

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**DOCTORADO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

**TESIS**

Calidad del Agua en Función de Turbidez y Coliformes en la Planta  
de Tratamiento La Quesera, Sucre, Celendín, 2016-2017

Para optar el Grado Académico de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

Presentada por:

**AGUSTÍN EMERSON MEDINA CHÁVEZ**

Asesor

**Dr. NILTON DEZA ARROYO**

**CAJAMARCA, PERÚ**

**2018**

**COPYRIGHT © 2018 by**  
**AGUSTÍN EMERSON MEDINA CHÁVEZ**  
Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



## **DOCTORADO EN CIENCIAS**

### **MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

#### **TESIS APROBADA:**

Calidad del Agua en Función de Turbidez y Coliformes en la Planta  
de Tratamiento La Quesera, Sucre, Celendín, 2016-2017

Para optar el Grado Académico de

#### **DOCTOR EN CIENCIAS**

Presentada por:

AGUSTÍN EMERSON MEDINA CHÁVEZ

#### **Comité Científico**

Dr. Nilton Deza Arroyo  
Asesor

Dra. Rosa Llique Mondragón  
Miembro del Comité Científico

Dr. Carlos Rosales Loredo  
Miembro de Comité Científico

Dr. Teófilo Torrel Pajares  
Miembro de Comité Científico

Cajamarca – Perú

2018



# Universidad Nacional de Cajamarca

## Escuela de Posgrado

CAJAMARCA - PERU

### PROGRAMA DE DOCTORADO

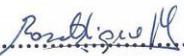
#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DOCTORADO EN CIENCIAS

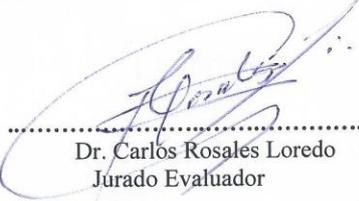
#### MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Siendo las diez de la mañana del día jueves veintitrés de agosto del año dos mil dieciocho, reunido en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el Dr. Severino Torrel Pajares, Dra. Rosa Llique Mondragón, Dr. Carlos Rosales Loredo, como integrantes del jurado titular; y en calidad de Asesor, el Dr. Nilton Deza Arroyo. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN DE TURBIDEZ Y COLIFORMES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO LA QUESERA, SUCRE, CELENDÍN, 2016-2017**; presentada por el M.Cs. **AGUSTÍN EMERSON MEDINA CHÁVEZ**, con la finalidad de optar el Grado Académico de **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR con la calificación de EXCELENTE (17) la mencionada Tesis; en tal virtud, el M.Cs. **AGUSTÍN EMERSON MEDINA CHÁVEZ**, con la finalidad de optar el Grado Académico de **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**.

Siendo las 11:20 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
Dra. Rosa Llique Mondragón  
Jurado Evaluador

  
.....  
Dr. Carlos Rosales Loredo  
Jurado Evaluador

  
.....  
Dr. Severino Torrel Pajares  
Presidente -Jurado Evaluador

**A:**

La memoria de mis padres, quienes me legaron el camino de la verdad y la justicia.

Mis hermanos presentes y ausentes con quienes enfrentamos juntos un tramo de nuestras vidas, por sus gratos recuerdos.

Mi esposa Reveca y queridos hijos: Lezly, Diana y Henry con quienes tengo la dicha de compartir parte de mi vida y a los cuales les debo la alegría de vivir.

Las normas por si solas no hacen inocua el agua, porque ésta amerita controles de calidad permanentes, lo que incrementa los costos de servicio y reduce las posibilidades de las personas, con menos recursos económicos, a beber agua segura.

Emerson

## CONTENIDO

|  |      |
|--|------|
| AGRADECIMIENTOS .....  | xiii |
| LISTA DE ABREVIACIONES .....   | xiv  |
| RESUMEN.....   | xv   |
| ABSTRACT .....   | xvi  |
| CAPÍTULO I .....   | 17   |
| 1 INTRODUCCIÓN.....  | 17   |
| CAPÍTULO II.....   | 26   |
| 2 MARCO TEÓRICO .....  | 26   |
| 2.1 Antecedentes de la investigación o marco referencial.....              | 26   |
| 2.2 Marco legal.....   | 28   |
| 2.3 Bases Teóricas .....   | 34   |
| 2.3.1 Agua potable.....  | 34   |
| 2.3.2 Parámetros físicos.....  | 37   |
| 2.3.3 Parámetros Bacteriológicos.....                                      | 37   |
| 2.3.4 Calidad del agua para consumo humano.....                            | 38   |
| 2.3.5 Presencia de agentes patógenos en el agua .....                      | 41   |
| 2.3.6 Tratamiento de las aguas de las fuentes de origen.....               | 42   |
| 2.3.7 <i>Escherichia coli</i> y bacterias coliformes termotolerantes ..... | 43   |
| 2.3.8 Filtración .....   | 45   |
| 2.3.9 Filtros lentos de arena .....  | 45   |
| 2.3.10 Turbidez .....  | 46   |
| 2.3.11 Temperatura.....  | 47   |
| 2.3.12 pH.....   | 48   |
| 2.3.13 Raspados del Biofilm .....  | 50   |
| 2.4 Definición de términos básicos .....                                   | 50   |

|   |        |
|---|--------|
| CAPÍTULO III .....  | 52     |
| 3 MATERIALES Y MÉTODOS .....  | 52     |
| 3.1 Ubicación geográfica y política.....  | 52     |
| Ubicación política.....   | 53     |
| 3.2 Descripción de la zona de estudio del manantial La Quesera .....  | 54     |
| a. Cuenca de recolección del manantial La Quesera .....   | 54     |
| b. Red hidrográfica y topografía zona La Quesera.....   | 56     |
| c. Hidrogeología de la zona manantial La Quesera .....  | 56     |
| d. Precipitaciones promedio anuales en la zona manantial La Quesera .....                                       | 58     |
| e. Uso actual del agua de La Quesera. ....  | 58     |
| f. Geología de la zona La Quesera.....  | 59     |
| g. Suelos en la zona del manantial La Quesera .....   | 63     |
| h. Uso actual del suelo en la zona del Manantial La Quesera.....  | 64     |
| 3.3 Características del agua del manantial La Quesera antes del ingreso a la Planta de Tratamiento de Agua..... | 66     |
| 3.4 Descripción de la zona de estudio de la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera .....                      | 69     |
| 3.5 Diseño Metodológico.....  | 72     |
| 3.6 Etapas de la investigación .....  | 74     |
| 3.7 Equipos, materiales, insumos .....  | 78     |
| <br>CAPÍTULO IV .....   | <br>80 |
| 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....   | 80     |
| <br>CAPÍTULO V.....   | <br>97 |
| 5 CONCLUSIONES.....   | 97     |
| <br>CAPÍTULO VI .....   | <br>99 |

|   |     |
|---|-----|
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 99  |
| CAPÍTULO VII.....   | 103 |
| APÉNDICE .....  | 103 |
| Apéndice A. Panel fotográfico .....   | 103 |
| Apéndice B. Resumen de temperatura y pH .....                                     | 111 |
| Apéndice C. Informes de mecánica de suelos de calicata filtro de arena .....      | 112 |
| Apéndice D. Informes de análisis de muestras de agua.....                         | 114 |
| Apéndice E formato para control de los FLA-raspados Biofilm.....                  | 136 |
| ANEXOS.....   | 137 |
| Anexo 1. Características técnicas de la PTAP La Quesera .....                     | 137 |
| Anexo 2. Recipientes y tipo de conservantes por grupo de determinaciones .....    | 141 |
| Anexo 3. Estimación de la densidad de bacterias –técnica tubos fermentación ..... | 145 |
| Anexo 4. Cadena de custodia de las muestras de agua .....                         | 146 |
| Anexo 5 Frecuencias de muestreo en sistemas urbanos .....                         | 148 |

## LISTA DE ILUSTRACIONES

### Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación geográfica La Quesera- Sucre.....   | 52 |
| Figura 2. Mapa de ubicación de la planta de tratamiento para agua potable La Quesera<br>..... | 53 |
| Figura 3. Vista de salida sumidero, captación y presedimentador .....                         | 54 |
| Figura 4. Delimitación del área La Quesera.....   | 55 |
| Figura 5. Red hidrográfica y topografía zona La Quesera .....                                 | 56 |
| Figura 6. Vista del sumidero ubicado zona de Tincat.....                                      | 57 |
| Figura 7. Recarga hídrica zona manantial La Quesera .....                                     | 58 |
| Figura 8. Vista panorámica zona manantial La Quesera.....                                     | 59 |
| Figura 9. Geología zona manantial La Quesera .....  | 62 |
| Figura 10. Suelos zona manantial La Quesera .....   | 63 |
| Figura 11. Uso actual del suelo zona manantial La Quesera.....                                | 65 |
| Figura 12. Ruta de monitoreo antes de la PTAP La Quesera.....                                 | 67 |
| Figura 13. Turbidez antes de la PTAP La Quesera.....  | 68 |
| Figura 14. Coliformes termo tolerantes antes de la PTAP La Quesera .....                      | 68 |
| Figura 15. Vista de la PTAP La Quesera .....  | 70 |
| Figura 16. Vista del raspado de la piel de filtro en la PTAP La Quesera .....                 | 71 |
| Figura 17. Esquema de los puntos de muestreo en la PTAP La Quesera .....                      | 73 |
| Figura 18. Turbidez del agua en P-1 .....   | 81 |
| Figura 19. Turbidez del agua en P-2.....  | 82 |
| Figura 20. Turbidez del agua en P-3.....  | 83 |
| Figura 21. Turbidez del agua en P-4.....  | 84 |
| Figura 22. NMP/100 mL de Coliformes Termotolerantes P1 .....                                  | 85 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 23. NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes P-2 .....                 | 86  |
| Figura 24. NMP/100 ml de Coliformes Termo tolerantes P-3 .....                | 87  |
| Figura 25. NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes P-4 .....                 | 88  |
| Figura 26. PTAR Caserío Tincat-Sucre .....                                    | 103 |
| Figura 27. Captación manantial La Quesera .....                               | 103 |
| Figura 28. Toma de muestra captación manantial La Quesera .....               | 104 |
| Figura 29. Presedimentador después de la captación manantial La Quesera ..... | 104 |
| Figura 30. Mosaico de fotos PTAP La Quesera y reservorio El Cumbe .....       | 105 |
| Figura 31. FLA PTAP La Quesera en funcionamiento.....                         | 105 |
| Figura 32. FLA PTAP La Quesera filtros colmatados.....                        | 106 |
| Figura 33. Raspado del biofilm PTAP La Quesera .....                          | 106 |
| Figura 34. Lavado de arena luego del raspado. Trabajadores sin EPP .....      | 107 |
| Figura 35. Reposición de capa de arena en FLA de la PTAP La Quesera.....      | 107 |
| Figura 36. Extracción de arena y grava lecho filtrante del FLA .....          | 108 |
| Figura 37. Espesor de las capas lecho filtrante del FLA.....                  | 108 |
| Figura 38. Vía de acceso a la PTAP La Quesera en malas condiciones .....      | 109 |
| Figura 39. Equipos de medición parámetros de campo .....                      | 109 |
| Figura 40. Puerta de ingreso a la PTAP La Quesera.....                        | 109 |
| Figura 41. Equipo de cloración de la PTAP La Quesera .....                    | 110 |
| Figura 42. Esquema del lecho filtrante de los FLA en la PTAP La Quesera ..... | 138 |

## Tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Estándares nacionales de calidad ambiental ECA-DS-N°004-2017-MINAM .  | 30 |
| Tabla 2. Selección de los procesos de tratamiento como posible solución de abastecimiento de agua potable para comunidades rurales depende de la calidad del agua cruda..... | 40 |
| Tabla 3. Geología de la zona manantial La Quesera .....  | 62 |
| Tabla 4 Suelos de la zona manantial La Quesera .....   | 64 |
| Tabla 5 Uso actual de los suelos de la zona manantial La Quesera.....  | 65 |
| Tabla 6. Calidad del agua cruda del manantial La Quesera .....   | 66 |
| Tabla 7. Muestreo en la captación La Quesera.....  | 69 |
| Tabla 8. Distancia de la ciudad de Celendín hacía la PTAP La Quesera.....  | 69 |
| Tabla 9. Período seco y período húmedo de monitoreo.....   | 72 |
| Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la turbidez del agua en P1.....   | 80 |
| Tabla 11. Estadísticos descriptivos de la turbidez del agua P2 .....   | 81 |
| Tabla 12. Estadísticos descriptivos de la turbidez del agua P3 .....   | 82 |
| Tabla 13. Estadísticos descriptivos de la turbidez del agua P4 .....   | 83 |
| Tabla 14. Estadísticos descriptivos de la turbidez del agua en el P5.....  | 84 |
| Tabla 15. Estadísticos NMP/100 mL de coliformes termotolerantes P1 .....   | 85 |
| Tabla 16. Estadísticos NMP/100 mL de coliformes termotolerantes P2 .....   | 86 |
| Tabla 17. Estadísticos descriptivos de NMP/100 ml de C. Termotolerantes P3 .....   | 87 |
| Tabla 18. Estadísticos descriptivos de NMP/100 ml de C. Termotolerantes P4 .....   | 88 |
| Tabla 19. Estadísticos descriptivos del NMP/100 ml de C. Termotolerantes P5 .....  | 89 |
| Tabla 20. Resumen de resultados de los parámetros evaluados .....  | 89 |
| Tabla 21. Resumen de eficiencia de los FLA en remoción de turbidez.....  | 90 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 22. Resumen de eficiencia de los FLA en remoción de coliformes termotolerantes .....  | 95  |
| Tabla 23. Resultados de investigaciones comparadas con la presente .....  | 96  |
| Tabla 24. Datos muestreo de la temperatura .....  | 111 |
| Tabla 25. Datos muestreo del pH .....   | 111 |
| Tabla 26. Especificaciones técnicas para FLA.....   | 137 |
| Tabla 27. Resumen del dimensionamiento de los filtros de arena .....  | 138 |
| Tabla 28. Granulometría de la capa soporte de grava.....  | 140 |
| Tabla 29. Recipientes y tipo de conservantes por grupo de determinaciones .....   | 141 |
| Tabla 30. Conservación y preservación de muestras de agua en función del parámetro evaluado .....                                   | 141 |
| Tabla 31. Reducciones de la carga de bacterias, virus y protozoos logrados mediante tratamientos del agua típicos y mejorados ..... | 142 |
| Tabla 32. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos .....   | 143 |
| Tabla 33. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica .....  | 144 |

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darles la vida a mis padres, darme la oportunidad de ver crecer a mis hijos, bendecirme para contribuir con la búsqueda de la verdad y la práctica de la justicia.

A mi asesor, el distinguido Dr. Nilton Deza Arroyo, por los aportes y orientación brindada en el desarrollo de la presente tesis.

A la Municipalidad Provincial de Celendín por darme las facilidades para el ingreso a las diferentes partes del Sistema de Agua Potable La Quesera y también por el apoyo con el análisis de laboratorio de dos muestreos.

A las personas que participaron en el levantamiento de la información de campo, una de las tareas más tediosas.

También un sincero agradecimiento al Comité Científico, por sus valiosas sugerencias al mejoramiento del proyecto de tesis y del informe final del mismo.

