agua contenida en ellos a presión atmosférica. En los pozos perforados en estos acuíferos se encuentra el agua tan pronto como se llegue a la zona saturada, constituyendo este nivel de saturación al nivel estático del agua.

b) Acuíferos artesianos

Son los acuíferos que tienen el agua sometida a presión por encontrarse entre dos capas impermeables que la confinan. Cuando al hacer una perforación se rompe la capa confinante superior, el agua sube hasta el nivel estático, que está determinado por un agente de recarga (río, lago, etc.) en contacto con el acuífero.

**Figura N° 08: Tipos de acuífero**



Fuente: <http://www.foroact.com/>

## FUNCIONES DEL ACUÍFERO

Las funciones más importantes que realiza un acuífero son dos:

Almacenar agua y transmitir agua. Este almacena agua sirviendo como depósito y transmite agua como lo hace un conducto. Los poros o aberturas de una formación acuífera le sirven tanto de espacio de almacenamiento como de red de conductos.

El agua subterránea se mueve constantemente a través de distancias extensas y desde las área de recarga hacia las de descarga. El desplazamiento es muy lento con velocidades que se miden en metros por día o metros por año. Como consecuencia de ello y del gran volumen que su porosidad representa, un acuífero retiene enormes cantidades de agua en almacenamiento inestable.

El siguiente cuadro resume algunas características de los pozos artesianos y freáticos.

**Tabla N° 07: Características de los pozos de agua**

Tipo de acuífero	¿Cómo se encuentra la superficie del agua?	Tipo de pozo
Freático	A presión atmosférica (normal)	Pozo raso
Artesiano	A una presión mayor que la atmosférica	Pozo artesiano o profundo

*Fuente: Unidad de apoyo técnico en saneamiento básico rural del centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente*

### **2.2.3.9 Propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua**

La mayoría de las aguas subterráneas no contienen materia en suspensión y prácticamente están libres de bacterias. Por lo general es clara, sin color y presenta una temperatura relativamente constante. Estas características contrastan con las del agua superficial; la cual es normalmente turbia y contiene considerable cantidad de bacterias.

Por esta razón, el agua subterránea resulta ser de una calidad sanitaria superior.

#### **a) Propiedades físicas**

Físicamente, el agua del subsuelo es generalmente clara, incolora, con poca o ninguna partícula en suspensión y tiene una temperatura relativamente constante, la excepción son las aguas del subsuelo conectadas hidráulicamente con aguas superficiales cercanas a través de aberturas, fisuras e intersticios de algunas gravas donde pueden ser notables los sabores y los olores de la vegetación en descomposición. Las propiedades físicas más comunes en el agua son: color, olor, sabor y turbidez. En este caso particular se evaluará la turbidez generada en los pozos existentes producto de su operación.

#### **Turbidez**

La turbidez es causada por la presencia de partículas coloidales en suspensión que absorben el paso de luz a través del agua, lo que confiere al agua una apariencia opaca y le resta atractivo, además de alto riesgo de contaminación microbiana que podría estar asociado. Las partículas coloidales suspendidas pueden ser el origen orgánico y/o inorgánico y pueden estar asociadas a compuestos como el hierro, manganeso, zinc, arcillas y limos entre otros. Todos aquellos valores de

turbidez que estén por encima de la norma, 1 UNT (unidades nefelométricas de turbidez) son considerados como fugas de turbidez.

### **b) Propiedades químicas**

La calidad química del agua del subsuelo está también considerablemente influenciada por su movimiento relativamente lento a través del suelo. Su grado relativamente lento de percolación a través de la tierra proporciona el tiempo suficiente.

Para que muchos de los minerales que forman la corteza terrestre se incorporen a la solución. Las siguientes propiedades y sustancias químicas del agua subterránea se encuentran dentro de las más importantes y son de interés para los propietarios de pozos; pH, alcalinidad, dureza, hierro, manganeso, sílice, nitratos, cloruros, sulfatos, dióxido de carbono, sólidos totales y conductividad. En esta investigación la conductividad eléctrica del agua juega un papel muy importante en la ubicación del agua en los estratos.

### **c) Propiedades bacteriológicas**

Los microorganismos más importantes que podemos encontrar en las aguas son: bacterias, virus, hongos, protozoos y distintos tipos de algas (por ej. Las azul verdosas). La contaminación de tipo bacteriológico es debida fundamentalmente a los desechos humanos y animales, ya que los agentes patógenos –bacterias y virus- se encuentran en las heces, orina y sangre, y son de origen de muchas enfermedades y epidemias (fiebres tifoideas, disentería, cólera, polio, hepatitis infecciosa,...). Desde el punto de vista histórico, la prevención de las enfermedades originadas por las aguas constituyó la razón fundamental del control de la contaminación.

En la red de control de aguas superficiales, se analizan los coliformes totales y *Escherichia coli* que es un indicador de contaminación fecal. En la red de control de aguas de baño se realizan controles de *Escherichia coli* y *Enterococos* intestinales.

### Coliformes totales

Las bacterias del género coliformes se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales. Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales.

Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre.

Tradicionalmente, se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura. Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces.

No todos los coliformes son de origen fecal, por lo que se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales -que comprende la totalidad del grupo- y los coliformes fecales -aquellos de origen intestinal-. Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal.

### Escherichia coli

Escherichia coli (E. coli) es quizás el organismo procarionte más estudiado por el ser humano, se trata de una bacteria que se encuentra

generalmente en los intestinos animales y por ende en las aguas negras. Es la bacteria más conocida del grupo de los coniformes, y *E. coli*, en su hábitat natural, vive en los intestinos de la mayor parte de mamíferos sanos. Es el principal organismo anaerobio facultativo del sistema digestivo.

Como indicador de la calidad del agua se considera como indicador de contaminación fecal reciente.

#### Enterococos intestinales

Los enterococos intestinales incluyen las especies del género *Streptococcus* y son un subgrupo del grupo más amplio de los estreptococos fecales. Estas bacterias son grampositivas y relativamente tolerantes al cloruro sódico y al pH alcalino.

El grupo de los enterococos intestinales puede utilizarse como índice de contaminación fecal, ya que la mayoría de las especies no proliferan en medios acuáticos. La concentración de enterococos intestinales en las heces humanas es, generalmente, alrededor de un orden de magnitud menor que la de *E. coli*. Este grupo presenta importantes ventajas: tienden a sobrevivir durante más tiempo que *E. coli* (o que los coliformes termotolerantes) en medios acuáticos, y son más resistentes a la desecación y a la cloración.

Los enterococos intestinales se han utilizado en el análisis del agua natural como índice de la presencia de agentes patógenos fecales que sobreviven durante más tiempo que *E. coli*.

Los enterococos intestinales se excretan habitualmente en las heces humanas y de otros animales de sangre caliente. Algunas especies de este grupo también se han detectado en suelos, en ausencia de contaminación fecal. Hay concentraciones altas de enterococos intestinales en las aguas residuales y en los medios acuáticos contaminados por aguas residuales o por residuos humanos o animales.

### **2.2.3.10 Captación por pozos tubulares**

#### **a) Pozos de agua**

En este capítulo se trata de las diversas características de un pozo de agua, como la calidad del agua subterránea que es menos contaminada debido que no se encuentra sometido a diversos agentes contaminantes.

Además de, tipos de pozos como los métodos más comunes como los son el método a percusión y método a rotación.

#### **b) Características**

La mayoría de las aguas de pozo no contienen materia en suspensión y prácticamente están libres de bacterias. Por lo general es clara, sin color y presenta una temperatura relativamente constante. Estas características contrastan con las del agua superficial; la cual es normalmente turbia y contiene considerable cantidad de bacterias. Por esta razón, el agua subterránea resulta ser de una calidad sanitaria superior.

#### **c) Tipos de pozos**

Los pozos se clasifican en cinco tipos de acuerdo con el método de construcción.

##### **Pozo excavado**

Aquel que se construye por medio de picos, palas, etc., o equipo para excavación como cucharones de arena. Son de poca profundidad y se usan donde el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo.

### Pozo taladrado

Aquél en que la excavación se hace por medio de taladros rotatorios, ya sean manuales o impulsados por fuerza motriz. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo.

### Pozo a chorro

Aquél en que la excavación se hace mediante un chorro de agua a alta velocidad. El chorro afloja el material sobre el cual actúa y lo hace rebalsar fuera del hueco.

### Pozo clavado

Aquel que se construye clavando una rejilla con punta, llamada puntera. A medida que esta se cava en el terreno, se agregan tubos o secciones de tubos enroscados. Son de pequeño diámetro.

### Pozo perforado

La excavación se hace mediante sistemas de percusión o rotación. El material cortado se extrae del hueco con un achicador, mediante presión hidráulica, o con alguna herramienta hueca de perforar, etc.

Cada tipo de pozo tiene sus ventajas particulares, que pueden ser, la facilidad de construcción, tipo de equipo requerido, capacidad de alma.

### Pozos Perforados a Percusión

El método se basa en la caída libre de un peso en sucesión de golpes rítmicos dados contra el fondo del pozo.