## LISTA DE ABREVIACIONES

|             |   |
|-------------|---|
| Art., Arts. | : Artículo, Artículos.  |
| C.T         | : Coliformes termotolerantes.                                   |
| CO          | : Compuestos Orgánicos Volátiles.                               |
| DIGESA      | : Dirección General de Salud Ambiental.                         |
| ECA         | : Estándar Calidad del Ambiental.                               |
| FLA         | : Filtros lentos de arena.                                      |
| LMP         | : Laboratorio Regional del Agua.                                |
| LRA         | : Límite Máximo Permisible.                                     |
| MINAM       | : Ministerio de Transportes y Comunicaciones.                   |
| MTC         | : Ministerio del Ambiente.                                      |
| NMP/100mL   | : Número más Probable de Coliformes por cada 100 mL de muestra. |
| OMS         | : Organización Mundial de la Salud.                             |
| Ppm         | : Partes por millón.  |
| PTAP        | : Planta de tratamiento de aguas residuales.                    |
| PTAR        | : Planta de tratamiento para agua potable.                      |
| RNE         | : Reglamento Nacional de Edificaciones.                         |
| UNT         | : Unidad Nefelométricas de Turbidez                             |

## RESUMEN

Se evaluó la calidad del agua para consumo humano en la Planta de Tratamiento de Agua Potable La Quesera, Sucre, Celendín, teniendo en cuenta dos parámetros, la turbidez y coliformes termotolerantes presentes en el agua, se midieron en cinco puntos, uno al ingreso del agua a la planta, otro a la salida de la planta luego de pasar por un sistema de filtros lentos de arena, el tercer punto luego de un proceso de cloración, el cuarto punto a la llegada al reservorio El Cumbe y un quinto punto en la red de distribución. El muestreo se realizó en forma mensual desde el mes de diciembre del año 2016 hasta el mes de noviembre del 2017. El análisis de las muestras se hizo en el Laboratorio Regional del Agua, utilizando los métodos de ensayo SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 22 nd Ed.2012: Turbidity. Nephelometric Method para la turbidez y los métodos de ensayo SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 22 nd Ed.2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure para coliformes .Los resultados promedio se compararon con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental ECA-DS N°004-2017-MINAM a la entrada y salida de la planta y en los otros puntos con los LMP según el DS-N°031-2010-SA DIGESA, obteniéndose en el ingreso a la planta 106,86 NMP/100mL de coliformes termotolerantes y 4,58 de UNT, a la salida de la planta 6,74 NMP/100ml de coliformes termotolerantes y 0,93 UNT, en el tercer punto luego del proceso de cloración 2,07 NMP/100mL de coliformes termotolerantes y 0,39 UNT, a la llegada al reservorio se registró 2,98 NMP/100mL de coliformes termotolerantes y 0,65 UNT, en la red de distribución 0,41 UNT y 1,15 NMP/100mL, ligeramente menor que 1,18 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes. La calidad del agua en los dos parámetros evaluados cumple con las normas peruanas, anteriormente citadas.

**Palabras clave:** Turbidez, Coliformes termotolerantes, Planta de Tratamiento para Agua Potable.

## ABSTRACT

The quality of the water for human consumption was evaluated in La Quesera, Sucre, Celendín Drinking Water Treatment Plant, taking into account two parameters, the turbidity and thermotolerant coliforms present in the water, and they were measured in five points, one at the entrance of the water to the plant, another to the exit of the plant after going through a system of slow sand filters. The third point after a chlorination process, the fourth point on arrival of the water at the reservoir El Cumbe and a fifth point in the distribution network. Sampling was carried out monthly from December 2016 until November 2017. The analyses of the samples was done in the Regional Water Laboratory, by using the following methods SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 22 nd Ed.2012: Turbidity. Nephelometric Method for turbidity and SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 22 nd Ed.2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure for coliforms. The results were compared with the National Environmental Quality Standards ECA-DS N° 004-2017-MINAM at the entrance and exit of the plant and at the other points with the LMP according to DS-N ° 031-2010 DIGESA, obtained at the entrance to the plant 106.86 / MPN 100mL of heat-tolerant coliforms and 4.58 of NUT, at the outlet of the plant 6.74 MPN / 100ml of heat-tolerant coliforms and 0.93 NUT, in the third point after the chlorination process 2 , 07 MPN / 100mL of thermus tolerant coliforms and 0.39 NUT, on arrival at the reservoir registered 2.98 MPN / 100mL of heat-tolerant coliforms and 0.65 NUT, in the distribution network 0.41 NUT and 1.15 MPN / 100mL, slightly lower than 1.18 MPN / 100mL of thermo tolerant coliforms. The quality of the water in the two parameters evaluated complies with Peruvian standards, previously mentioned.

Key words: Turbidity, heat tolerant coliforms, Treatment Plant for Drinking Water.

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUCCIÓN

El agua es vital para reducir la carga mundial de enfermedades y para mejorar la salud, el bienestar y la productividad de las poblaciones así como para la producción y la preservación de una serie de beneficios y servicios de los que gozan las personas (INEGI 2015). Por estas razones, el abastecimiento de este líquido debe ser seguro para los habitantes, debido a que la mayoría de los problemas de salud están relacionados con la calidad del agua. (Burgos y Agudo citado por Álvarez y Nadal 2012).

Estudios realizados por Rojas (2002), la vigilancia y el control de la calidad microbiológica del agua para consumo humano deben ser actividades rutinarias y de primordial importancia, pues se reconoce que los mayores riesgos de enfermedades causadas por microorganismos patógenos están relacionados con la ingestión de agua contaminada con heces humanas o de animales. Estos agentes patógenos muchas veces superan las barreras de protección de la fuente, los sistemas de tratamiento y la distribución o proliferan dentro de los sistemas de distribución, por lo que se hace necesario que las medidas de control sean eficaces.

En los países como el nuestro, donde se desconoce el número de sistemas de abastecimiento de agua, cuántos de estos están operando en forma eficiente y cuál es la calidad del agua para consumo humano que proporcionan a las personas, se han planteado varias alternativas para el tratamiento de aguas superficiales a bajo costo de operación y mantenimiento, dentro de las cuales podemos citar a los filtros lentos de arena, los cuales todavía presentan ciertas deficiencias en la eliminación a niveles sanitarios que sean aptos para consumo humano. Dos son los parámetros más importantes en el control de la eficiencia del tratamiento en la remoción de coliformes y turbidez, aunque para algunos

autores, este último es el parámetro más importante de control, cuando este está por debajo del valor 1 UNT.

La turbidez tiene una gran importancia sanitaria, ya que refleja una aproximación del contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas, por lo que puede ser indicio de contaminación (Espigares y Fernández 1999). Los mismos autores indican que elevados niveles de turbidez pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y aumentar la demanda de cloro. En muchos casos no se logra destruir los patógenos y las bacterias fecales, aglomerados o absorbidos por partículas.

La OMS (1998) concluye que la turbidez debe ser baja para que la desinfección sea eficaz y que bajen los riesgos de que el agua potable vehiculice tóxicos que se manifiesten en diversas enfermedades crónicas. Asimismo Marco et al. (2004), destaca la importancia de la presencia de algas, rotíferos y otras especies, como parte de un fito y zooplancton detectable, no sólo en los cursos de agua superficiales sino también en las redes de distribución.

Los parámetros bacteriológicos tienen todavía mayor importancia para el dictamen higiénico de las aguas. A tal fin es preciso hallar el número de gérmenes saprófitos o de colonias procedentes del intestino humano como indicadores de contaminación fecal. A este respecto, conviene destacar la importancia que tienen las cifras de *E. coli* y coliformes. La especie *Escherichia coli* se desarrolla en el intestino del hombre y de los animales homeotermos, muchos de estos abundan en las aguas residuales y superficiales (Rheinheimer 1987)

En base a lo antes expuesto, se evidencia que cualquier sistema de tratamiento de agua para consumo humano, cuyas fuentes de abastecimiento estén negativamente impactadas por actividades antrópicas, representa un riesgo para la salud de la población, debido a

que podría generar un agua insegura. Este es el caso de la planta de tratamiento para agua potable ubicado en el caserío La Conga de Urquíá distrito de Sucre en Celendín, una planta de filtración lenta de arena que entró en funcionamiento en el año 2016, cuya fuente de abastecimiento es una corriente de agua superficial, receptora de residuos de diversas actividades como la agricultura, ganadería y servicio de alcantarillado.

La ciudad de Celendín cuenta con una población actual de 22 504 habitantes y agua potable procedente del manantial Molino Pampa, el cual tiene un caudal promedio de 64,3 L/s, volumen que, por acuerdo entre la Municipalidad de Celendín y la Comunidad de Molino Pampa se comparte equitativamente, siendo el destinado al consumo humano (33 L/s) insuficiente para cubrir las necesidades de consumo de la población Celendina. Debido a ello, en el año 2007, se elaboró un proyecto de mejoramiento de los sistemas de agua potable, alcantarillado y la PTAR, el que hasta la fecha no ha sido recibida por presentar serias deficiencias en su ejecución y diseño. Paralelamente a esto, la Municipalidad provincial de Celendín elaboró un nuevo proyecto para resolver los problemas de desabastecimiento de agua del manantial Molino Pampa, ubicando una nueva fuente de agua superficial en el lugar denominado La Quesera, jurisdicción del distrito de Sucre. Sin embargo, aguas arriba de la captación se desarrollan actividades agrícolas, ganaderas y existe servicio de alcantarillado y una PTAR en el lugar denominado Tincat del cual se desconoce la calidad de su efluente de aguas hacia la quebrada que desemboca en el tragadero Tincat. Además, el proyecto elaborado, no precisa el estudio hidrogeológico de la fuente, cuyos análisis biológicos, físicos y químicos, lo califican como no apta para el consumo humano, pues sus niveles de coliformes fecales y turbidez superan a los establecidos por los LMP (Tabla 1).

Para superar este problema de las coliformes fecales y la turbidez se planteó y construyó un presedimentador y una planta de tratamiento de filtro lento de arena. Sin

embargo, Marrón (1999), advierte que cuando los niveles de coliformes fecales y turbidez de las fuentes de abastecimiento de agua superan 2400 UFC/100 mL y 64,3 UNT, respectivamente, los filtros de arena no son suficientes para asegurar una buena calidad de agua, razón por la cual el autor recomienda descartar esta fuente de abastecimiento de agua o complementar esta alternativa técnica con otras como pre filtro de gravas en capas con flujo ascendente, y cloración, lo que sin duda impactaría en los costos de producción del agua potable. Esta recomendación ha sido parcialmente tomada en cuenta por la Empresa Agua Limpia, encargada del diseño del sistema de tratamiento de agua La Quesera, pues ha incluido la construcción de un presedimentador después de evaluar la calidad del agua de la fuente en una sola oportunidad (octubre de 2012), incumpliendo así los lineamientos técnicos establecidos por Marrón (1999), quien sostiene que estas evaluaciones deben realizarse a lo largo del año, si el propósito es producir agua segura. En suma, las fuentes de agua superficiales, de acuerdo a sus cualidades particulares de su composición química, biológica y física, necesitan un tratamiento cuando superan los LMP para hacerlos aptos para el consumo humano, y las tecnologías usadas, en este caso sedimentador y filtro lento de arena no son una garantía suficiente para eliminar la turbidez y los patógenos, por lo que ameritó realizar el estudio el cual pone en evidencia si los FLA están eliminando adecuadamente la turbidez y las coliformes termotolerantes presentes en la fuente de agua.

En el expediente técnico de dicha obra se muestra los análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, de los cuales solamente lo que corresponde a la turbidez y coliformes tienen valores superiores a los establecidos por los LMP (Tabla 1). Esto ha sido y es una preocupación tanto para los consumidores como para las autoridades, pues no hubo garantía que el agua que egresa de la planta de tratamiento, con FLA, sea agua segura para la población. Bajo este contexto se hizo el presente estudio a fin de responder

a las preguntas ¿Cuál es la calidad del agua en relación a turbidez y coliformes termo tolerantes de la Planta de Tratamiento de Agua para consumo humano La Quesera? ¿Eliminan adecuadamente los FLA el número de coliformes termo tolerantes y la turbidez? ¿Bajo qué condiciones está funcionando la planta en la remoción de la turbidez y la presencia de coliformes termos tolerantes? ¿El agua en la planta de tratamiento, línea de conducción y red de distribución cumple con lo establecido por DIGESA como agua para consumo humano en los parámetros de turbidez y coliformes termotolerantes?

También se conoce en que los expedientes técnicos para obras de saneamiento se hacen en base al RNE y específicamente la norma OS.020 Plantas de tratamiento de agua para consumo humano y en lo referente a FLA, las cuáles son evaluadas por el Ministerio de Vivienda Construcción Agua y Saneamiento, antes de ser ejecutadas; por lo que nuestra Hipótesis es: La calidad del agua, en función de la turbidez y coliformes termo tolerantes, en la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera, Sucre, Celendín se mantiene dentro de los límites establecidos por la DIGESA, durante todo el período 2016-2017.

Los objetivos que se plantearon en la investigación fueron:

### **Objetivo general**

- Determinar la calidad del agua, en función de turbidez y coliformes termotolerantes, en la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera, Sucre, Celendín, durante el año 2016-2017.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar la turbidez del agua, de la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera, Sucre, Celendín, durante el año 2016-2017.
2. Determinar la cantidad de Coliformes termotolerantes en el agua de la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera en Sucre-Celendín, durante el año 2016-2017.

3. Determinar la cantidad de Coliformes termotolerantes y la turbidez del agua, en el reservorio y red de distribución, proveniente de la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera en Sucre, Celendín durante el año 2016-2017.

Ramírez (2011), nos menciona que la implementación de tecnologías apropiadas para la purificación del agua, constituye una práctica usual hoy día en los países en desarrollo, entre las cuales se encuentra la filtración del agua a través de dispositivos con medios porosos que permiten obtener un agua efluente con buena calidad físico-química y bacteriológica.

La primera planta de filtración lenta que se recuerda se instaló en Paisley, Escocia, en 1804 y desde entonces este tipo de sistema se ha usado ininterrumpidamente en Gran Bretaña y el resto de Europa, principalmente por su gran eficiencia en la remoción de microorganismos patógenos.

Casi en todos los países se ha venido utilizando el proceso de filtración lenta con arena; pero en los países del tercer mundo a mayor escala. Este proceso se ha mejorado en razón que se ha implementado desde el uso a nivel poblacional hasta el nivel domiciliario, más que por conocimiento de la calidad del agua, por precaución de la misma. Según OMS (2006) los procesos de filtración reducen casi hasta el 99 % de carga bacteriana y 90 % la turbidez (anexo 2). Esto depende de muchas condiciones bajo las cuales pueden elevar o disminuir estos promedios, hay mucho que comprobar y validar, haciendo, por ejemplo, variaciones de caudal, temperatura, pH, tasa de infiltración, operación, mantenimiento de filtros biológicos, evaluando a escala natural, como es nuestro caso, lo que hacen de este proceso un laboratorio de experimentación y la generación de nuevos conocimientos. En el presente trabajo se da respuesta a como varía la calidad del agua en la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera en función de la turbidez y los Coliformes termo tolerantes presente en ella a fin de verificar a escala real si el agua de su efluente cumple

con los LMP de calidad del agua para consumo humano, lo que permitió, también ver si la planta cumple con su cometido en cuanto a remoción de carga bacteriana y disminución de la turbidez del agua a través de un medio poroso y el funcionamiento bajo las condiciones específicas climáticas, operativas, espesor de la capa de arena, raspado de la capa biológica, maduración de la capa biológica y de calidad del agua superficial de la fuente de origen, para mejorar en las futuras plantas en beneficio de las poblaciones. Los resultados no se pueden generalizar, sino más bien informar a la comunidad científica de cómo varía la calidad del agua del efluente de la planta en función de la turbidez y coliformes termotolerantes en diferentes épocas del año, lo cual nos mostrará si el agua cumple con los requisitos de calidad de agua para consumo humano.

Otra de los motivos de la investigación fue determinar si el agua del efluente de la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera, presenta las características apropiadas en cuanto a coliformes y turbidez, antes del proceso de desinfección con cloro, después del mismo para disipar dudas sobre la calidad del agua que se consume en la ciudad de Celendín, no obstante de haber colocado las barreras de eliminación de coliformes y reducción de la turbidez; de estas, no habido una evaluación en las diferentes épocas del año, como lo recomienda la OMS (2006), se desconoce las razones. Las UNT de turbidez son elevadas en la fuente, si el agua no recibe un tratamiento que reduzca a niveles de 1UNT el tratamiento mediante la desinfección con cloro lo hace ineficaz. Esta fue la razón de la presente investigación determinar las cantidades de NMP/100ml, cantidad de UNT en el efluente de esta planta como también, mediante estos indicadores se puede determinar si el tratamiento con filtros de arena es el apropiado a fin que la población beba un agua con calidad que se enmarque dentro de las normas sanitarias de nuestro país. El resultado se informará a los responsables del sector agua y saneamiento, autoridades locales, a fin de que tomen las medidas correctivas, si el caso amerita. Por las condiciones

en que se ha realizado el estudio, se puede contar como un estudio particular de caso, estudios sobre la calidad del agua en función de la turbidez y coliformes se hacen en muchos lugares del mundo, porque son parámetros que nos indican la calidad del agua, de los efluentes tratados con filtros lentos de arena, pero la originalidad es que todas las plantas no presentan los mismos problemas como : calidad de la fuente, condiciones climáticas, operación y mantenimiento, maduración de biofiltro, capacitación de operadores, regulación de caudales de infiltración, espesor de lecho de arena, lo que particulariza a esta investigación y lo hace original.

En el presente estudio se realizó el trabajo de campo que consistió en el recojo de información de la infraestructura construida de los FLA, el PH del Agua, TDS, Conductividad, temperatura, la presencia de cloro residual, raspados del biofilm, análisis del material en suspensión y la forma como se opera el sistema, que son las condiciones bajo las cuales se remueve la turbidez y coliformes termo tolerantes en la planta y línea de conducción de la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera.

A través de la presente investigación, se pone en evidencia la calidad del agua en función de la turbidez y coliformes termotolerantes presentes en el agua, antes y después de los filtros lentos de arena usada en la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera - Sucre-Celendín, durante las diferentes épocas del año, para lo cual se tomaron muestras antes y después de los filtros de arena, antes de la llegada al reservorio y en un punto crítico de la red de distribución, las mediciones se realizaron mensualmente, siguiendo los protocolos de toma, traslado y análisis de muestras el cual se hizo en el laboratorio regional del agua. En el primer capítulo se enuncia el problema de investigación, los objetivos que persiguen, la hipótesis, el procedimiento general de la investigación. En el Segundo Capítulo se presenta el marco teórico, que sustenta la investigación como los antecedentes de trabajos similares, luego en el Tercer Capítulo se presenta los materiales

y métodos usados en la investigación, en el Cuarto Capítulo se presenta los resultados y discusión donde se analizan de acuerdo a los objetivos del presente trabajo , así como se realizó el procesamiento de los datos; en el Quinto Capítulo se aborda las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron en la investigación, luego las referencias bibliográficas y finalmente los anexos donde se encuentran los datos más importantes de la investigación, los protocolos de toma de muestras y cadenas de custodia , así como información complementaria de la investigación.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación o marco referencial.

Existen investigaciones relacionadas con el presente tema de investigación, donde se mide la disminución de la turbidez y de coliformes al pasar el agua por medios porosos, uno de esos procesos más conocidos y más económicos son los filtros lentos de arena. Los FLA no sólo se han ensayado en las plantas de tratamiento, sino hasta en domicilios, previo a su consumo. Todos ellos apuntan que la turbidez y la cantidad de coliformes en el agua es un indicador de la calidad de agua que consumimos las personas. Se presenta a continuación algunos de ellos:

##### Antecedentes internacionales

Estudios realizados por la Universidad del Valle en Colombia, Lloyd et al. Citado por Cánepa (2003) en siete sistemas de filtración lenta también similares a los anteriores, indican que se está obteniendo un efluente con menos de 1 coliformes fecal/100 ml, antes de la desinfección. Los estudios efectuados demuestran que cuando las aguas están más contaminadas las eficiencias son mayores, obteniéndose reducciones de coliformes fecales de 2.6 a 5.5 niveles logarítmicos. Es posible que esto se deba, a que también hay una mayor cantidad de nutrientes en el agua cruda, lo cual ayuda a que el proceso sea más eficiente, como se analizó anteriormente.

Sánchez (1996) en su tesis “Limpieza de la biomembrana y su efecto en filtración lenta en arena, FLA” concluye que después de la limpieza de los FLA se debe garantizar que el afluente tenga un promedio de coliformes fecales menor a 500 UFC/100mL y menos de 5UNT de turbiedad, valores de 20 UNT no deberán ser introducidos en los FLA, en

razón que la limpieza reduce la capacidad de eliminación de los FLA. Esto fue probado a escala real.

Marco et al. (2004), en su artículo “La turbidez como indicador básico de la calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales...” considera que la turbidez del agua para consumo humano puede deberse a un tratamiento insuficiente en la PTAP o que el sedimento ha vuelto a quedar en suspensión en el sistema de distribución, así como a la existencia de conexiones cruzadas. También manifiesta que en muchos casos no se logra destruir los patógenos y las bacterias fecales, aglomerados o absorbidos por partículas.

Aguilar y Portela (2009), en la tesis: “Diseño y montaje de laboratorio de filtro lento de arena para agua potable” ensayaron a nivel de laboratorio el lavado y retro lavado de filtros para disminuir la turbidez obteniéndose una eficiencia de remoción superior al 99%.

Ramírez (2011), “Filtración lenta con arena para el tratamiento de agua en comunidades rurales elaboró un prototipo de filtro lento de arena con velocidad de filtración de 0.2m/h y caudal de 0.87 l/min observando después del periodo de maduración un incremento en la eficiencia de remoción de coliformes fecales de 59.1 %, coliformes totales de 84.3 % y de 56.2% en el color.

Arango (2013), La biofiltración una alternativa para la potabilización del agua, encontró que la filtración lenta de arena mejora significativamente los parámetros de calidad del agua. La separación de las bacterias coliformes totales fue de 99.4% o mayor. Esta tasa dependía de la profundidad del lecho, la reducción de la turbidez con altas tasas y valores que se reducen a 0.5 UNT.

La calidad del agua captada de corrientes superficiales no es constante, sino que se incrementa en la época húmeda y disminuye en la época seca, así lo indica García (2015),

en su trabajo de investigación “Calidad con fines humano de las aguas de la Cuenca río Naranjo, municipio Majibacoa, provincia Las Tunas”, concluye que la calidad del agua de la cuenca del río Naranjo alcanzaron rangos de turbiedad para el periodo húmedo entre 6,76 UNT y 9,39 UNT, valores superiores a 5 UNT. Para el periodo seco muestran niveles inferiores entre 1,7 UNT y 3,75 UNT.

#### Antecedentes nacionales

Estudios realizados en la planta de Azpitia, Pardón (1987), como conclusiones de su tesis: “El Proyecto de Abastecimiento de Agua de la Comunidad Rural de San Vicente de Azpitia. Cañete - Lima: consideraciones, desarrollo y evaluación de un sistema de tratamiento que implementa la Filtración Gruesa de Flujo Vertical en Grava” en un sistema constituido por sedimentador, pre filtro de flujo descendente de tres etapas y filtros lentos, reporta eficiencias parciales de reducción de coliformes fecales de 79.3% en la primera etapa del pre filtro, 51.4% en la segunda, 24.2% en la tercera y 92.4% en el filtro lento, esto es, una eficiencia total de 99.4%.

Según Cánepa (2003). En su artículo Filtración lenta como proceso de desinfección, evidencia que la remoción de coliformes fecales es afectada por las bajas temperaturas, el incremento de las tasas de velocidad, el uso de arena muy gruesa, lechos muy superficiales, variación del contenido de nutrientes y remoción periódica de la capa biológica.

## **2.2 Marco legal**

La calidad de la fuente de abastecimiento de agua regulado por el Ministerio del Ambiente (MINAM) mediante los Estándares de Calidad Ambiental para Agua ( ECAS-agua), el reglamento de control de la calidad de agua luego de su tratamiento ,que en nuestro caso es, el efluente de los filtro lento de arena, y algunos artículos que tienen que ver con el control de la calidad de agua para consumo humano, así como las atribuciones

de la Superintendencia Nacional de Agua y Saneamiento (Sunass) respecto a las sanciones a los prestadores de servicios de agua para consumo humano ,cuando hay incumplimiento de las normas de calidad de agua y sólo relacionado a la investigación, turbidez y los coliformes.

Artículos relacionados del compromiso del estado con la salud de las personas

Constitución política del Perú de 1993.

Art.2º,7º Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, teniendo derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad, así como el deber de contribuir a su promoción y defensa.

Los siguientes artículos de la Ley General de Salud 26842 (Ley 26842,1997)

Art.107º Establece que el abastecimiento de agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento.

Artículos relacionados con la calidad de las fuentes de agua ECA –DS N°004-2017-  
MINAM

Sobre el tratamiento de las aguas superficiales, captada para ser utilizadas para consumo poblacional de acuerdo a las normas deberán cumplir los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental.

Tabla 1. Estándares nacionales de calidad ambiental ECA-DS-N°004-2017-MINAM

| Parámetro                   | Unidad    | CLASE A1 | CLASE A2 | CLASE A3 |
|-----------------------------|-----------|----------|----------|----------|
|                             | UNT       | Valor    | Valor    | Valor    |
| Turbiedad                   |           | 5        | 100      | **       |
| Coliformes termotolerantes  | NMP/100ml | 20       | 2000     | 20000    |
| 44.5°C                      |           |          |          |          |
| Coliformes Totales 35-37 °C | NMP/100ml | 50       | 5000     | 50000    |

Fuente: MINAM 2017

NMP/100 ml Número Más Probable en 100 ml.

UNT Unidad Nefelometría Turbiedad.

A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con tratamiento convencional, que puede estar conformado por los siguientes procesos: Decantación, coagulación, floculación, sedimentación, y /o filtración, o métodos equivalentes; además de la desinfección de conformidad con lo señalado en la normativa vigente.

A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano que incluya tratamiento físico y químico avanzado como precloración, micro filtración,

ultra filtración, nana filtración, carbón activado, osmosis inversa o método equivalente; que sea esclarecido por el sector competente.

Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA.

Dado por la Dirección Nacional de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud del cual anotamos algunos artículos con relacionados con la investigación (DIGESA 2011).

Subcapítulo 1: Control de la calidad del agua potable.

Art.8° Las entidades que son responsables y/o participan en la gestión para asegurar la calidad del agua para consumo humano en lo que le corresponde de acuerdo a su competencia, en todo el país son las siguientes:

- Ministerio de Salud.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.
- Gobiernos Regionales.
- Gobiernos Locales Provinciales y Distritales.
- Proveedores del agua para consumo humano.
- Organizaciones comunales y civiles representantes de los consumidores.

Art.52° Obligaciones de las EPS en relación al control de la calidad del agua.

Las EPS deberán realizar el control de la calidad en las etapas de tratamiento, desinfección y distribución del agua.

Art.53° Del control de la calidad del agua potable.

Art. 55° Tratamiento del agua

b. En las plantas de tratamiento de agua cuyos procesos unitarios tengan como objetivo principal la remoción de sólidos, tales como partículas y coloides, las EPS deberían realizar como mínimo el control de la turbiedad y/o color según fuera el caso, pH, y de

los elementos que se agreguen en los procesos de tratamiento que pueden dejar elemento residual.

Art.56° Monitoreo, frecuencia y análisis de los parámetros de control.

Los puntos de muestreo obligatorio, conformado por un grifo de uso exclusivo y de fácil accesibilidad, estarán situados uno antes del primer proceso unitario (mezcla rápida) y otro antes del proceso de desinfección de la planta potabilizadora.”

Complementariamente podría instalar puntos de muestreo entre cada proceso unitario para determinar la eficacia del mismo”.

La SUNASS determina la frecuencia de muestro y la recolección y el análisis se realizará de acuerdo al artículo 53° literal c.

Art.60° Parámetros microbiológicos y otros organismos.

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Anexo I (Anexo 3), debe Estar exenta de:

- Bacterias coliformes totales, termo tolerantes y *Escherichia coli*.
- Virus.
- Huevos y larvas de helmintos, quistes y quistes de protozoarios patógenos.
- Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y Nematodos en todos sus estadios evolutivos.
- Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

Art.61° Parámetros de calidad organoléptica.

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el plan de control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en el Anexo II (anexo 4) del presente Reglamento. Del diez por ciento (10%) restante, el proveedor evaluará las causas que

originaron el incumplimiento y tomará medidas para cumplir con los valores establecidos en el presente Reglamento.

Art. 62° Muestreo del agua potable para análisis bacteriológico.

Cuando el agua tenga una turbiedad mayor a la establecida por la normatividad nacional vigente, las EPS deberán realizar el muestreo para la determinación de bacterias coliformes termotolerantes.

Art.63° Menciona que los parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua para consumo humano.

Coliformes totales, coliformes termo tolerantes, color, turbiedad, residual de desinfectante, pH.

Superintendencia Nacional de Agua y Saneamiento (SUNASS)

Esta institución es la que tiene potestad sancionadora a los prestadores del servicio de agua y saneamiento, la Digesa informa del hallazgo en cuanto a calidad del agua, por parte por los prestadores de este servicio.

SUNASS 2012

Sobre la frecuencia de muestreo de la calidad del agua se emite Resolución de Consejo Directivo N° 015-2012-SUNASS-CD Lima 27 de abril del 2012 donde se hace una separación para poblaciones menores de 5000 hab. Y para poblaciones de 5000 hab. Hasta 30000 habitantes que es nuestro caso, la toma de muestras en los diferentes componentes de los sistemas de agua potable. Captación, planta de tratamiento, reservorio y redes de distribución de acuerdo a un plan de control de calidad (PCC) elaborado por el prestador del servicio y aprobado por los organismos competentes.

### **Organización Panamericana de la Salud, sobre frecuencia de muestreo**

Para el presente trabajo se tendrá como referencia la de la calidad del agua para consumo humano y Guía para la vigilancia y control los formatos de protocolos de

muestreo a falta que hasta la fecha todavía no se emiten en nuestro país para monitoreo en componentes de sistemas de agua potable (Rojas 2002). Ver Anexo 5.