## **Las partes típicas de un equipo motorizado de perforación a percusión son:**

### Tren de rodaje

Estos equipos vienen generalmente montados sobre un chasis de acero sobre cuatro ruedas con neumáticos, pero también las hay montadas sobre un camión.

### Bastidor

Es una caja de ángulos de acero y brazos articulados en donde se ubican las piezas vitales de la perforadora y soporta además a la torre.

### Mástil o torre

Generalmente son de tipo telescópica y viene en dos tramos de 36 pies cuando está extendida y 22 pies cuando está recogida, con sus respectivos dispositivos de extensión. El largo de la torre está en función con la sarta de perforación.

### Tiro de remolque

Es el mecanismo que va unido al tren de rodaje de la perforadora.

### Motor

Para poder accionar todo el equipo de perforación se necesita un motor ya sea a combustión interna o con energía eléctrica como en el caso de algunos equipos soviéticos.

**Figura N° 09: Equipo de perforación y percusión**



*Fuente: Concha 2014*

**Figura N° 10: Herramienta de perforación para fracturar las rocas**



*Fuente: Concha 2014*

## **Pozos Perforados a Rotación**

Estos equipos se caracterizan porque trabajan girando o rotando la broca, trícono o trépano perforador.

El sentido de la rotación debe ser el mismo usado para la unión o enrosque de las piezas que constituyen la sarta de perforación. Todas las brocas, trépanos o trícónos, son diseñados para cortar, triturar o voltear las distintas formaciones que pueden encontrarse a su paso. Estas herramientas son diseñadas para cada tipo de formación o terreno.

El trabajo de perforación se realiza mediante la ayuda del lodo de perforación el cual desempeña las siguientes funciones: evita el calentamiento de las herramientas durante la operación, transporta en suspensión el material resultante de la perforación hacia la superficie del terreno y finalmente formar una película protectora en las paredes del pozo para de esta manera impedir el desmoronamiento o el derrumbe del pozo.

Un equipo de perforación por rotación motorizado típico, tiene las siguientes partes:

- Mesa de rotación  
Su función es la de recibir la fuerza necesaria del motor para poder girar la sarta de perforación.  
Estas mesas pueden ser accionadas por acople directo o por engranajes y son redondas con tamaño de acuerdo a la magnitud del equipo de perforación. En el centro lleva una abertura que puede ser cuadrada o hexagonal por la que pasa la barra giratoria llamada Kelly.
- Barra giratoria o Kelly  
Es una barra generalmente cuadrada de 4" de lado y que pasa por el centro de la mesa rotatoria y recibe de esta el necesario movimiento giratorio para poder perforar.

El extremo inferior se acopla a las brocas y el extremo superior al eslabón giratorio llamado Swivel que lo soporta conjuntamente con toda la sarta de perforación.

La barra es de acero de alta dureza y es hueca por el centro (2”), para de esta manera permitir el paso del lodo de perforación hidráulico.

El Kelly puede subir, bajar o detenerse cuantas veces lo desee el perforador mediante el accionamiento de los controles respectivos.

- Swivel o eslabón giratorio  
Es un mecanismo que va acoplado a la parte superior del Kelly, es una pieza hueca en el centro. Aquí se acopla la manguera que viene desde la bomba de lodos.
- Drill pipe o tubería liviana de perforación  
Tubería construida con acero especial y se usa agregándose cada vez que se introduce el Kelly totalmente en el pozo y vuelve a sacarse, ya que de esta manera se dejó el espacio disponible para la tubería.
- Drill collars o tubería pesada de perforación  
También conocida como Botellas o Sobre peso. Son tubos de 6” ó más y de 10’ a 20’ de largo y con un peso de 500 a 700 Kg. Su finalidad es aumentar el peso de la sarta de perforación y conseguir fácilmente el corte con los triconos.
- Triconos o brocas de perforación  
Las brocas tienen la función de desagregación de las rocas durante la perforación de un pozo. Existe una amplia gama de

trígonos y cada uno está diseñado para determinadas desagregar rocas con determinadas características mecánicas y abrasivas.

- Bomba de lodos

Su función principal es tomar el lodo de perforación de la poza de lodos y llevarla por la manguera hacia el Kelly y al fondo del pozo. El lodo asciende a la superficie llevando en suspensión el detritus de la perforación.

Por un canal pasa la poza de sedimentación donde se depositan por su propio peso partículas grandes y pesadas, arena, etc.

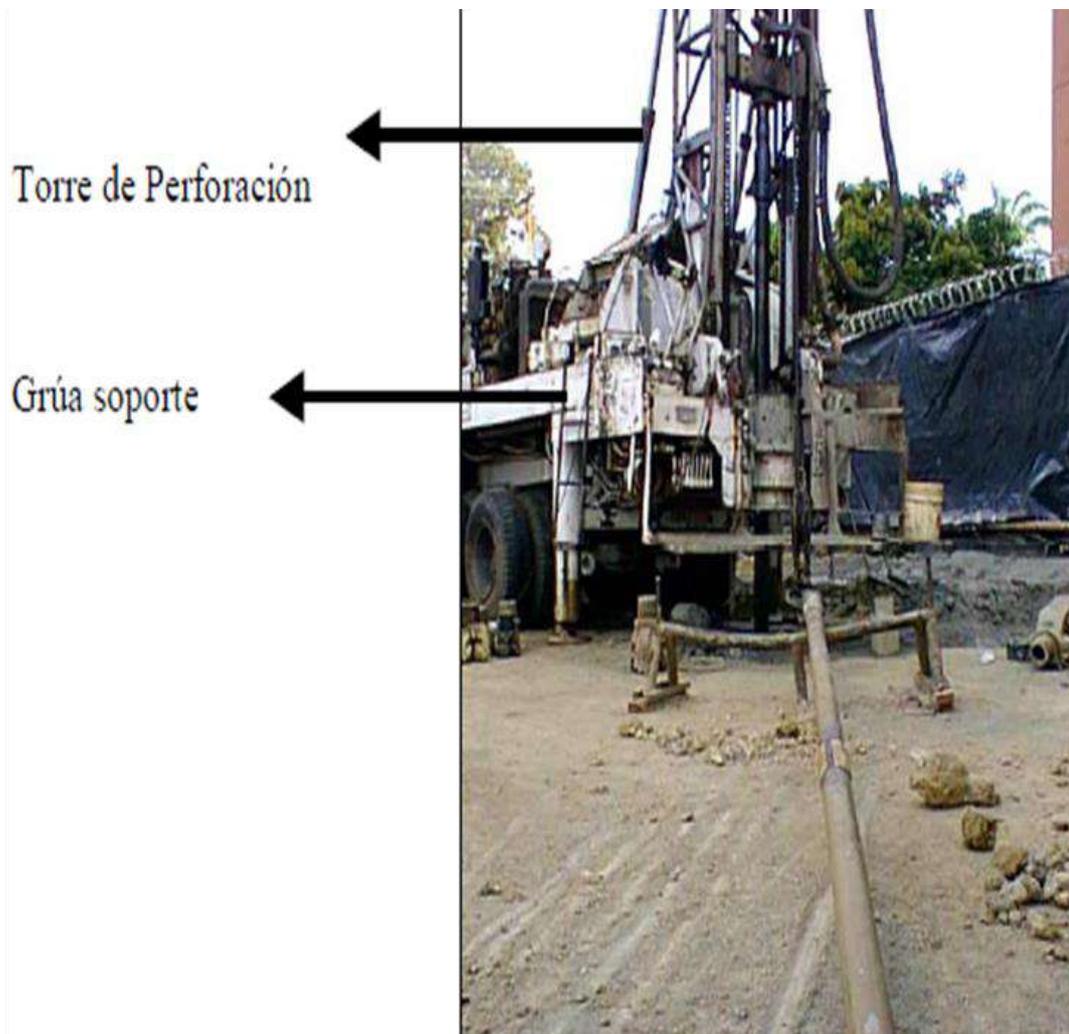
Del pozo de sedimentación el agua con menos material en suspensión pasa por medio de otro canal hacia el pozo principal donde nuevamente es bombeado al pozo, cerrando en ciclo.

- Motor

Pueden ir acoplados al chasis del remolque o puede usarse el mismo motor del camión del equipo de perforación. La potencia depende de la magnitud del equipo de perforación.