En general, para garantizar la inocuidad microbiana, las aguas superficiales deberán, al menos, desinfectarse y, habitualmente, también filtrarse. La primera barrera se basa en reducir al mínimo la contaminación en la fuente de abastecimiento derivada de los residuos humanos, el ganado y otros factores de peligro (OMS 2006).

Los parámetros recomendados para el monitoreo mínimo de los sistemas de abastecimiento comunitarios son aquellos que permiten evaluar mejor la calidad higiénica del agua y, por consiguiente, su riesgo de transmisión de enfermedades. Los parámetros fundamentales de calidad del agua son *E. coli* —se acepta como sustituto adecuado la detección de coliformes termo tolerantes (fecales) — y residuo de cloro (si se practica la cloración del agua).

Estos parámetros pueden medirse in situ mediante instrumentos de análisis relativamente sencillos. El análisis in situ es fundamental para la determinación de la turbidez y el residuo de cloro, que cambian rápidamente durante el transporte y almacenamiento, pero resulta también de interés para otros parámetros que no puedan determinarse en el laboratorio o cuando el transporte de las muestras plantea problemas que hacen que la toma de muestras y análisis convencionales no resulten prácticos (OMS 2006).

## **2.3 Bases Teóricas**

### **2.3.1 Agua potable**

La prestación de servicios de agua potable en los domicilios todavía muestra importantes deficiencias en cuanto al cumplimiento de los estándares sanitarios. A pesar de los altos niveles de cobertura que se señalan en las estadísticas oficiales, estas deficiencias crónicas

afectan en forma asimétrica e injusta a las poblaciones rurales y urbanas vulnerables que residen en las periferias de las ciudades (BID 2015).

Las metas del milenio al año 2015 para Latinoamérica y el Perú, sobre el acceso a servicios de agua a más personas ha sido superado ampliamente, pero no así la calidad con la que se consume (OMS 2015). El foro mundial del agua estima que se producen entre 80 mil y 100 mil muertes por año en Latinoamérica a raíz del consumo prolongado de agua con contaminación microbiana. Es una de las causas más importantes de diarrea en las poblaciones más humildes (Arenas y Cárdenas 2015).

Las enfermedades relacionadas con la ingesta de agua y que pueden producir efectos de diversa a gravedad (retardados, agudos, crónicos) los cuales determinan tanto la morbilidad como a la mortalidad, así, dentro de estos podemos citar, desenlaces neonatales adversos, cáncer, cólera, disentería, hepatitis vírica, helmintos intestinales, fluorosis ósea, fiebre tifoidea y síndrome de Guillain-Barré, artritis reactiva y mortalidad en caso de la infección por *Campylobacter* (OMS 2006).

Sinhg , citado por Mejía (2005), afirma que el 80 % del deterioro de la calidad del agua, se debe a sedimentos suspendidos, en su mayoría provenientes de la erosión de suelos como producto de presencia de urbanizaciones, deforestación, actividades agrícolas, mineras y ganaderas, siendo estas las que mayor impacto causan en la calidad del agua.

Las fuentes superficiales de agua, también pueden sufrir cambios impredecibles y erráticos en su calidad debido a la escorrentía durante los períodos de lluvia. Este es un problema crítico para los operadores de los sistemas de abastecimiento de agua, sobretodo, en algunos países andinos y del Caribe donde el 80% de estos sistemas depende de las fuentes superficiales (Foster et al. y Ministerio de Desarrollo de Colombia, citado por Vega 2013).

La filtración es un proceso que consiste en la separación de partículas y pequeñas cantidades de microorganismos (bacterias, virus) a través de un medio poroso. Es la fase responsable de que se cumplan los estándares de calidad para el agua potable. Desde el punto bacteriológico, los filtros tienen una eficiencia de remoción superior a 99%.

Durante la filtración, los granos del medio filtrante retienen las partículas hasta obstruir el paso del flujo, por lo que requieren ser lavados periódicamente. La turbiedad del agua filtrada no debe ser mayor de una UNT, con un color menor a 5 UCV (Camacho 2015).

Si bien es cierto, la filtración lenta de arena es una alternativa tecnológica viable, presenta todavía algunos inconvenientes por sus altos costos directos de construcción y muchos de ellos están paralizados debido (a) que los diseños son inapropiados pues no toman en cuenta las variaciones de la calidad del agua en diferentes épocas del año, (b) Los encargados de su operación no han sido capacitados adecuadamente en el manejo del sistema, (c) Las instituciones responsables no llevan a cabo un seguimiento sobre las instalaciones, (c) Los materiales de repuesto no se encuentran disponibles en la región y, (d) La arena del lecho filtrante no se repone cuando se llega al espesor mínimo luego de varios raspados (Marrón 1999).

El ser humano necesita diariamente agua para poder vivir, pero esta no se encuentra disponible en la naturaleza en forma inocua, sino más bien, en su gran mayoría afectada por la contaminación, producto de las diversas actividades que realiza el hombre para satisfacer sus necesidades. La contaminación del agua en nuestro medio es diversa, en su composición bacteriológica, química, bioquímica, radioactiva, etc. Razón por la cual es necesario disminuir estos componentes a cantidades que no perjudiquen la salud de las poblaciones, pues según la OMS (2006), el 80% de las enfermedades y el 30% de las muertes en los países en desarrollo son causados por la ingesta de agua con poca calidad y cantidad.

### **2.3.2 Parámetros físicos**

#### **Turbidez.**

Es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de la muestra de agua.

Puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde suspensiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos. El método más usado actualmente para medir la turbidez es el método nefelométrico en razón que se usa el nefelómetro, cuyos resultados se expresan en (UNT), unidades nefelométricas de turbidez. La determinación de la turbidez es de gran importancia en aguas para consumo humano y en un gran número de industrias procesadoras de alimentos y bebidas. Los valores de turbidez sirven para establecer el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua (Romero 2009).

#### **Impacto**

Los efectos de grandes cantidades de partículas suspendidas en el agua, hace que esta se torne más caliente, causando pérdida de oxígeno y de vida acuática; la fotosíntesis disminuye debido a que la cantidad de luz que penetra en el agua se reduce (León 2014).

### **2.3.3 Parámetros Bacteriológicos**

#### **Coliformes**

“Las bacterias coliformes son microorganismos capaces de producir enfermedades y están asociados a los vertidos fecales, siendo sus fuentes principales las explotaciones ganaderas, agrícolas y las zonas urbanas” (León 2014 : 63).

Son bacterias coliformes las pertenecientes a las entero bacterias que fermentan la lactosa con producción de gas y ácido ( $H_2$   $CO_2$ ). Pertenecen a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*.

La *Escherichia coli* se desarrolla en el intestino del hombre y de animales homeotermos. Su concentración en las heces humanas se cifra en más de 100 millones de células por gramo de peso de materia fresca. Para determinar el número de estas bacterias se suele emplear un medio selectivo de Endo (agar-fucsina-sulfito-lactosa). Después de 24 a 48 horas de incubación a 37°C, se halla el número total de coliformes y a 44°C el de coliformes fecales. La declaración obligatoria de estos gérmenes requiere su diferenciación por medio de las pruebas bioquímicas correspondientes (Rhenheimer 1987).

#### **Coliformes Fecales (en NMP/100 ml)**

Para saber si en el agua existe heces se determinan en el laboratorio la existencia de bacterias coliformes (León 2014).

#### **Impacto**

En el agua los coliformes fecales son más resistente que las bacterias patógenas en el intestino humano y sola presencia nos indica que no es un agua segura y su consumo puede provocar enfermedades intestinales como fiebre tifoidea, la gastroenteritis viral o bacteriana y la hepatitis A (León 2014).

#### **2.3.4 Calidad del agua para consumo humano**

Marrón (1999) nos indica que uno de los factores determinantes para dotar a una población de agua para consumo humano, es evaluar la calidad del agua, fundamentalmente, teniendo en cuenta coliformes fecales y turbidez, en las fuentes de agua, lo que determinará el sistema de tratamiento que se le dará al agua antes de ser consumido por la población.

Teniendo en cuenta los valores de la Tabla 2 podemos afirmar que para el sistema de agua para consumo humano La Quesera es necesario un PC+FL+C, es decir, un filtro lento de arena, un pre filtro de grava en capas con flujo ascendente y un clorador; pero lo que se ha considerado y está construido es un pre sedimentador, un filtro lento de arena y un clorador.

P: Presedimentador      S: Sedimentador      PC: Prefiltro de grava en capas con flujo ascendente

PS: Pre filtro de grava en serie con flujo vertical y horizontal. FL: Filtro lento de arena.

C: Clorador.

\*Si el agua posee coliformes fecales y niveles de turbidez que sobrepasan los valores de la tabla se aconseja buscar otra fuente de agua.

\* En el ingreso a la planta se debe considerar una estructura de medición de caudal mediante vertedero triangular. En este vertedero se dejará marcada con pintura la altura de agua a la que deberá llegar el agua. El operador accionará la válvula de entrada para reproducir el caudal de operación del sistema.

Tabla 2. Selección de los procesos de tratamiento como posible solución de abastecimiento de agua potable para comunidades rurales depende de la calidad del agua cruda

| Alternativas | Enfermedades endémicas de origen hídrico | Coliformes fecales (UC) | Límites de turbidez ( UNT) |        |            |
|--------------|--|-------------------------|----------------------------|--------|------------|
|              |  |                         | 90%                        | 80%    | Esporádica |
|              |  |                         | tiempo                     | tiempo | te         |
| C            | NO                                       | ≤10                     | ≤25                        | ≤10    | ≤50        |
| FL+C         | -  | ≤10 000                 |                            |        |            |
| PC+C         | NO                                       | ≤100                    | ≤50                        | ≤20    | ≤100       |
| PC+FL+C      | -  | ≤10000                  | ≤100                       | ≤50    | ≤150       |
| S+PC+FL+C    | -  | ≤10 000                 | ≤150                       | ≤80    | ≤200       |
| S+PS+FL+C    | -  | ≤10 000                 | ≤300                       | ≤200   | ≤500       |
| P+S+PS+FL+C  | -  | ≤10 000                 | ≤500                       | ≤200   | ≤1000      |

Fuente: Marrón 1999

Teniendo en cuenta las definiciones de DIGESA (2011), sobre la calidad del agua para consumo humano; para la presente investigación hemos considerado la siguiente:

Calidad del agua. Es el agua suministrada por el proveedor, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano a nivel de efluente de la planta de tratamiento con una turbidez UNT <5 y la cantidad de coliformes fecales < 20 NMP /100ml y de 1.8 NMP/100 en reservorio y red de distribución.

Asimismo, se ha tomado de la Organización Mundial de la Salud OMS (2006) las recomendaciones sobre la calidad del agua para consumo humano, en razón que recopila una serie de definiciones y recomendaciones de carácter mundial ya que en su elaboración han participado los técnicos de todos los países que lo integran.

### **2.3.5 Presencia de agentes patógenos en el agua**

La presencia de agentes patógenos y de microorganismos indicadores en fuentes de aguas subterráneas y superficiales depende de varios factores, como las características físicas y químicas intrínsecas de la zona de captación, y la magnitud y diversidad de las actividades humanas y fuentes animales que liberan patógenos al medio ambiente.

En las aguas superficiales, las fuentes de agentes patógenos pueden ser puntuales, como los desbordamientos de los sistemas municipales de alcantarillado y conducción de aguas pluviales urbanas; y no puntuales, como el agua de escorrentía contaminada procedente de zonas agrícolas y de zonas con sistemas de saneamiento que transcurren por fosas sépticas y letrinas. Otras fuentes son la fauna silvestre y el acceso directo del ganado a masas de agua superficiales. La concentración de muchos de los agentes patógenos presentes en masas de agua superficiales se reducirá por efecto de la dilución, la sedimentación y la destrucción de los patógenos debida a efectos medioambientales (calor, luz solar, depredación, etc.) (OMS 2006).

Las aguas subterráneas son frecuentemente menos vulnerables a la influencia directa de las fuentes de contaminación, debido a los efectos de barrera que ejercen el terreno que las recubre y su zona vadosa. La contaminación de las aguas subterráneas es más frecuente en los lugares en los que han sido alteradas estas barreras protectoras, permitiendo la contaminación directa, por ejemplo, a través de pozos contaminados o abandonados, o por fuentes de contaminación subterráneas, como letrinas y conducciones de alcantarillado. No obstante, varios estudios han mostrado la presencia de agentes patógenos y microorganismos indicadores en aguas subterráneas, incluso en profundidad y en ausencia de circunstancias de peligro como las mencionadas, sobre todo cuando la contaminación superficial es intensa, por ejemplo, por el abonado de tierras con estiércol o la presencia de otras fuentes de materia fecal derivadas de la ganadería intensiva (por

ejemplo, parcelas de engorde). Los efectos de estas fuentes de contaminación pueden reducirse en gran medida mediante, por ejemplo, medidas de protección de los acuíferos, y la construcción y diseño correctos de pozos.

La forma más exacta, con mucho, de determinar los números y concentraciones de agentes patógenos en cuencas de captación y otras fuentes de agua específicas es analizar la calidad del agua durante cierto periodo, asegurándose de incluir las variaciones estacionales y las debidas a acontecimientos puntuales, como tormentas. Se recomienda, siempre que sea posible, la medición directa de los agentes patógenos e indicadores en las aguas de origen específicas para las que se está elaborando un PSA (Plan de Agua Segura) y determinándose la presencia de patógenos, ya que se obtendrán así las estimaciones más exactas de números y concentraciones de microorganismos (OMS 2006).

### **2.3.6 Tratamiento de las aguas de las fuentes de origen.**

En el caso de aguas de calidad muy alta —por ejemplo, las aguas subterráneas de acuíferos confinados pueden utilizarse la protección del agua de origen y del sistema de distribución como medidas principales de control para el suministro de agua inocua. Sin embargo, lo más frecuente es que sea necesario someter el agua a tratamiento para retirar o destruir los microorganismos patógenos. En muchos casos (por ejemplo, con aguas superficiales de calidad deficiente) es preciso aplicar múltiples etapas de tratamiento, incluidas, por ejemplo, la coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección (OMS 2006).

### **2.3.7 *Escherichia coli* y bacterias coliformes termotolerantes**

#### **Descripción general**

Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termo tolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termo tolerantes. *Escherichia coli* se puede distinguir de los demás coliformes termo tolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima -glucuronidasa. *E.coli* está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. Entre las especies de coliformes termo tolerantes, además de *E. coli*, puede haber microorganismos ambientales (OMS 2006).

#### **Valor como indicador**

Se considera que *Escherichia coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termo tolerantes se componen predominantemente de *E. coli*; por lo tanto, este grupo se considera un índice de contaminación fecal aceptable, pero menos fiable que *E. coli*. *Escherichia coli* (o bien los coliformes termo tolerantes) es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo. Estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, *E. coli* es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos (OMS 2006).

### **Fuentes y prevalencia**

Hay grandes cantidades de *Escherichia coli* en las heces humanas y animales, en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal. Es muy poco probable que la disponibilidad de nutrientes y la temperatura del agua en los sistemas de distribución de agua de consumo favorezcan la proliferación de estos microorganismos.

### **Aplicación en la práctica**

La concentración de *Escherichia coli* (o bien de coliformes termo tolerantes) se mide, por lo general, en muestras de 100 ml de agua. Para ello existen diversos procedimientos relativamente sencillos basados en la producción de ácido y gas a partir de la lactosa o en la producción de la enzima -glucuronidasa.

Los procedimientos incluyen la filtración del agua con una membrana que después se incuba en medios selectivos a 44–45 °C; transcurridas 24 h, se realiza un recuento de colonias. Otros posibles métodos son los procedimientos de «número más probable», en los que se utilizan tubos de ensayo o placas de micro valoración y pruebas de P/A, algunas con volúmenes de agua mayores que 100 ml. Existen equipos de análisis para uso sobre el terreno (OMS 2006).

### **Relevancia de su presencia en el agua de consumo**

La presencia de *E. coli* (o bien de coliformes termo tolerantes) es un indicio de contaminación fecal reciente, por lo que tras su detección debería considerarse la toma de medidas adicionales, como la realización de muestreos adicionales y la investigación de las posibles fuentes de contaminación, como un tratamiento inadecuado o alteraciones de la integridad del sistema de distribución.

### **2.3.8 Filtración**

Las partículas pueden separarse de las aguas brutas mediante filtros rápidos por gravedad, horizontales, o a presión, o filtros lentos de arena. La filtración lenta en arena es, en esencia, un proceso biológico, mientras que los otros tipos de filtración son procesos físicos.

Los filtros rápidos por gravedad, horizontales y a presión pueden utilizarse para la filtración directa de agua bruta, sin tratamiento previo. Los filtros rápidos por gravedad y a presión se utilizan habitualmente para filtrar agua que ha sido tratada previamente mediante coagulación y sedimentación.

También puede realizarse una filtración directa, en la que se añade al agua un coagulante y, a continuación, ésta se hace pasar directamente por el filtro en el que se separa el floculo precipitado (que contiene sustancias contaminantes). La aplicación de la filtración directa está limitada por la disponibilidad de espacio en el filtro para albergar las sustancias sólidas separadas (OMS 2006).

### **2.3.9 Filtros lentos de arena**

Los filtros lentos de arena son habitualmente depósitos que contienen arena (con partículas de tamaño efectivo de 0,15 a 0,3 mm) hasta una profundidad de 0,5 a 1,5 m. En estos filtros, en los que el agua bruta fluye hacia abajo, la turbidez y los microorganismos se eliminan principalmente en los primeros centímetros de la arena. Se forma una capa biológica, conocida como *schmutzdecke*, en la superficie del filtro, que puede eliminar eficazmente microorganismos. El agua tratada se recoge en sumideros o tuberías situados en la parte baja del filtro. Periódicamente, se retiran y sustituyen los primeros centímetros de arena que contienen los sólidos acumulados. El caudal unitario de agua a través de los filtros lentos de arena es de 0,1 a 0,3 m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>·h) (OMS 2006).

Los filtros lentos de arena sólo son adecuados para aguas de turbidez baja o aguas sometidas a filtración previa. Se utilizan para separar algas y microorganismos, incluidos los protozoos, y, precedidos de micro tamizado (microstraining) o filtración gruesa, para reducir la turbidez (incluidas las sustancias químicas adsorbidas). La filtración lenta en arena elimina eficazmente las sustancias orgánicas, incluidos algunos plaguicidas y el amoníaco (OMS 2006).

### **2.3.10 Turbidez**

La turbidez en el agua de consumo está causada por la presencia de partículas de materia, que pueden proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o debido a la re suspensión de sedimentos en el sistema de distribución. También puede deberse a la presencia de partículas de materia inorgánica en algunas aguas subterráneas o al desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución. El aspecto del agua con una turbidez menor que 5 UNT suele ser aceptable para los consumidores, aunque esto puede variar en función de las circunstancias locales (OMS 2006).

Las partículas pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y pueden estimular la proliferación de bacterias. Siempre que se someta al agua a un tratamiento de desinfección, su turbidez debe ser baja, para que el tratamiento sea eficaz.

Además, la turbidez también es un parámetro operativo importante en el control de los procesos de tratamiento, y puede indicar la existencia de problemas, sobre todo en la coagulación y sedimentación y en la filtración.

No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la turbidez; idóneamente, sin embargo, la turbidez mediana debe ser menor que 0,1 UNT para que la desinfección sea eficaz, y los cambios en la turbidez son un parámetro importante de control de los procesos (OMS 2006).

El tipo de contaminación y su frecuencia puede sufrir variaciones estacionales, en función de la pluviosidad y de otras circunstancias locales. Normalmente, la toma de muestras debe ser aleatoria, pero debe aumentarse su frecuencia cuando se producen epidemias o inundaciones o durante operaciones de urgencia, así como tras las interrupciones del suministro o la ejecución de obras de reparación (OMS 2006).

Lo habitual es incluir los parámetros fundamentales de calidad microbiológica (normalmente, *E. coli*, cloro, turbidez y pH) y realizar una inspección sanitaria. Los métodos utilizados para estos análisis deben normalizarse y aprobarse. Se recomienda la validación del funcionamiento correcto de los equipos de análisis de campo con respecto a métodos de referencia o normalizados y su aprobación para uso en pruebas de verificación (OMS 2006).

La Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano del CEPIS/OPS (ROJAS, 2002), incluye la turbidez como determinación de nivel básico para ciudades pequeñas y medianas, proponiendo que la frecuencia se relacione con el número de habitantes que lleva el número muestras por año en la red de distribución a 1 cada mil pobladores. Para las plantas y los reservorios sugieren 2 cada 1.000 personas.

Recomiendan además aumentar el número de muestras si los valores guía son superados.

### **2.3.11 Temperatura**

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles.

La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas.

### Características

- El oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría.
- El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento de la temperatura, combinado con la reducción de oxígeno presente en las aguas superficiales.
- Es causa frecuente del oxígeno presente en las aguas superficiales, reduciéndose más en los meses de verano.
- Un cambio brusco de temperatura puede conducir a un aumento en la mortalidad de la vida acuática.
- Las temperaturas elevadas pueden dar lugar a conducir a un aumento en la mortalidad de la vida acuática.
- La temperatura óptima para el desarrollo de las actividades se detienen cuando se alcanza los 50°C a temperaturas de alrededor de 15°C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad.

### Riesgos

- Las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos.

A1: La temperatura aceptable para el consumo humano para una concentración máxima aceptable de 15 ° C, en temperaturas altas disminuye la concentración de OD, y otras legislaciones consideran la temperatura del agua de la zona con una variación de 3°C.

### 2.3.12 pH

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones hidrógeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala

7, la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica.

Cuando una sustancia es neutra el número de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos son iguales. Cuando el número de átomos de hidrógeno ( $H^+$ ) excede el número de átomos del oxhidrilo ( $OH^-$ ), la sustancia es ácida

#### Características

- La concentración de ión hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales como residuales.
- Todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como o la neutralización ácida – base, suavizado, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión, depende del pH.
- El agua residual con concentración de ion hidrógeno presenta elevadas dificultades de tratamiento con procesos biológicos y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrogeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.
- A una temperatura determinadas, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ion hidrogeno o pH.
- El pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con pH-metro.

#### Riesgos

- El pH no ejerce efectos directos en los consumidores, es uno de los parámetros indicadores de la calidad del agua. Para que la desinfección con cloro sea eficaz es preferible que sea un pH inferior a 8
- En valores superiores de pH 11 produce irritación ocular y agravación de trastornos cutáneos

A1: Es recomendable para que la desinfección con cloro sea eficiente el pH debe ser inferior a 8, se establece dentro de un rango de 6.5 – 8.5.

### **2.3.13 Raspados del Biofilm**

Según el expediente técnico el raspado debe realizarse cuatro veces al año en un espesor de 2.5cm y al cabo de cuatro años se debe cambiar totalmente los filtros de arena. Para un caudal promedio de 30 l/seg se inyecta 20 libras de cloro gas cada 15 días.

## **2.4 Definición de términos básicos**

Se ha tomado algunas definiciones de la DIGESA (2011)

- Límite máximo permisible. - Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.
- Sistema de tratamiento de agua. Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano.
- Calidad del agua para consumo humano. Son las propiedades microbiológicas, parasitológicas, Organolépticas, químicos orgánicos e inorgánicos y radiactivos, que deben caracterizar el agua y cumplir con los límites máximos permisibles establecidos por DIGESA 2011.
- Turbidez. - Es una medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión.
- Coliformes termotolerantes. - Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C.

- Tratamiento de agua. - Remoción por métodos naturales o artificiales de todas las materias objetables presentes en el agua, para alcanzar las metas especificadas en las normas de calidad de agua para consumo humano.
- Planta de tratamiento para agua potable. - Es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

## CAPÍTULO III

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación geográfica y política

##### Ubicación geográfica

En la figura se muestra las coordenadas de ubicación del manantial La Quesera y de la planta de tratamiento del mismo nombre.

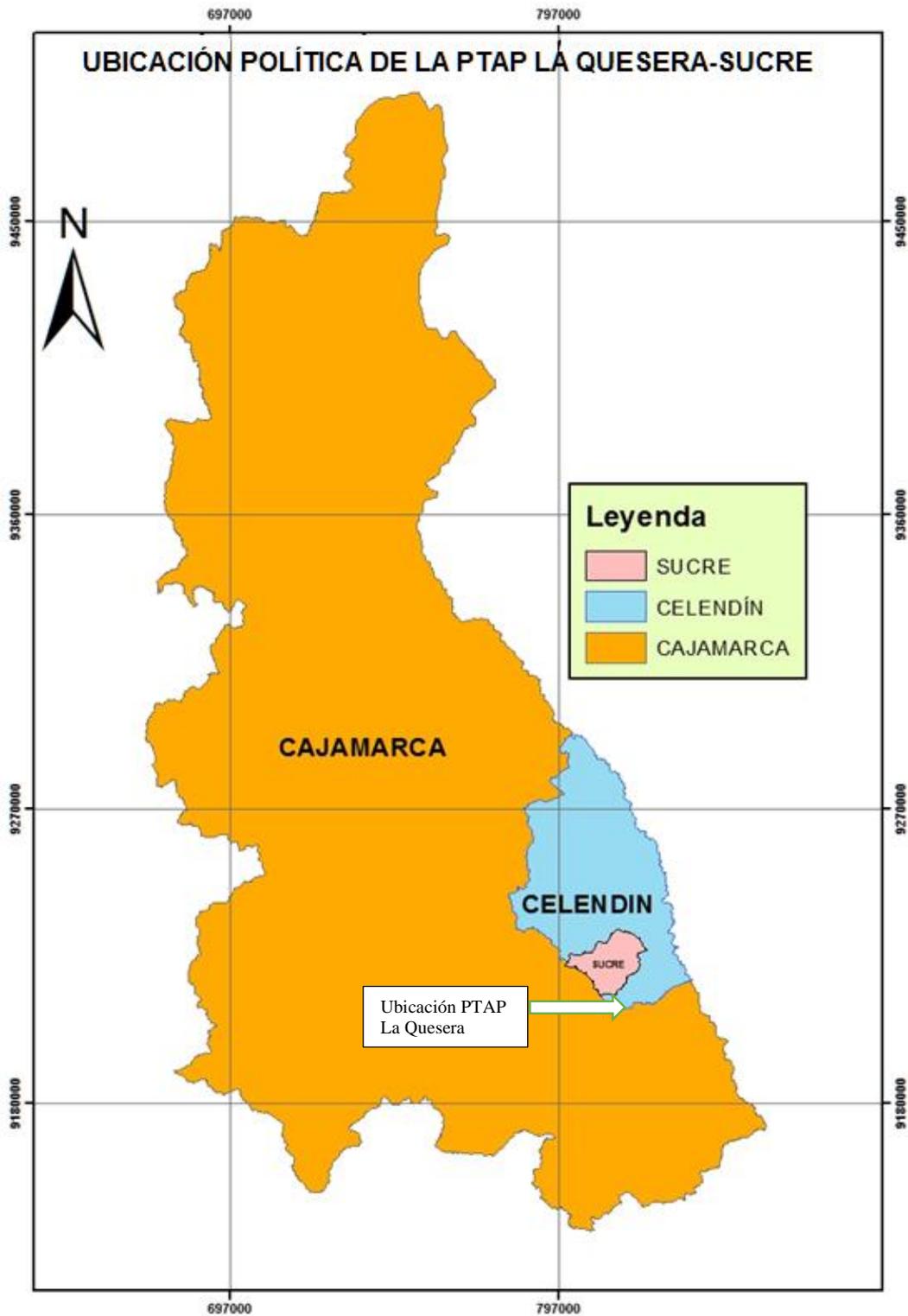


Figura 1. Ubicación geográfica La Quesera- Sucre

Fuente: Gorecaj. 2017

### Ubicación política

El manantial La quesera y la Planta de Tratamiento de Agua se ubican en distrito Sucre.



**Figura 2.** Mapa de ubicación de la planta de tratamiento para agua potable La Quesera

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca 2017 (Gorecaj.).

### 3.2 Descripción de la zona de estudio del manantial La Quesera

Uno de los accesos al manantial La Quesera es por la localidad de la Quinuilla siguiendo una trocha carrozable desde la localidad de Cruz Conga, pasando por la localidad de Tincat, hasta la localidad de La Quinilla, final de la trocha y desde esta localidad se accede al manantial a través de un camino de herradura, de aproximadamente 2.5 kilómetros con dirección al noreste. Las coordenadas, en el ingreso de agua al canal, en la captación son: 816503.41 m E, 9224637.52 N. La altitud media sobre el nivel del mar es de 2825 msnm.

En la Figura 3 se observa la salida del Tragadero Tincat, la zona de captación y un tramo de tubería hasta el presedimentador.



**Figura 3.** Vista de salida sumidero, captación y presedimentador  
Fuente: Google Earth Pro. 2017

#### a. Cuenca de recolección del manantial La Quesera

El agua del manantial La Quesera proviene, principalmente, de la cuenca de recolección que ha sido delimitada, se puede observar en la Figura 4 el Caserío Tincat

que tiene una PTAR cuyo efluente sale a una parte de la red de drenaje de la cuenca y desemboca en el Tragadero Tincat, para luego de recorrer en forma subterránea una distancia de 3 Km aproximadamente, emerge en la zona de captación del manantial La Quesera.