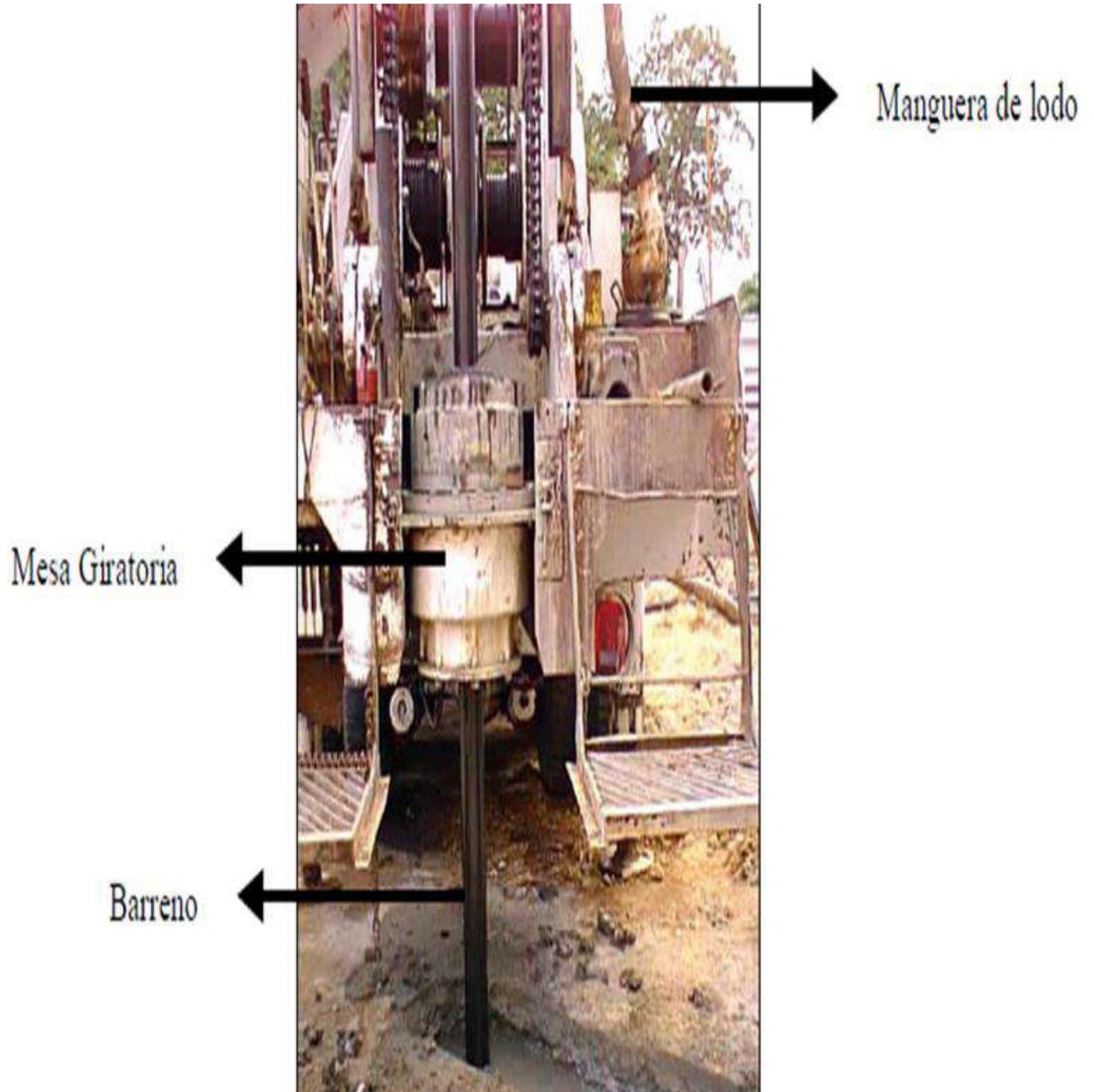
La principal ventaja de este método es que es más rápido que el método a percusión.

**Figura N° 11: Sección fija de la máquina de perforación a rotación**



*Fuente: Concha 2014*

Figura N° 12: Parte móvil de la máquina de perforación



Fuente: Concha 2014

## 2.3 Definición de términos básicos

Nivel estático:

Es el nivel del agua en reposo.

Nivel Dinámico:

Es el nivel del agua cuando se está explotando.

Antepozo:

Excavación manual hasta llegar al nivel del agua.

Columna filtrante:

Columna en la cual se encuentran los filtros por donde el agua pasará libremente libre de finos.

Columna de producción:

Está compuesto por la columna filtrante y tubería de acero negro.

Columna definitiva:

Está compuesto por la columna filtrante y la columna de producción.

## CAPÍTULO III

### PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 Confiabilidad y validación del instrumento

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	St
1	2	1	3	2	2	2	2	3	3	2	35
2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	35
3	1	1	1	2	3	3	3	2	1	2	34
4	1	1	2	3	3	2	1	1	2	1	36
5	1	1	3	2	3	3	1	1	2	2	33
6	1	2	1	1	1	2	1	2	1	3	27
7	1	3	1	1	1	1	2	1	2	3	26
8	3	3	1	3	1	1	2	1	2	1	32
9	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	29
10	3	2	1	1	1	2	1	1	1	1	20
11	1	3	2	1	1	2	2	1	2	1	35
12	3	2	1	1	2	3	1	1	2	2	29
13	2	3	3	3	1	2	2	2	2	2	36
14	2	3	3	2	2	2	1	1	1	2	32
15	1	3	3	3	2	3	3	3	2	2	39
	0.19	0.24	0.29	0.33	0.16	0.62	0.52	0.20	0.20	0.33	12.36

**K** : El número de ítems : 10  
 $\sum Si^2$ : Sumatoria de Varianzas de los Ítems : 2.15  
 $ST^2$  : Varianza de la suma de los Ítems : 11.19  
 $\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{10}{10 - 1} \left[ 1 - \frac{2.15}{11.19} \right]$$

$$\alpha = 0.87$$

### **Interpretación:**

En el presente estudio, el alfa de Cronbach obtenido es de 0.87; lo que significa que los resultados de opinión de 15 usuarios respecto a los ítems considerados en el cuestionario sobre el mejoramiento de los sistemas de agua potable en su versión de 10 ítems se encuentran altamente confiable y muy aceptable.

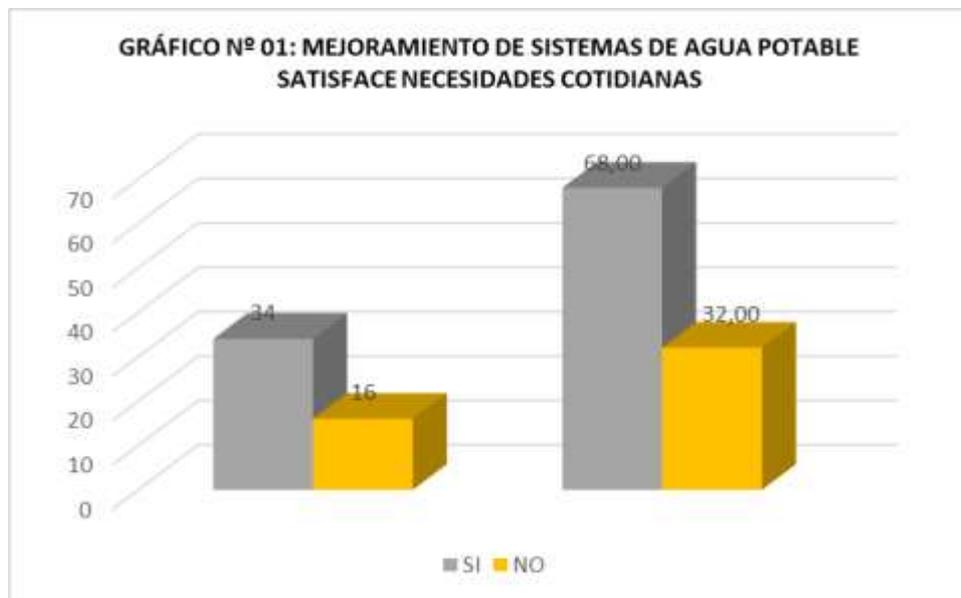
### 3.2 Análisis cuantitativo de las variables

**Tabla N° 01**

¿El mejoramiento de los sistemas de agua potable satisface sus necesidades cotidianas?

ESCALA	F	%
SI	34	68,00
NO	16	32,00
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Base de datos



Fuente: Tabla N° 01

#### **Interpretación:**

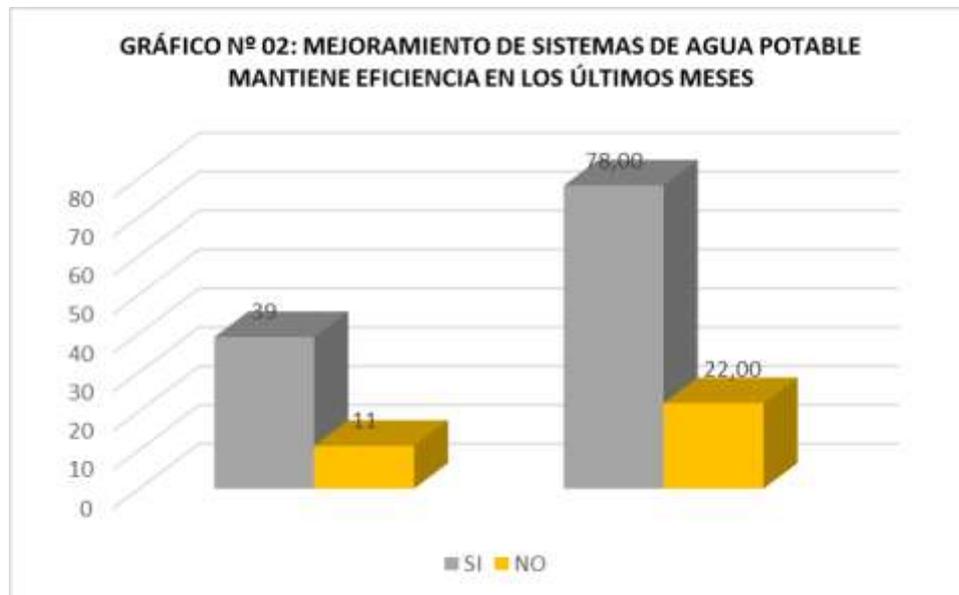
Según los datos observados en la tabla N° 01 correspondiente a las opiniones de 50 usuarios de la urbanización Valle Esmeralda del distrito de Pueblo Nuevo – Ica, que representan la muestra en estudio quienes en un 68% sostienen que el mejoramiento de los sistemas de agua potable sí satisface sus necesidades cotidianas frente a un 32% quienes manifiestan que no.