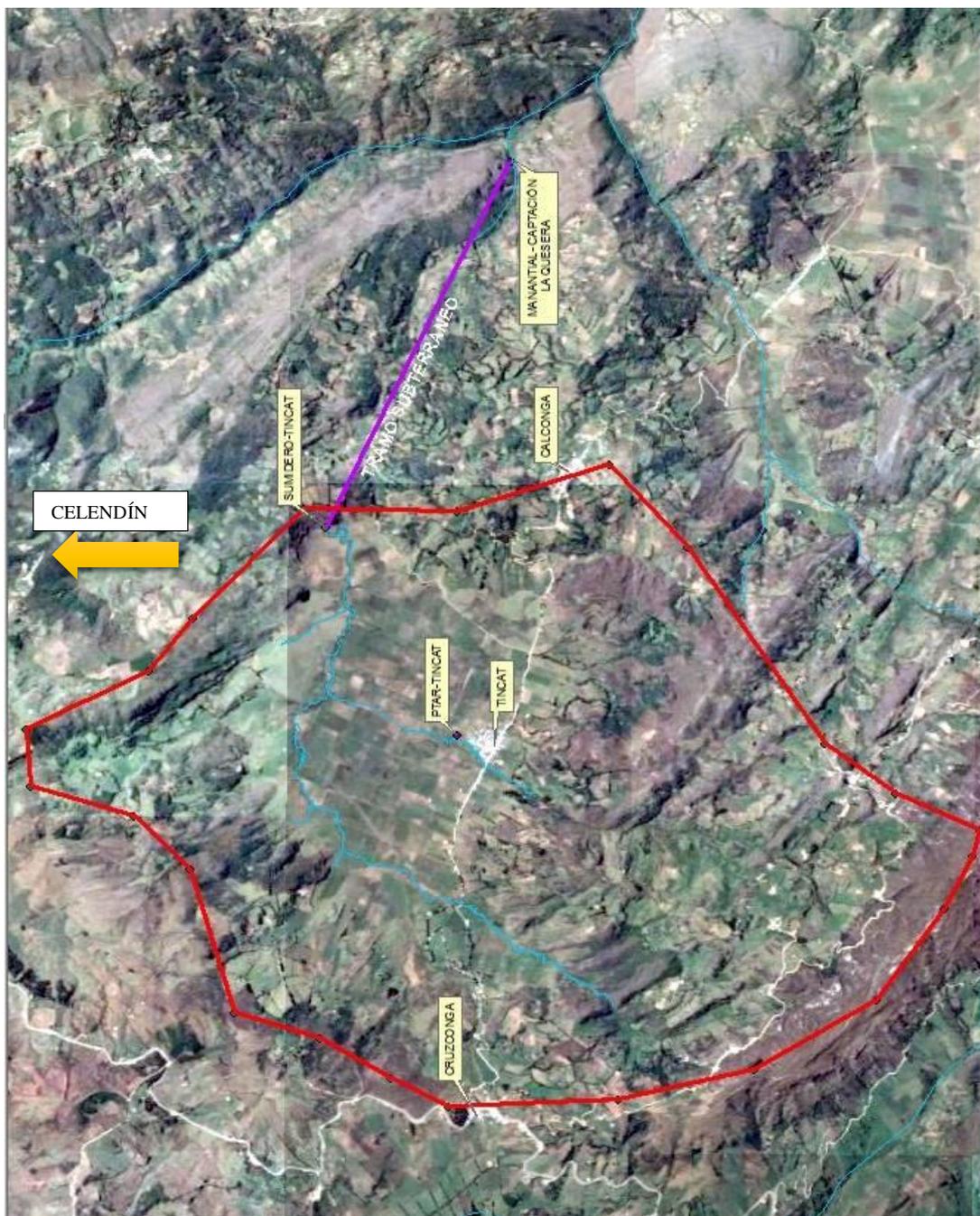
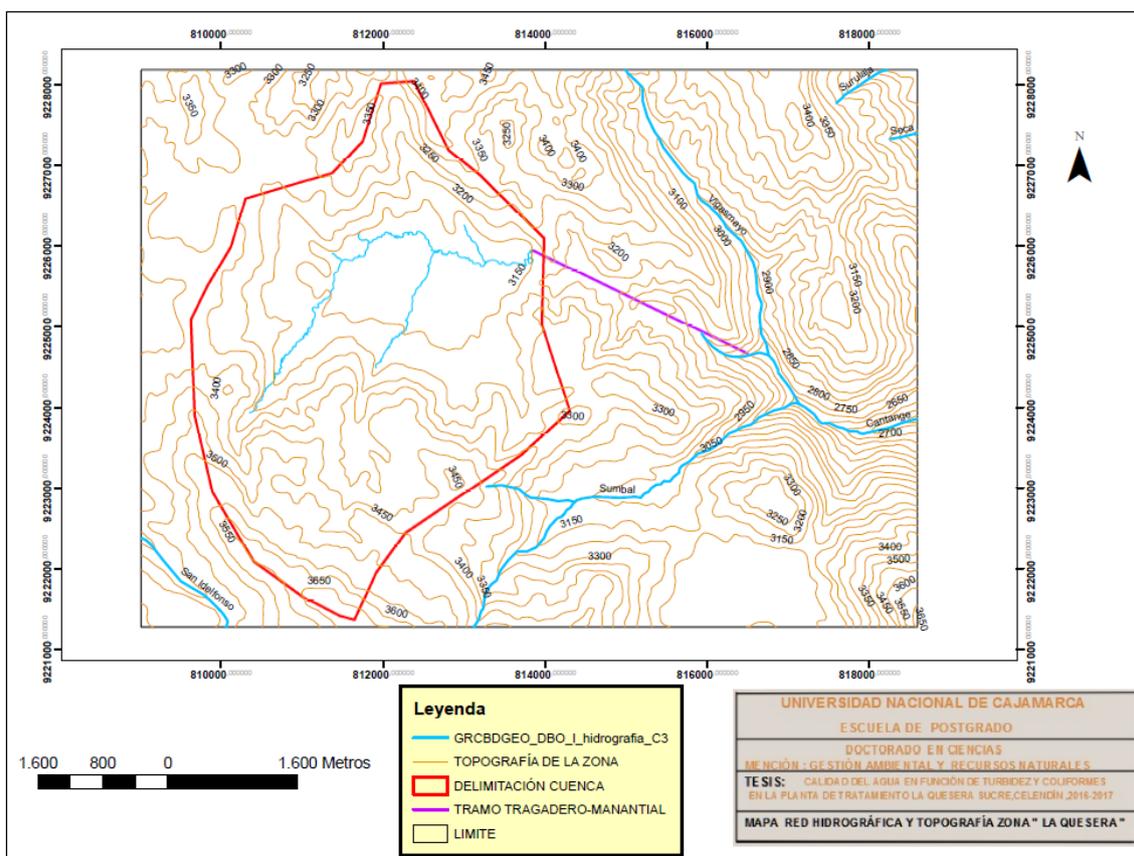


Figura 4. Delimitación del área La Quesera  
Fuente: Google Earth Pro. 2017

## b. Red hidrográfica y topografía zona La Quesera

En la Figura 5 nos muestra la delimitación de la cuenca con línea de color rojo, la red de drenaje con línea de color celeste, la línea de color morado representa el tramo subterráneo que recorre el agua hasta salir en la zona de captación. Asimismo, se observa el relieve de la cuenca y zona de captación.



**Figura 5.** Red hidrográfica y topografía zona La Quesera

Fuente: Gorecaj. 2017

## c. Hidrogeología de la zona manantial La Quesera

Las condiciones hidrogeológicas en la zona donde se encuentra el manantial La Quesera son bastante favorables por la presencia de rocas sedimentarias de naturaleza calcárea y existencia de sumideros en las microcuencas de la zona de influencia, las que garantizan la recarga de las aguas subterráneas que circulan por los conductos kárstico que finalmente afloran en el manantial La Quesera.

Tanto los flujos superficiales como subterráneos en la zona de estudio son alimentados por las precipitaciones pluviales estacionales las que se acumulan en los sumideros kársticos que a su vez alimentan a los conductos subterráneos en algunos lugares como el tragadero de Tincat las aguas superficiales ingresan por el sumidero que se ha formado por el proceso kárstico.



**Figura 6. Vista del sumidero ubicado zona de Tincat**

El conducto subterráneo que se ha formado en el cerro Cahuana Puquio, tiene comunicación con el exterior a través de los diferentes conductos subterráneos que se han formado a diferentes niveles por procesos kársticos. La configuración real de los conductos subterráneos se desconoce

Los consultores para la elaboración del proyecto, aforaron en el mes de Julio, un caudal de 149 lps donde se apreciaba el agua muy clara y en el aforo que realizaron en el mes de octubre, el caudal fue de 168 lps donde se aprecia la turbidez del agua como consecuencia de la infiltración de las aguas superficiales a través de los diferentes sumideros que alimentan a los conductos subterráneos que fluyen hacia el manantial la Quesera.

El objetivo principal del Estudio Hidrogeológico fue la determinación del potencial hídrico existente en el manantial La Quesera para el abastecimiento de agua potable de las ciudades de Celendín, Sucre, Jorge Chávez y José Gálvez.

Considerándose que este manantial está asociado a los procesos cársticos que se generan en toda la zona de influencia por presencia de las rocas sedimentarias de naturaleza calcárea, en la evaluación hídrica es particular y no puede plantearse con las leyes de Darcy por no ser un medio poroso, por lo que se considera como el funcionamiento de un acuífero fisurado.

#### d. Precipitaciones promedio anuales en la zona manantial La Quesera

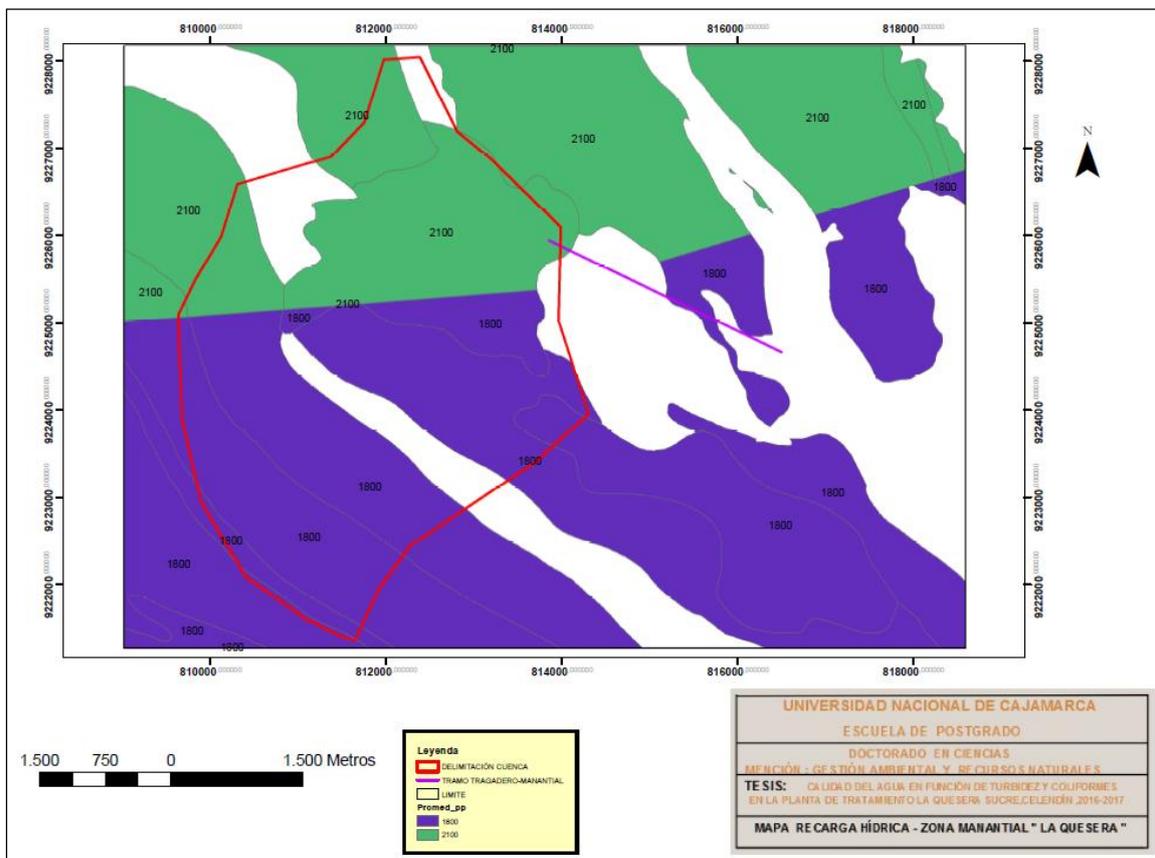


Figura 7. Recarga hídrica zona manantial La Quesera  
Fuente: Gorecaj. 2017

#### e. Uso actual del agua de La Quesera.

El uso que se da en la actualidad es con fines de riego de pequeñas parcelas ubicadas en la parte baja del terreno para el cultivo de pastos para el ganado. Un gran porcentaje del caudal que emerge del manantial descarga sus aguas hacia la quebrada La Quesera.

Las aguas que emergen del manantial descrito se juntan con las aguas superficiales de las diferentes quebradas confluyendo al final en los ríos que fluyen por la parte baja del área en estudio.



Figura 8. Vista panorámica zona manantial La Quesera

#### **f. Geología de la zona La Quesera**

Geológicamente en el área de estudio afloran rocas de naturaleza sedimentaria desde el cretáceo inferior hasta el cretáceo superior y depósitos de suelos del cuaternario que conforman las unidades aluvionales y fluvio aluvionales en las diferentes quebradas.

Los suelos que se han generado por la disgregación de las rocas sedimentarias tienen una composición granulométrica fina con mediana a alta plasticidad.

La secuencia lito estratigráfica en el contexto regional comprende a unidades cuyas edades datan del Cretáceo Inferior al Cretáceo Superior. El Cuaternario reciente está

conformado por los suelos plásticos y cohesivos con una cobertura de suelos orgánicos en el área de influencia de las quebradas mientras que en las zonas de influencia de las zonas rocosas tiene una cobertura incipiente de suelo residual, en cuanto a los depósitos coluviales están restringidos a las partes bajas de los cerros donde se aprecian los cúmulos de conos coluviales.

La secuencia estratigráfica generalizada en el área de influencia del presente proyecto es la siguiente:

- Grupo Goyllarizquisga (Ki g)
- Formación Pariatambo (Km-pa)
- Grupo Pulluicana (Ks-p)
- Grupo Quilquiñán (Km-pa)
- Depósitos del Cuaternario

Las condiciones geomorfológicas de la zona de estudio están influenciadas por el tipo de roca preexistente donde el modelado de los cerros genera geo formas onduladas y de topografía suave en cuanto a la geodinámica que se genera en las diferentes quebradas que cortan a las rocas sedimentarias, en épocas de avenidas se generan flujos fluvio aluvionales que en las llanuras se depositan como suelos arcillosos.

De acuerdo a la afirmación anterior, en el área de estudio, se han identificado dos unidades geomorfológicas, la primera conformada por las llanuras interandinas de pendiente casi horizontal, cortado en algunos lugares por el descorrimiento de riachuelos temporales, que han dejado cauces incipientes de profundidad y amplitud variada, y la segunda conformada por las faldas de los cerros constituidos por un basamento rocoso de naturaleza sedimentaria con cobertura de suelos eluviales y en la parte baja por los conos coluviales.

Las condiciones estructurales de la zona de estudio están referidas al comportamiento de los macizos rocosos a la acción de las fuerzas orogénicas que se desarrollaron durante la historia geológica de su formación. Los efectos de mayor importancia referente a la estructura están relacionados con las deformaciones y fracturamiento en el macizo rocoso, constituido por rocas sedimentarias del cretáceo, en su mayor parte de naturaleza calcárea.

Las principales estructuras geológicas que se observan en el área de influencia del proyecto son las siguientes:

Discordancias; estas estructuras se observan en la disposición de las diferentes unidades cretácicas donde la disposición de las formaciones no es concordante

Sobre corrimiento; el primer sobre corrimiento de mediana magnitud se observa en la formación Pulluycana sobre la formación Chulec en la zona de tragadero, frente a la localidad de Tincat y los de mayor magnitud tienen una dirección Noroeste Sureste paralelo a la disposición de las formaciones estructurales y que han sido cortadas por una falla local entre las localidades de Jorge Chávez y Sucre.

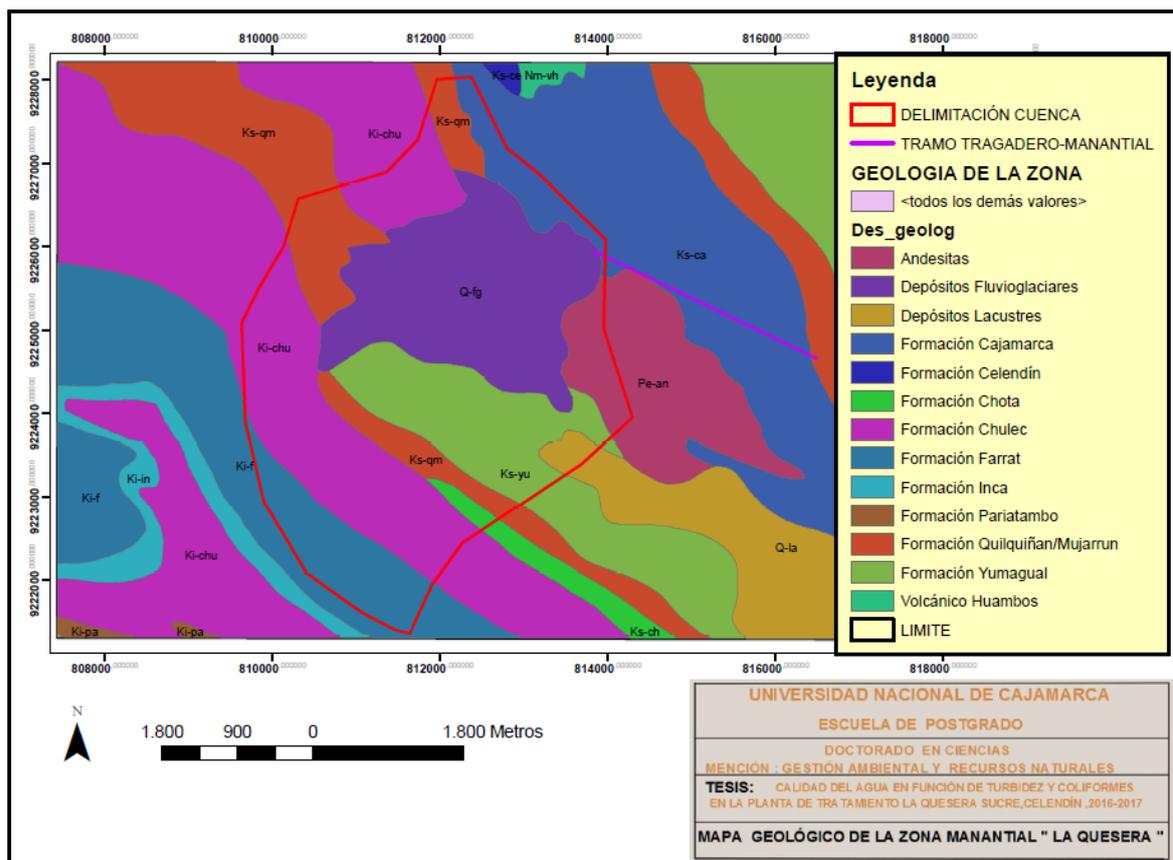


Figura 9. Geología zona manantial La Quesera  
Fuente: Gorecaj. 2017

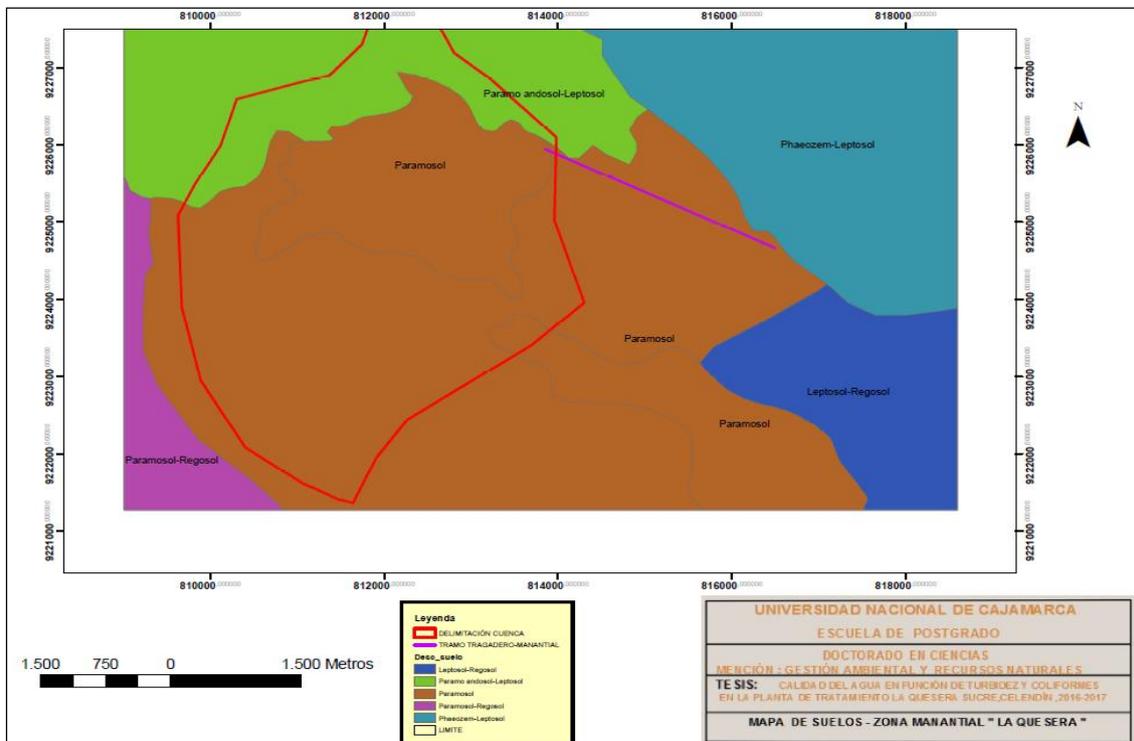
Tabla 3. Geología de la zona manantial La Quesera

| Cód.               | Qp-fg                                     | Ki-chu                   | Ks-yu                    | Ks-qm                        | Ks-ca                  | Qp-la                          | Pe-an              |
|--------------------|---|--------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------|
| Geolog.            |   |                          |                          |                              |                        |                                |                    |
| Des_geológica      | Depósitos fluvioglaciares                 | Formación Chulec         | Formación Yumagual       | Formación quiquiñan/Mujarrun | Formación Cajamarca    | Depósitos lacustres            | Andesitas          |
| Era                | Cenozoica                                 | Mesozoico                | Mesozoico                | Mesozoico                    | Mesozoico              | Cenozoico                      | Cenozoico          |
| Período            | Cuaternario                               | Cretáceo                 | Cretáceo                 | Cretáceo                     | Cretáceo               | Cuaternario                    | Paleoceno          |
| Época              | Pleistoceno                               | Inferior                 | Superior                 | Superior                     | Superior               | Pleistoceno                    | Eocena             |
| Tipo de roca       | Sedimentaria                              | Sedimentaria             | Sedimentaria             | Sedimentaria                 | Sedimentarias          | Sedimentaria                   | Volcánica          |
| Litología          | Gravas subredondeadas a angulosas, arenas | Calizas, lutitas, margas | Calizas, lutitas, margas | Calizas, lutitas, margas     | Calizas y margas       | Limos, arenas                  | Andesitas          |
| Unidad Hidrológica | Acuífero poroso no consolidado            | Acuitardo sedimentario   | Acuitardo sedimentario   | Acuitardo sedimentario       | Acuitardo sedimentario | Acuífero poroso no consolidado | Acuífero intrusivo |

Fuente: Gorecaj. 2017

### g. Suelos en la zona del manantial La Quesera

El suelo predominante en la cuenca de recolección mostrada con línea color rojo es el Paramosol que es un suelo de permeabilidad moderada.



**Figura 10.** Suelos zona manantial La Quesera  
Fuente: Gorecaj. 2017

Tabla 4 Suelos de la zona manantial La Quesera

| Cód. Suelo         | Ps   | PA-L  | L-R   |
|--------------------|--|---|---|
| Des.suelo          | Paramosol  | Paramo andosol-leptosol   | Leptosol- Regosol   |
| Origen             | Montañas sedimentarias formadas sobre lutitas y margas con intercalaciones calcáreas | Montañas intrusivas formadas sobre una tonalita gris clara de grano medio | Colinas sedimentarias formadas sobre lutitas laminares, negras, deleznales. |
| Descrip. pendiente | Superficie empinada  | Superficie empinada   | Superficie empinada   |
| Profundidad_ ef    | Superficial  | Muy superficial   | Superficial   |
| Drenaje            | Algo excesivo  | Excesivo  | Algo excesivo   |
| PH                 | Moderadament e ácido   | Fuertemente ácido   | Fuertemente ácido   |
| Permeabilidad      | Moderada   | Moderadamente rápida  | Moderadamente rápida  |
| P permeabilidad    | 1,6  | 1,3   | 1,4   |
| Perfil             | A,(B),C  | A,(B),C,AR  | AR,AC   |

Fuente: Gorecaj. 2017

#### **h. Uso actual del suelo en la zona del Manantial La Quesera**

En la Figura 11 se observa que el uso predominante en la zona de la cuenca de recolección encerrada con una línea de color rojo es tierras con pastos cultivados PC-CA.

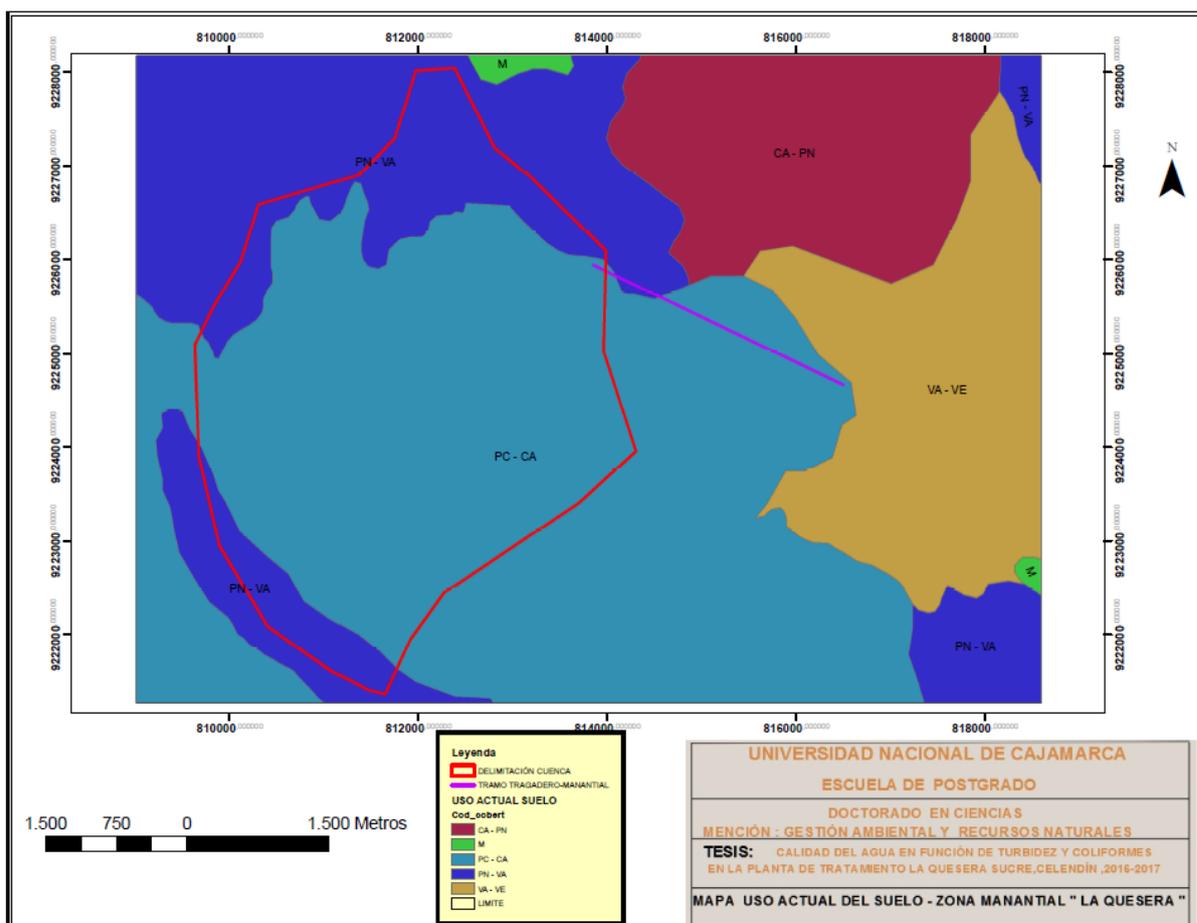


Figura 11. Uso actual del suelo zona manantial La Quesera  
 Fuente: Gorecaj. 2017

Tabla 5 Uso actual de los suelos de la zona manantial La Quesera

| Cobertura suelo             | PC-CA  | PN-VA   | PN-VA  | VA-VE   |
|-----------------------------|--|---|--|---|
| Uso actual                  | Agropecuario.                                      | Otros usos  | Otros usos   | Otros usos  |
| Descripción de la cobertura | Tierras con pastos cultivados y cultivos agrícolas | Tierras con pastos naturales y vegetación arbustiva | Tierras con vegetación arbustiva, vegetación escasa y afloramientos rocosos. | Tierras con vegetación arbustiva, vegetación escasa y afloramientos rocosos |

Fuente: Gorecaj. 2017

### 3.3 Características del agua del manantial La Quesera antes del ingreso a la Planta de Tratamiento de Agua

#### 3.3.1 Características del agua del manantial la Quesera

En la siguiente tabla se resume las dos características del agua del manantial La Quesera que han sido tomadas de los estudios de calidad del agua del proyecto y nos sirvieron de referencia sobre la calidad del agua antes de la Planta de Tratamiento de Agua Potable La Quesera.

Tabla 6. Calidad del agua cruda del manantial La Quesera

| Parámetros                      | Unidades  | LMP<br>Norma | Fecha muestreo Expediente T. |          |          |
|---------------------------------|-----------|--------------|------------------------------|----------|----------|
|                                 |           |              | 18/07/12                     | 16/12/11 | 22/10/12 |
| Turbiedad                       | UNT.      | 5            | 2,8                          | 40,9     | 64,3     |
| pH                              |           | 6,5 –<br>8,5 |                              | 7,47     | 7,0      |
| Conductividad                   | Momhs /cm | 1500         | 284                          | 222      | 218      |
| Sólidos<br>totales<br>disueltos | mg/L      | 1000         | 161                          | 117      | 154      |
| Coliformes totales              | NMP/100mL | 0            |                              | 3809     | -        |
| Coliformes<br>termotolerantes   | NMP/100mL | 0            | 17                           | 60       | 2400     |

Fuente: Expediente Técnico de obra.

En la tabla se observa que en el mes de octubre del año 2012, los valores de los parámetros de turbidez y coliformes termotolerantes fueron elevados en el manantial La Quesera lo que motivo el proceso que se implementó para su tratamiento y aprovechamiento del agua para consumo humano.

## Evaluación de la calidad del agua antes de la PTAP

Se presenta en esta sección la evaluación de la calidad del agua en tres puntos: En la PTAR de Tincat, Tragadero y Captación La Quesera. En este último antes y después del pre sedimentador, todos estos análisis se realizaron en el Laboratorio Regional del agua.