**Tabla N° 02**

¿Desde que mejoraron los sistemas de abastecimiento de agua potable en la urbanización ha mantenido su eficiencia durante los últimos meses?

ESCALA	F	%
SI	39	78,00
NO	11	22,00
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Base de datos



Fuente: Tabla N° 02

**Interpretación:**

Según los datos observados en la tabla N° 02 correspondiente a las opiniones de 50 usuarios de la urbanización Valle Esmeralda del distrito de Pueblo Nuevo – Ica, que representan la muestra en estudio quienes en un 78% sostienen que el mejoramiento de los sistemas de agua potable sí se mantiene eficiente durante los últimos meses frente a un 22% quienes manifiestan que no.

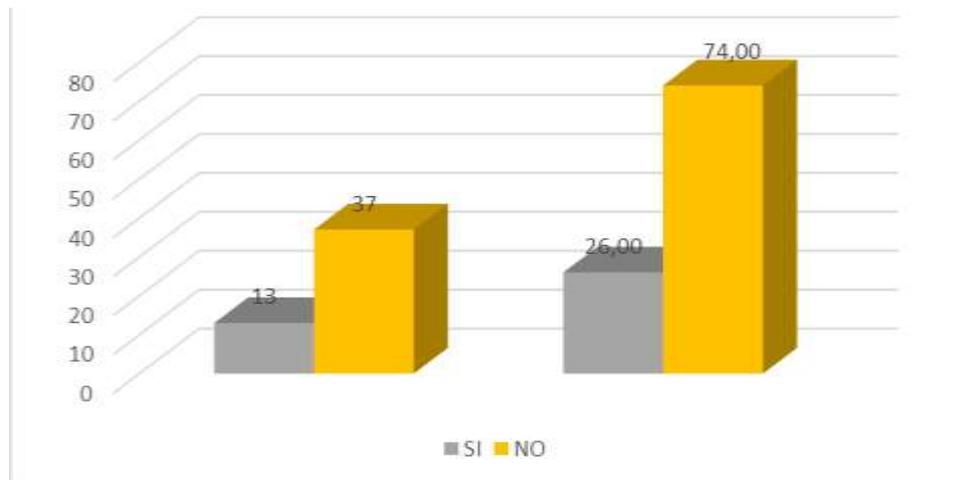
**Tabla N° 03**

¿Los caudales hídricos del Río Ica abastece de forma continua la demanda total de la urbanización Valle Esmeralda?

ESCALA	F	%
SI	13	26,00
NO	37	74,00
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Base de datos

**GRÁFICO N° 03: CAUDALES HÍDRICOS DE RÍO ICA ABASTECE CONTINUAMENTE LA DEMANDA**



Fuente: Tabla N° 03

**Interpretación:**

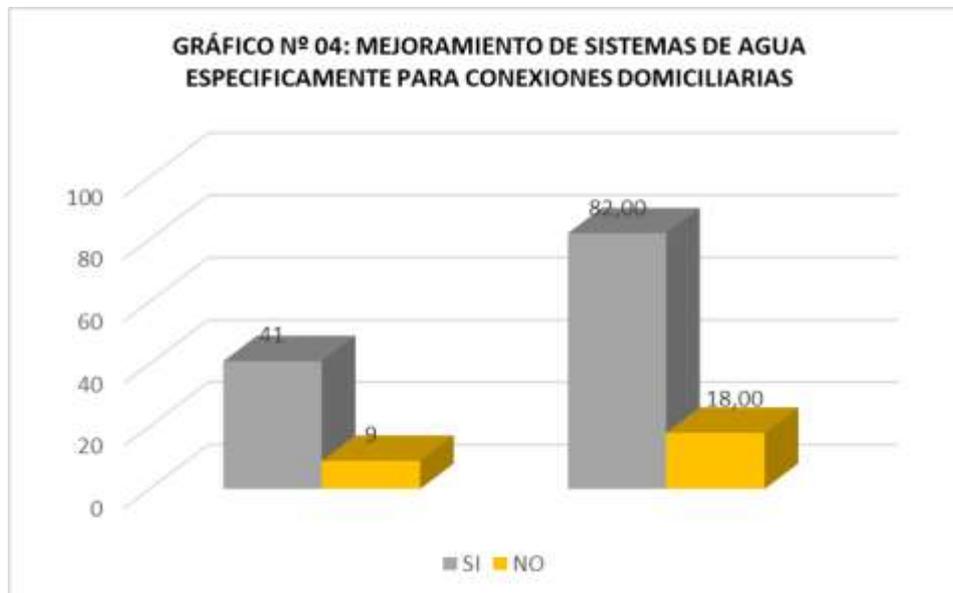
Según los datos observados en la tabla N° 03 correspondiente a las opiniones de 50 usuarios de la urbanización Valle Esmeralda del distrito de Pueblo Nuevo – Ica, que representan la muestra en estudio quienes en un 26% sostienen que los caudales hídricos del Río Ica sí abastece de forma continua la demanda total frente a un 74% quienes manifiestan que no logra dicho abastecimiento.

**Tabla N° 04**

¿El mejoramiento realizado en los sistemas de agua son exclusivamente para sistemas con conexiones domiciliarias?

ESCALA	F	%
SI	41	82,00
NO	9	18,00
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Base de datos



Fuente: Tabla N° 04

**Interpretación:**

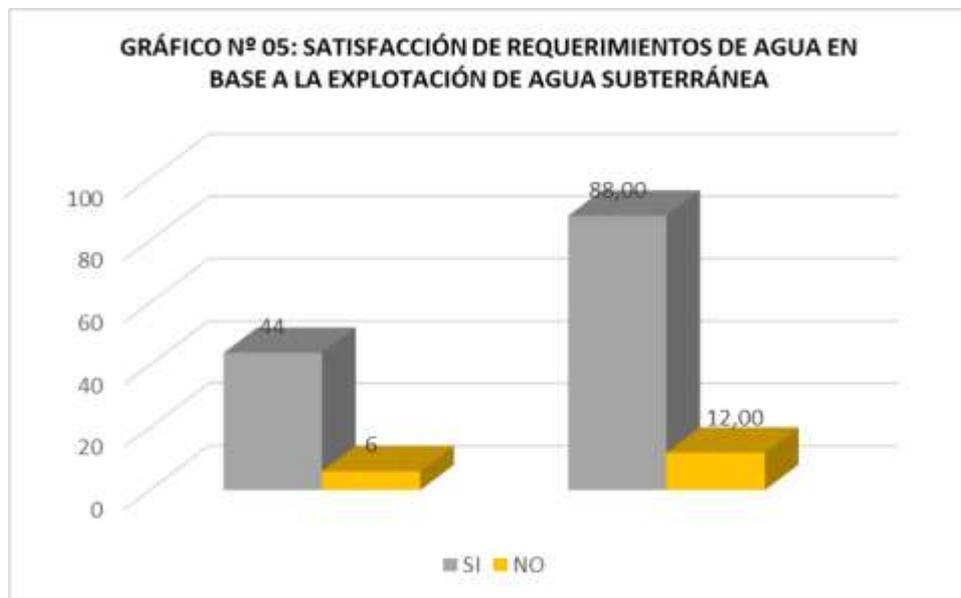
Según los datos observados en la tabla N° 04 correspondiente a las opiniones de 50 usuarios de la urbanización Valle Esmeralda del distrito de Pueblo Nuevo – Ica, que representan la muestra en estudio quienes en un 82% sostienen que el mejoramiento de los sistemas de agua potable sí se han realizado específicamente para conexiones de uso domiciliario debido a la problemática que atravesaba la urbanización frente a un 18% quienes manifiestan que no.

**Tabla N° 05**

¿La urbanización Valle Esmeralda satisface sus requerimientos de agua potable en base a la explotación de agua subterránea?

ESCALA	F	%
SI	44	88,00
NO	6	12,00
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Base de datos



Fuente: Tabla N° 05

**Interpretación:**

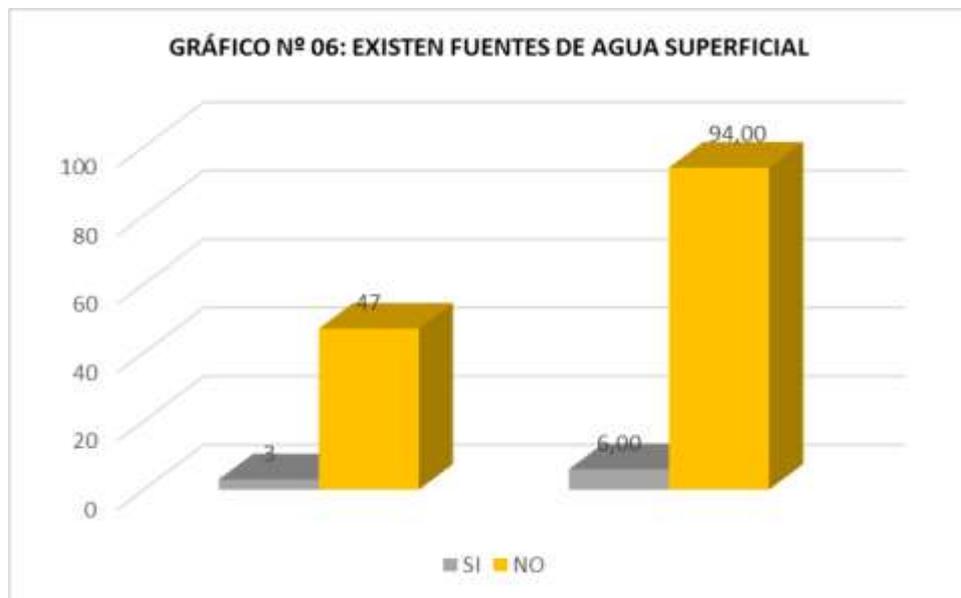
Según los datos observados en la tabla N° 05 correspondiente a las opiniones de 50 usuarios de la urbanización Valle Esmeralda del distrito de Pueblo Nuevo – Ica, que representan la muestra en estudio quienes en un significativo 88% sostienen que se encuentran satisfechos por el agua obtenida en base a la explotación de agua subterránea frente a un banal 12% quienes manifiestan que no.

**Tabla N° 06**

¿Se cuenta con fuentes de agua superficial en la urbanización Valle Esmeralda?

ESCALA	F	%
SI	3	6,00
NO	47	94,00
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Base de datos



Fuente: Tabla N° 06

**Interpretación:**

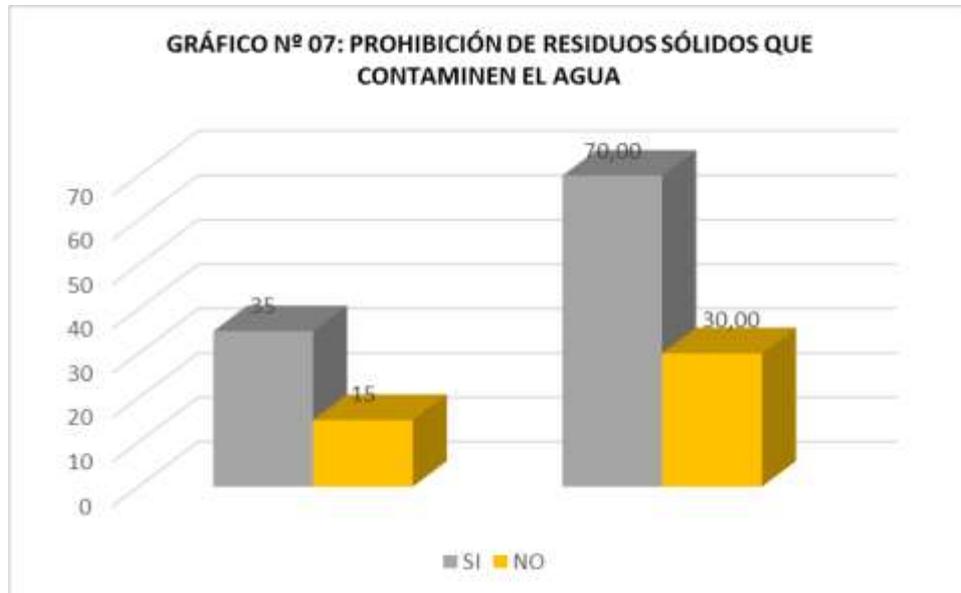
Según los datos observados en la tabla N° 06 correspondiente a las opiniones de 50 usuarios de la urbanización Valle Esmeralda del distrito de Pueblo Nuevo – Ica, que representan la muestra en estudio quienes en un 6% sostienen que sí cuentan con fuentes de agua superficial frente a un significativo 94% quienes manifiestan que no, observándose el desconocimiento por un pequeño grupo de pobladores.

**Tabla N° 07**

¿Está prohibido verter o emitir cualquier residuo, sólido, líquido o gaseoso que pueda contaminar las aguas?

ESCALA	F	%
SI	35	70,00
NO	15	30,00
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Base de datos



Fuente: Tabla N° 07

**Interpretación:**

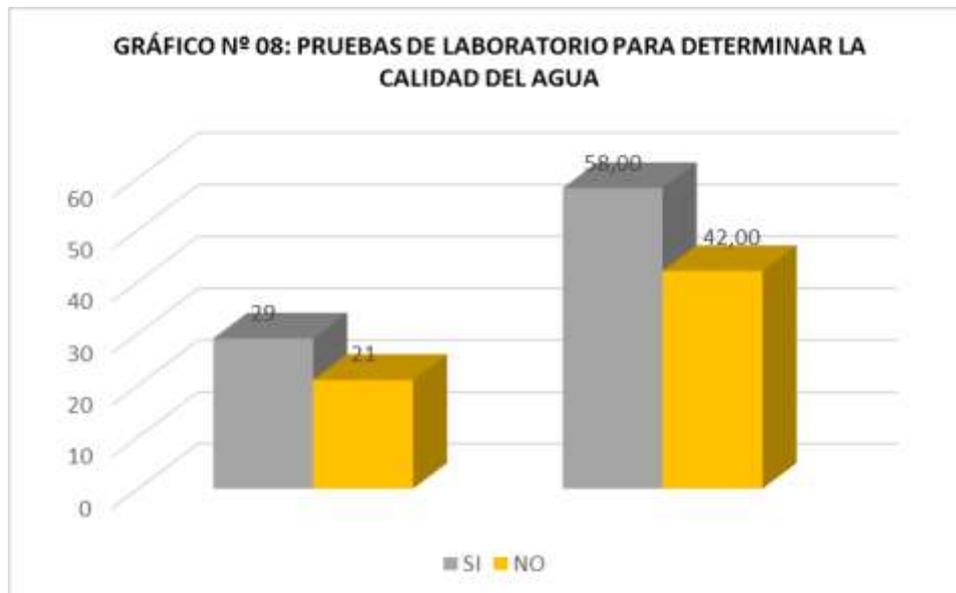
Según los datos observados en la tabla N° 07 correspondiente a las opiniones de 50 usuarios de la urbanización Valle Esmeralda del distrito de Pueblo Nuevo – Ica, que representan la muestra en estudio quienes en un 70% sí tienen conocimiento que está prohibido verter residuos sólidos que puedan generar contaminación del agua frente a un 32% quienes manifiestan que no.

**Tabla N° 08**

¿Se realizan pruebas de laboratorio físico y bacteriológico para determinar la calidad del agua?

ESCALA	F	%
SI	29	58,00
NO	21	42,00
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Base de datos



Fuente: Tabla N° 08

**Interpretación:**

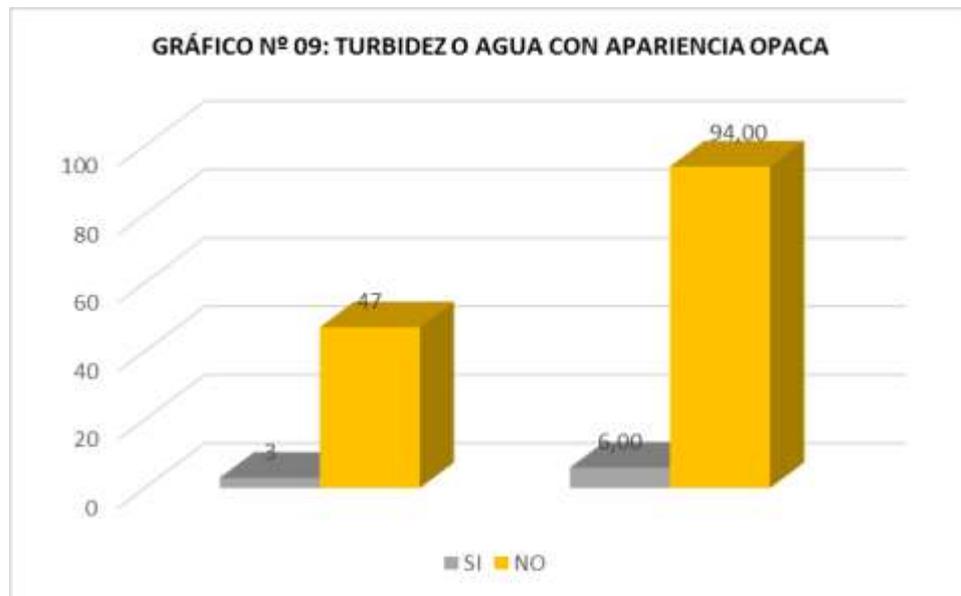
Según los datos observados en la tabla N° 08 correspondiente a las opiniones de 50 usuarios de la urbanización Valle Esmeralda del distrito de Pueblo Nuevo – Ica, que representan la muestra en estudio quienes en un 58% sostienen que sí se vienen ejecutando actividades de mantenimiento como las pruebas de laboratorio para mantener la calidad del agua frente a un 42% quienes manifiestan que no.

**Tabla N° 09**

¿Ha observado turbidez o agua con apariencia opaca?

ESCALA	F	%
SI	3	6,00
NO	47	94,00
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Base de datos



Fuente: Tabla N° 09

**Interpretación:**

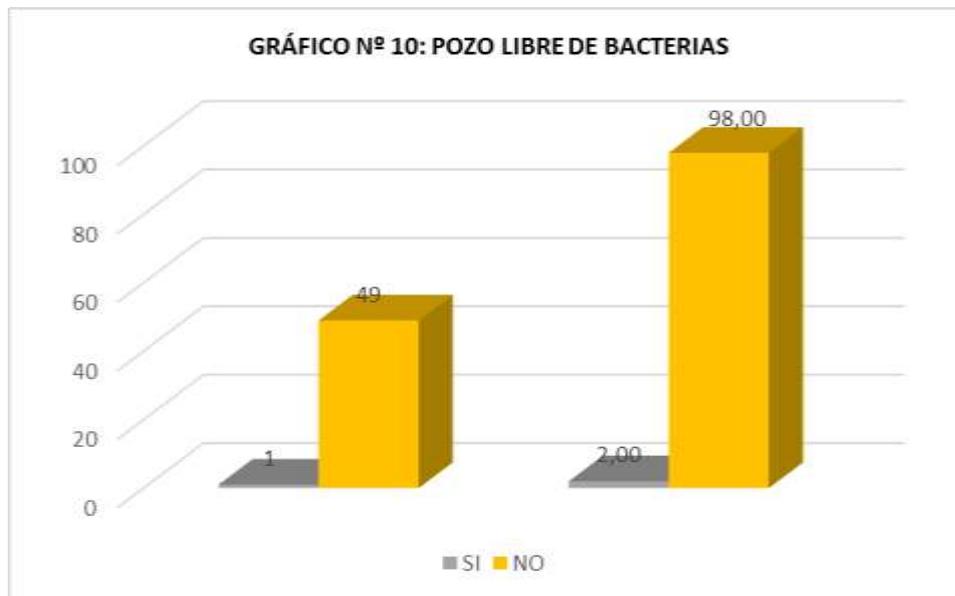
Según los datos observados en la tabla N° 09 correspondiente a las opiniones de 50 usuarios de la urbanización Valle Esmeralda del distrito de Pueblo Nuevo – Ica, que representan la muestra en estudio quienes en un 6% sostienen que sí han observado que al agua se presenta de manera turbia y en algunas veces con apariencia opaca frente a un 32% quienes manifiestan que no.

**Tabla N° 10**

¿Cree usted que el pozo está libre de bacterias?

ESCALA	F	%
SI	1	2,00
NO	49	98,00
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Base de datos



Fuente: Tabla N° 10

**Interpretación:**

Según los datos observados en la tabla N° 10 correspondiente a las opiniones de 50 usuarios de la urbanización Valle Esmeralda del distrito de Pueblo Nuevo – Ica, que representan la muestra en estudio quienes en un insignificante 2% sostienen que el mejoramiento de los sistemas de agua potable sí mantiene el pozo de agua potable libre de bacterias frente a un 98% quienes manifiestan que no.

## CAPÍTULO IV

### PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

#### 4.1 Prueba de hipótesis general

Pasando a la contrastación de las hipótesis, esta parte se realizó teniendo como referencia el marco teórico y los resultados estadísticos descriptivos antes mencionados. A continuación se presenta la validación de la hipótesis general y luego de las hipótesis específicas:

#### COMPROBANDO LA HIPÓTESIS GENERAL

El desabastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo ha sido controlado mediante el mejoramiento de los sistemas de agua potable.

A continuación, se empleó la estadística inferencial, mediante los pasos siguientes:

#### 1º: Formulación de las Hipótesis Estadísticas y su interpretación.

Ho:  $\rho = 0$

El desabastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo ha sido controlado mediante el mejoramiento de los sistemas de agua potable.

Ha:  $\rho \neq 0$

El desabastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo no ha sido controlado mediante el mejoramiento de los sistemas de agua potable.

**2º: Nivel de significación:**  $\alpha = 0,05$  (prueba bilateral)

**3º: Estadígrafo de prueba:** Coeficiente de Correlación Simple y regresión lineal simple. El procesamiento de los datos se realizó con el Software estadístico SPSS versión 22.

**Coeficiente de correlación de Pearson entre los factores y alternativas de solución para evaluar el sistema de agua potable**

		V.X.: Construcciones de adobe	V.Y.: Desastres naturales
V.X.: Sistemas de agua potable	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	1	,785** ,000
	N	50	50
V.Y.: Factores y alternativas de solución	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	,785** ,000	1
	N	50	50

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Los datos recogidos con los instrumentos, se trasladó al programa estadístico SPSS versión 22 y obteniendo como resultado que sí existe una correlación significativa entre las construcciones de adobe y los desastres naturales; esta relación representa un 0.785.

El hecho que resulta un valor positivo (el coeficiente de correlación simple) se comprueba que los factores que ocasionan deficiencia mediante las alternativas de solución han contribuido con el mejoramiento de los sistemas de agua potable.

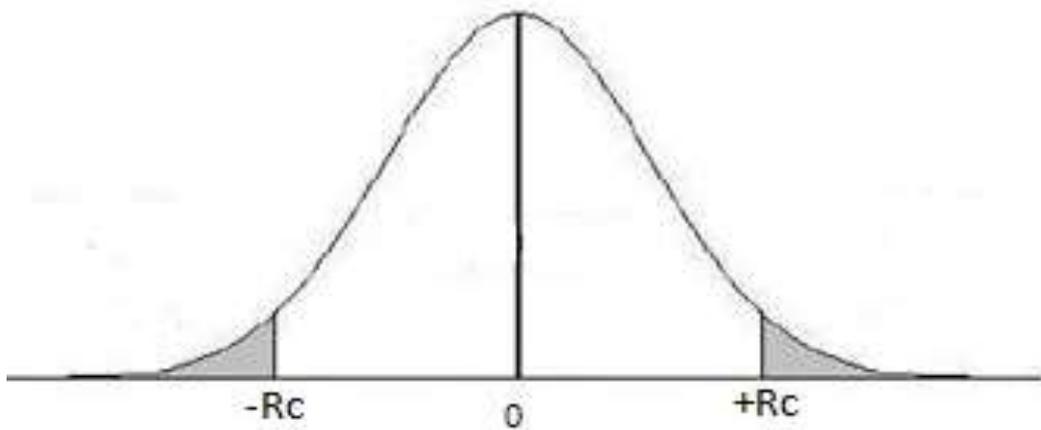
**Resumen del modelo**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,785 <sup>a</sup>	,529	,529	2,10678

a. Predictores: (Constante), V.Y.: Factores y alternativas de solución

El coeficiente de determinación, obtenido es de 0.529; de esta manera este estadígrafo indica que las alternativas de solución han contribuido en la mejora de los sistemas de agua potable en un 52.9% en los pobladores de Valle Esmeralda.

**Región Crítica.**



$Rc = Z \text{ de Tabla} = \pm 1.96$

**5º: Se decide por:**

El programa SPSS 22 refleja un Z calculado de 18.649 > Rc = 1.96, entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Ha). Con estos resultados estadísticos, se puede afirmar que: El desabastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo ha sido controlado mediante el mejoramiento de los sistemas de agua potable, está influencia es significativamente en un 52.9% pero no determina el comportamiento futuro de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Los resultados evidencian la comprobación de la hipótesis general que el desabastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo ha sido controlado mediante el mejoramiento de los sistemas de agua potable, confirmando lo investigado por Batres & Flores (2010), quienes tienen como objetivo resolver la problemática existente en el municipio de Pueblo Nuevo con el fin de mejorar la calidad de vida de la población residente en el casco urbano de este municipio.

Según los datos obtenidos en la tabla N° 02 el 78% de usuarios sostienen que desde que realizaron el mejoramiento de los sistemas de agua potable en la urbanización se ha logrado mantener la eficiencia durante los últimos meses del servicio de agua potable. Siendo necesario conocer los resultados de López (2009) quien sostiene que la red de tuberías como parte del sistema no generara muchas pérdidas de carga ya que estas comunidades no cuentan con una buena red de energía eléctrica, por lo que las bombas no pueden ser de mucha potencia.

Sin embargo con los resultados de la tabla N° 03 aún se puede manifestar que el 74% de usuarios manifiesta que el río Ica no abastece de manera continua con la demanda que requiere la población. Por lo tanto se debe considerar lo sostenido por Luna & Espeleta (2009) quienes sostienen que cada vez se toma mayor conciencia que el agua se está agotando poco a poco y que los cauces naturales que aún persisten cada vez están más contaminados. También se

sabe que el promedio de agua dulce ha disminuido con relación a las dos décadas anteriores.

Según los datos de la tabla N° 04 un significativo 82% tiene conocimiento de que el mejoramiento realizado es exclusivamente para las conexiones domiciliarias logrando la satisfacción de sus requerimientos de agua potable en la urbanización tal como se observa en la tabla N° 05 con un total del 88%.

Finalmente se ha observado en la tabla N° 08 que los usuarios en un 58% si tienen conocimiento y observan que se realizan actividades de mantenimiento en base a exámenes de laboratorio para mantener la calidad de agua óptima para el consumo humano. Se debe tener como referencia a Grace (2014) quien forja la parte más relevante que comprende la evaluación de los componentes físico-químicos y microbiológicos. Se realiza un análisis económico y se implementa un Sistema Integrado de Gestión con los respectivos cuadros de interrelación, mapa de proceso y cronograma de ejecución.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones que se arriban de esta investigación son:

Las alternativas de solución planteadas inicialmente en el proyecto han contribuido en la mejora de los sistemas de agua potable en los pobladores de Valle Esmeralda. Por lo que se logra confirmar que el desabastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo ha sido controlado de manera temporal esta influencia es significativa en un 52.9% pero no determina el comportamiento futuro de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

La alternativa de captar agua superficial queda desechada debido a la poca cantidad de agua en el Río Ica, la mala calidad de agua, y al excesivo costo que resultaría hacer este tipo de obra de captación.

Se deduce que a pesar que se realizan las actividades de mantenimiento aún se encuentran partículas extrañas que hacen que el agua tenga apariencia opaca.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda la profundización del pozo tubular ya existente, debido al posible descenso de la napa freática. Esto como consecuencia de la explotación del recurso hídrico subterráneo en los últimos diez años.

Se recomienda a las autoridades Municipales realizar coordinaciones con el Gobierno Regional a fin de buscar estrategias que ayuden a mejorar los sistemas de agua potable de forma continua y con un futuro o menor de 30 años.

Se recomienda que debe realizarse una evaluación total del pozo con la finalidad de pronosticar si debe ser restituido.

Se recomienda lacrar la entrada del pozo para evitar el acceso de objetos extraños, que entorpecen la claridad de la cámara de TV.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

Agüero Pittman, R.: “Agua potable y saneamiento en localidades rurales del Perú”, asociación servicios educativos rurales (ser), (2009).

Johnson, Edward; “Agua subterránea y los pozos”, Johnson división, 1era edición, minnesota.

El agua potable ya es una necesidad mundial crucial | sociedad | el país [internet]. (2014).

Moya Próspero, Jesús: “Abastecimiento de agua potable y alcantarillado”; lima – (2000).

Rosell César, Arturo: “irrigación”; Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Departamental de Lima; Lima – (1998); 2da edición.

Santos Ernesto, Bruno: “Deficiencia en el sistema de agua potable y saneamiento en latinoamérica”; editorial Vipusa; Lioja – (2003).

## **ANEXOS**

**Anexo N° 01: Matriz de consistencia.**

**Anexo 02: Instrumentos**

**ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**
**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA URBANIZACIÓN VALLE  
ESMERALDA. DISTRITO DE PUEBLO NUEVO. PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE ICA. AÑO 2016**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema Principal</b> ¿En qué medida se ha controlado el desabastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo – Ica, 2017?</p> <p><b>Problemas Específicos</b> ¿Cuáles son los factores que ocasionan deficiencia en el sistema de abastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo – Ica, 2017?</p> <p>¿Qué alternativas de solución se han dado para el sistema de abastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo – Ica, 2017?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Evaluar el mejoramiento de la ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable en la urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo – Ica, 2017.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> Identificar, analizar y evaluar los factores que impulsaron en la mejora del sistema de abastecimiento de agua potable.</p> <p>Identificar, analizar y evaluar las alternativas de solución para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Ha. El desabastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo ha sido controlado mediante el mejoramiento de los sistemas de agua potable.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b> Los factores que ocasionan deficiencia en el sistema de abastecimiento de agua potable han sido identificados y controlados en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo – Ica, 2017?</p> <p>Las alternativas de solución propuestas han mejorado el sistema de abastecimiento de agua potable en la Urbanización Valle Esmeralda de Pueblo Nuevo – Ica, 2017?</p>	<p>SISTEMAS DE AGUA POTABLE</p>	<p>1. Periodo del diseño 2. Consumo 3. Dotación 4. Captación 5. Calidad de agua</p>	<p><b>Diseño de la Investigación</b> El diseño de la investigación es descriptivo – no experimental</p> <p><b>Tipo de Investigación</b> La presente investigación es aplicada de naturaleza descriptiva y evaluativa</p> <p><b>Muestra:</b> Está constituida por 50 usuarios de la Urbanización Valle Esmeralda del Distrito de Pueblo Nuevo – Ica.</p> <p><b>Técnica:</b> Encuesta</p> <p><b>Instrumento:</b> Cuestionario</p>

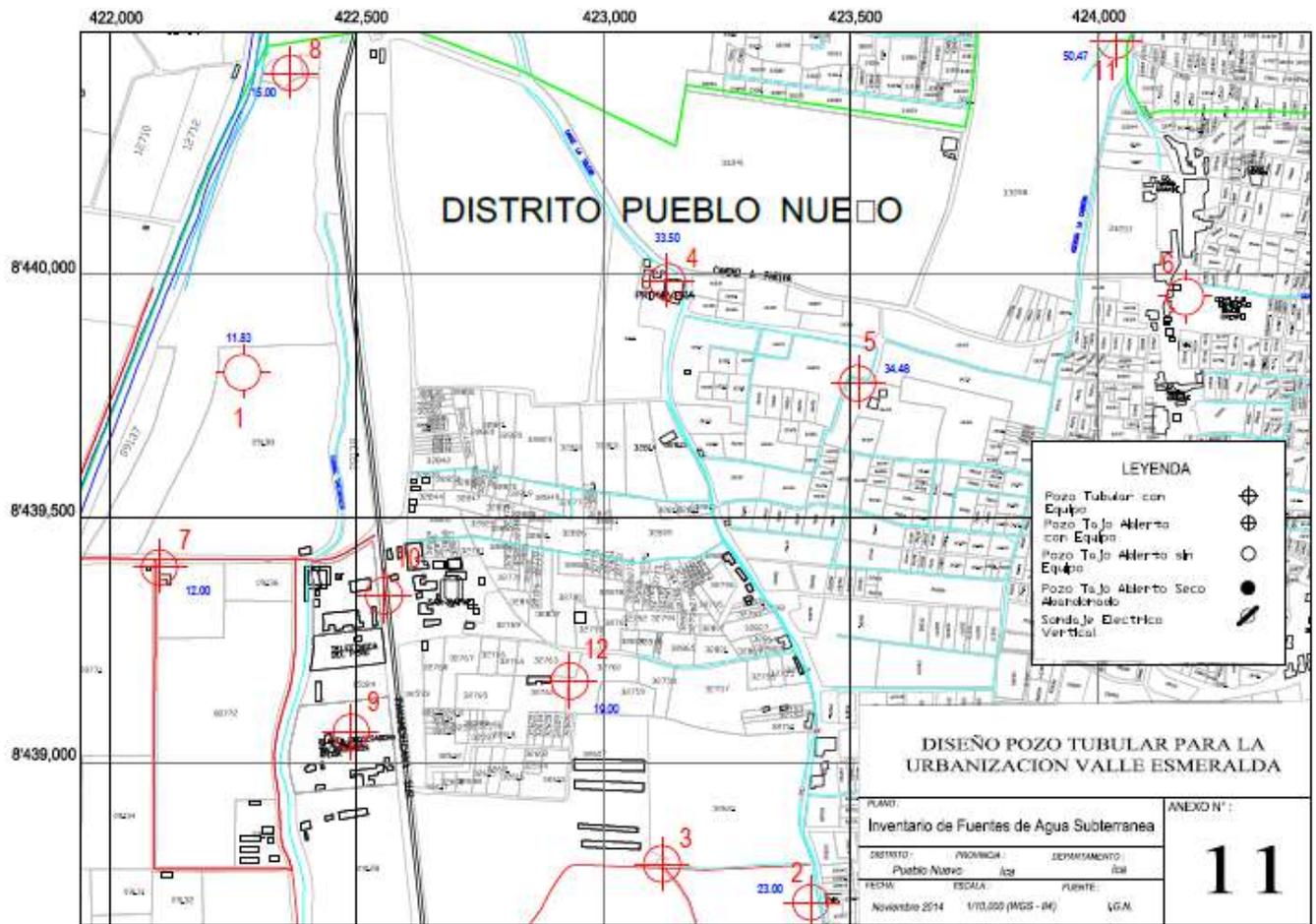


## ENCUESTA A USUARIOS

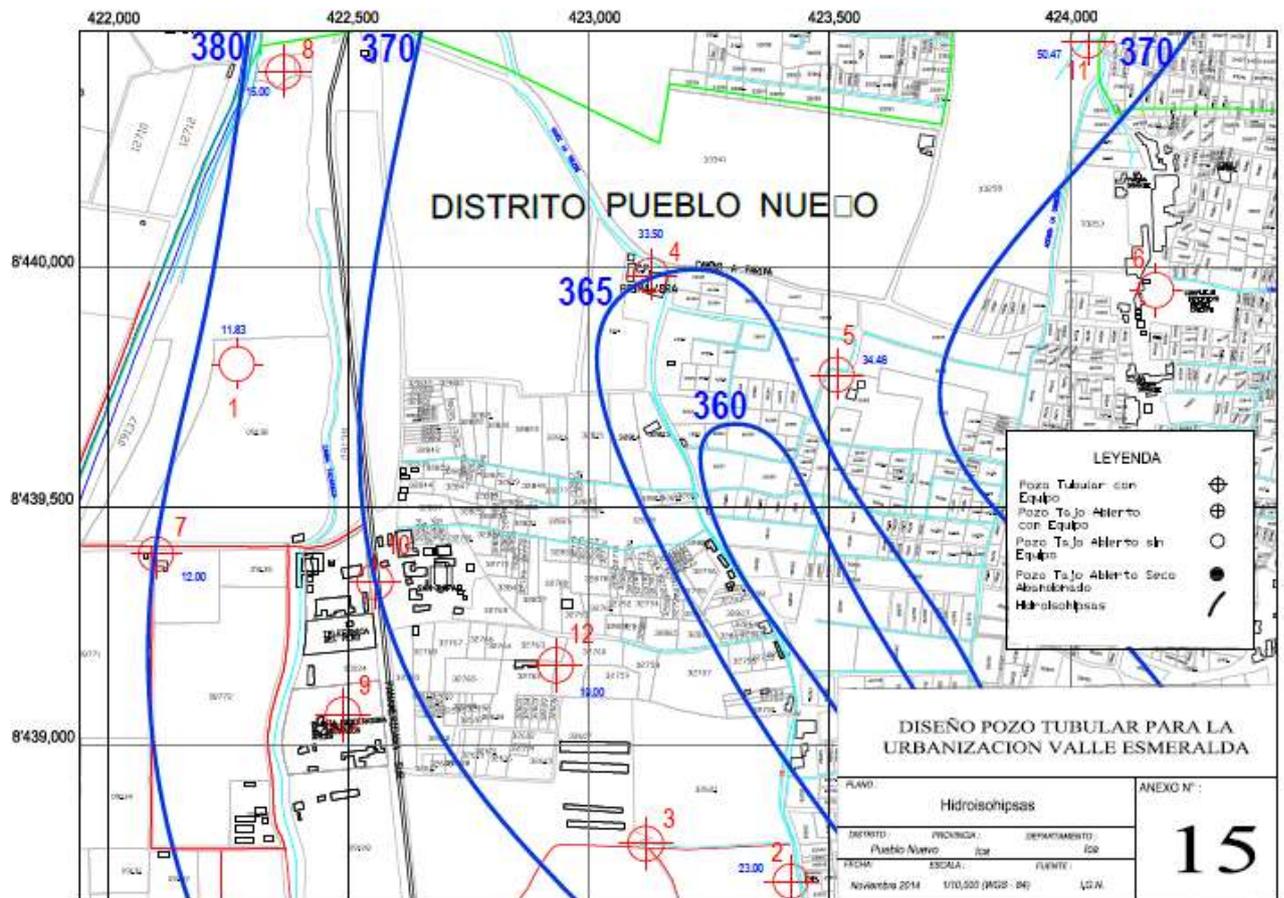
Marcar con un aspa sólo una alternativa.

1. ¿El mejoramiento de los sistemas de agua potable satisface sus necesidades cotidianas?  
Si ( )  
No ( )
2. ¿Desde que mejoraron los sistemas de abastecimiento de agua potable en la urbanización ha mantenido su eficiencia durante los últimos meses?  
Si ( )  
No ( )
3. ¿Los caudales hídricos del río Ica abastece de forma continua la demanda total de la urbanización Valle Esmeralda?  
Si ( )  
No ( )
4. ¿El mejoramiento realizado en los sistemas de agua son exclusivamente para sistemas con conexiones domiciliarias?  
Si ( )  
No ( )
5. ¿La urbanización Valle Esmeralda satisface sus requerimientos de agua potable en base a la explotación de agua subterránea?  
Si ( )  
No ( )

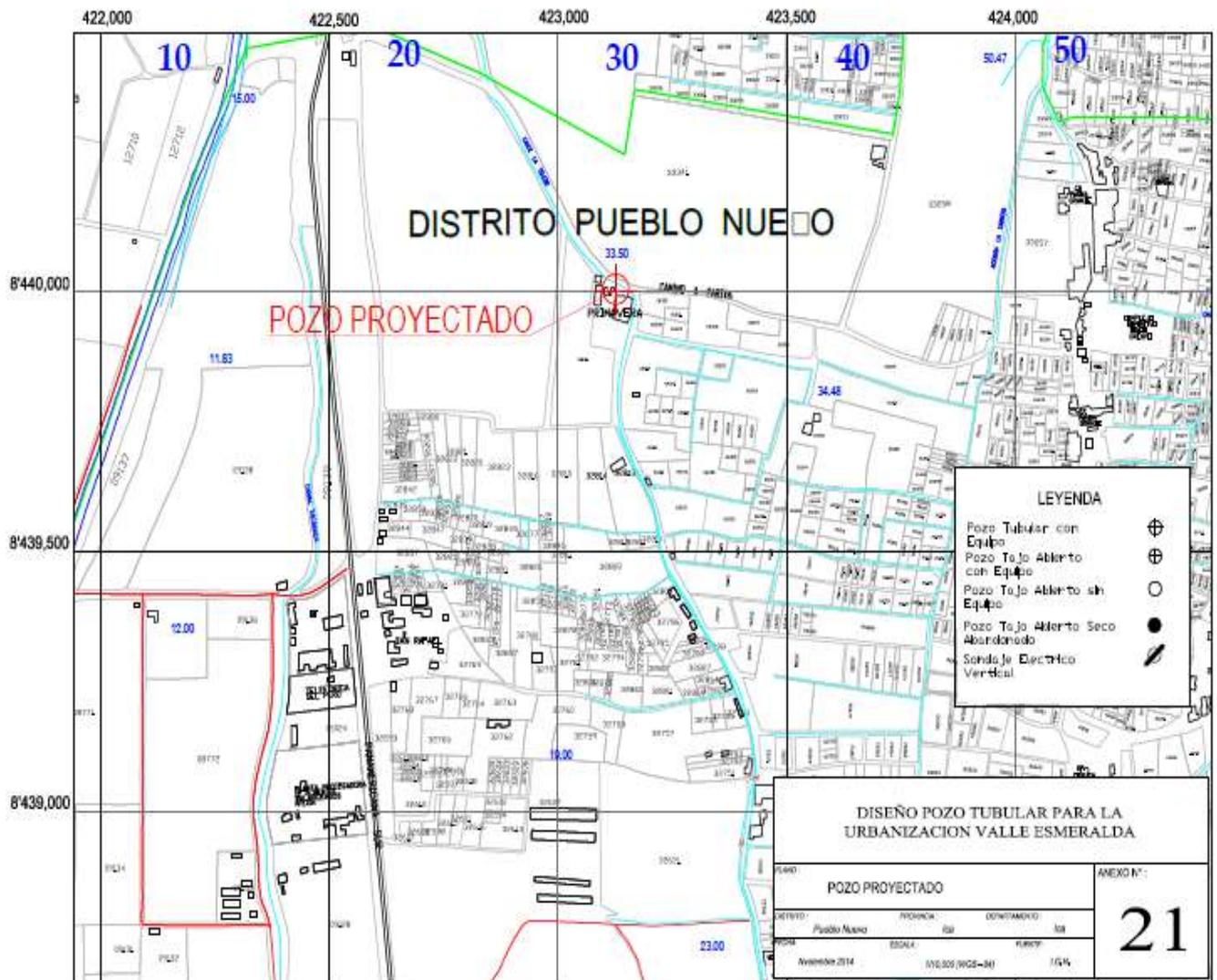
6. ¿Se cuenta con fuentes de agua superficial en la urbanización Valle Esmeralda?
- Si            ( )
- No            ( )
7. ¿Está prohibido verter o emitir cualquier residuo, sólido, líquido o gaseoso que pueda contaminar las aguas?
- Si            ( )
- No            ( )
8. ¿Se realizan pruebas de laboratorio físico y bacteriológico para determinar la calidad del agua?
- Si            ( )
- No            ( )
9. ¿Ha observado turbidez o agua con apariencia opaca?
- Si            ( )
- No            ( )
10. ¿Cree usted que el pozo está libre de bacterias?
- Si            ( )
- No            ( )











### MEJORAMIENTO DEL POZO IRHS-07

ICA - 2014