### 3.3.2 Puntos de muestreo antes de la PTAP La Quesera

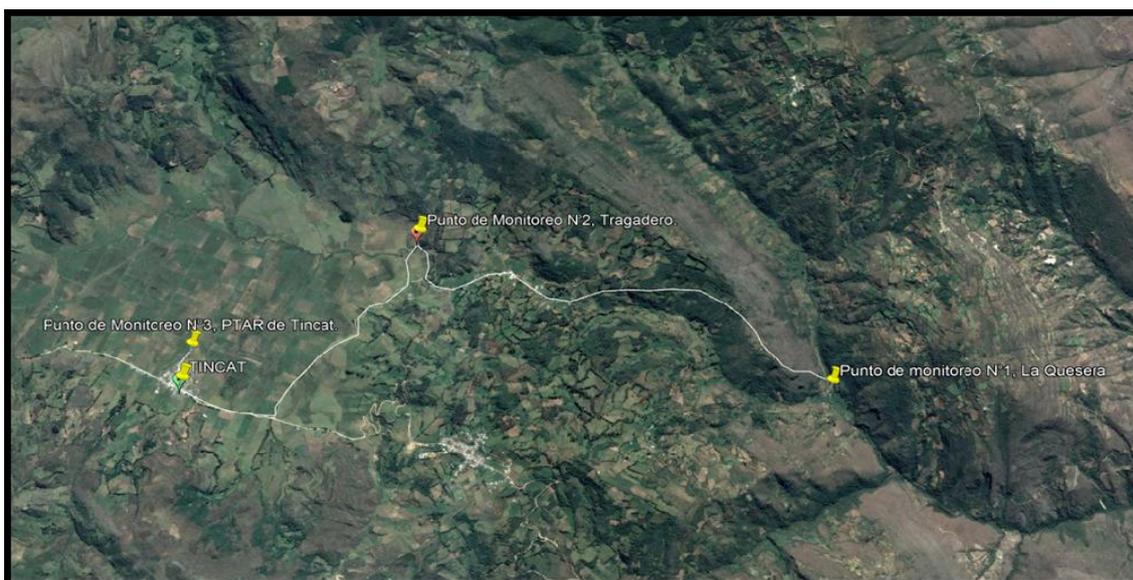


Figura 12. Ruta de monitoreo antes de la PTAP La Quesera  
Google Earth Pro (2017)

A continuación, se muestra el resumen de los parámetros turbidez y Coliformes termo tolerantes de los tres puntos indicados en la imagen y que se ubican antes de la PTAP La Quesera, lo que nos sirve de referencia para conocer la calidad del agua en estos puntos.

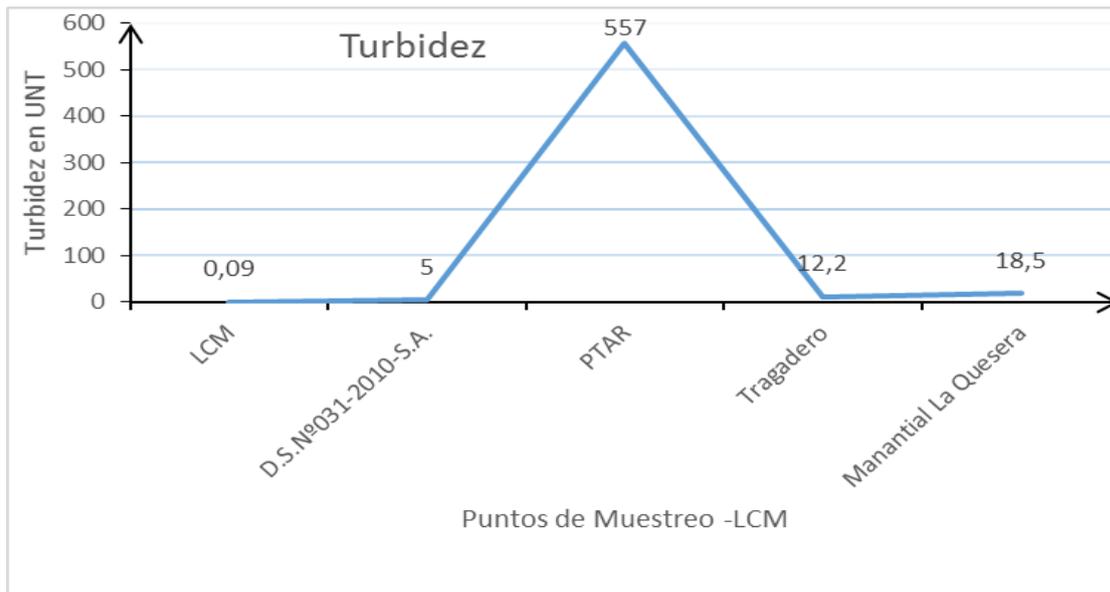


Figura 13. Turbidez antes de la PTAP La Quesera

En el muestreo se observa que en la PTAR de Tincat hay mayor turbidez, mientras también se observa que hay mayor turbidez en la captación la quesera 18.5 UNT que en el tragadero de 12.2 UNT.

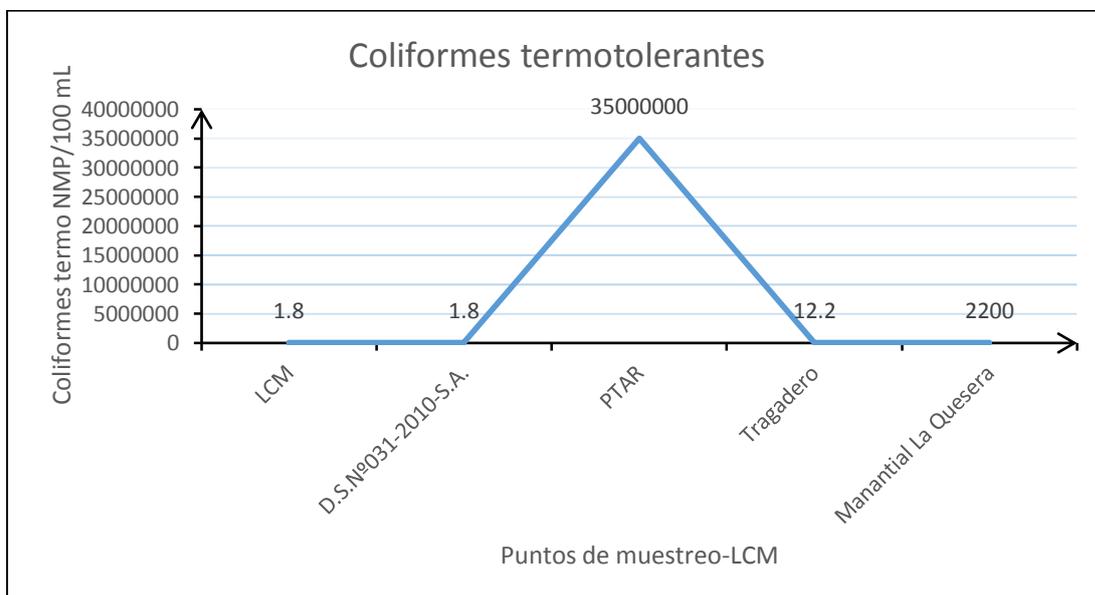


Figura 14. Coliformes termo tolerantes antes de la PTAP La Quesera

La presencia de coliformes termotolerantes es más elevada a la salida de la PTAR de Tincat y observamos que en el recorrido subterráneo del agua se disminuye a 1200 NMP/100 ml antes del pre sedimentador en la captación.

### 3.3.3 Puntos de muestreo en el pre sedimentador en la captación

Evaluación de la calidad del agua en la captación del manantial La Quesera, antes y después del pre sedimentador y también luego de la salida de la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera.

Tabla 7. Muestreo en la captación La Quesera

| Puntos de muestreo          | Coliformes Termotolerantes |                  |
|-----------------------------|----------------------------|------------------|
|                             | (NMP/100 mL)               | Turbidez ( UNT ) |
| Antes del presedimentador   | 23                         | 5,92             |
| Después del presedimentador | 16                         | 4,01             |

### 3.4 Descripción de la zona de estudio de la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera

#### Accesibilidad a la Planta de Tratamiento de agua La Quesera

La zona de estudio es accesible desde la ciudad de Celendín, mediante la carretera que comunica a las ciudades de Celendín y Sucre, luego Sucre –Oxamarca y un desvío hasta el caserío La Conga de Urquía donde se encuentra la PTAP aproximadamente desde Celendín unos 12 kilómetros.

Tabla 8. Distancia de la ciudad de Celendín hacía la PTAP La Quesera

| Desde                  | Hacia                  | Vía      | Distancia  | Tiempo            |
|------------------------|------------------------|----------|------------|-------------------|
|                        |                        |          | (Km) Aprox | ( Minutos) aprox. |
| Celendín               | Sucre                  | Afirmada | 7,0        | 25                |
| Sucre                  | Desvío Conga<br>Urquía | Afirmada | 1,0        | 5                 |
| Desvío Conga<br>Urquía | Planta<br>tratamiento  | Afirmada | 3,0        | 10                |

Políticamente el área donde se encuentra la PTAP pertenece a la región Cajamarca, Departamento de Cajamarca, Provincia de Celendín y Distrito de Sucre.

### **Capacidad del sistema de tratamiento**

La planta tiene capacidad para tratar 40 L/s en segunda etapa para el año 2034 operando los filtros lentos con una tasa de 0,20 m/h. El caudal de primera etapa es de 32 L/s hasta el año 2024 y para obtener este caudal los filtros deberán operar con una tasa de 0,13 m/h. La planta entró en funcionamiento en julio del 2015. Ver Anexo 1.

### **Composición biológica del Biofilm**

La composición del biofilm es de 4100 NMP/100mL de *Eschericia coli* y menor que 1HH/L de Huevos y Larvas de Helminetos.

### **Descripción general de la Planta de Tratamiento de agua La quesera**



**Figura 15.** Vista de la PTAP La Quesera

## Raspados de Biofilm



Figura 16. Vista del raspado de la piel de filtro en la PTAP La Quesera

El número de raspados supera los cuatro al año que deben realizarse, según el expediente técnico de obra, pero en épocas de lluvia se ha realizado casi semanal lo que ha disminuido la potencia rápidamente de no ser por la reposición continua que se hace estarían por debajo del espesor recomendable para su funcionamiento. Se ha elaborado un formato para el control diario del funcionamiento y raspado de filtros. Ver Apéndice E.

### Condiciones de operación y mantenimiento de la PTAP

En la PTAP trabajan diariamente cuatro personas que se dedican al raspado del Biofilm, lavado de arena, almacenamiento, reposición de arena y la eliminación de los materiales flotantes como labores cotidianas. El raspado se realiza de manera casi semanal en la época de lluvia, porque la formación del biofilm no permite que se filtre el agua hacia las capas más bajas.

### **Espesores de las capas del lecho filtrante de los FLA**

Se excavó una calicata para determinar los espesores de las capas y las características granulométricas de cada una de ellas, según el informe de mecánica de suelos se ha determinado que las dimensiones de los granos de arena y grava no cumplen con las especificaciones técnicas del RNE para filtros lentos de arena, lo propio sucede con los espesores de cada una de las capas. Ver Figura 42

## **3.5 Diseño Metodológico**

### **3.5.1 Período de evaluación de los parámetros**

Las evaluaciones de campo se realizaron en las dos estaciones más representativas de nuestra región (seca y lluviosa). La seca comprende de mayo a octubre y la lluviosa de noviembre a abril. Las evaluaciones en época seca se realizaron entre mayo y octubre y las de época lluviosa entre enero y abril.

Tabla 9. Período seco y período húmedo de monitoreo

| <b>Ene.</b>           | <b>Feb.</b> | <b>Mar.</b> | <b>Abr.</b> | <b>May.</b>           | <b>Jun.</b> | <b>Jul.</b> | <b>Ago.</b> | <b>Set.</b> | <b>Oct.</b> | <b>Nov.</b>   | <b>Dic.</b> |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
|                       |             |             |             |                       |             |             |             |             |             |               |             |
| Período de evaluación |             |             |             | Período de evaluación |             |             |             |             |             | Período eval. |             |
| Época de lluvias      |             |             |             | Época seca            |             |             |             |             |             | Época lluvias |             |

Las muestras se tomaron mensualmente en forma aleatoria desde el mes de diciembre del año 2016 hasta el mes de noviembre del año 2017.

### **3.5.2 Selección de puntos de muestreo**

El recojo de muestras se hizo en cinco puntos:

P1 En el ingreso del agua a la PTAP La Quesera, antes del ingreso a los filtros lentos de arena.

P2 En la salida de la PTAP luego de pasar a través de los FLA.

P3 En la PTAP La Quesera luego de ser mezclada con el cloro gas.

P4 En la llegada de la tubería de conducción al reservorio El Cumbe, luego de un recorrido de 13Km en promedio.

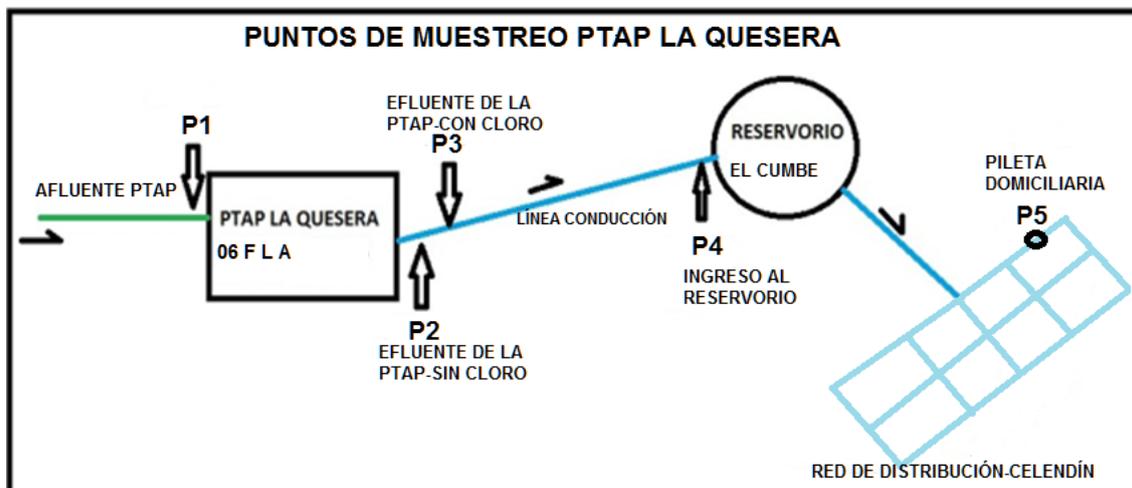


Figura 17. Esquema de los puntos de muestreo en la PTAP La Quesera

P5 Pileta domiciliaria en la parte alta del Barrio San Isidro, las muestras acá no son muy representativas en razón que en el reservorio El Cumbe se mezclan las aguas de la fuente La Quesera y la del manantial Molinopampa.

### 3.5.3 Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

**Población:** Volumen total de agua tratada por la planta de tratamiento durante doce meses.

**Muestra:** Volumen de agua tomada para análisis de laboratorio, para turbidez y coliformes, en los cinco puntos, haciendo un total de 120 muestras durante la investigación.

**Unidad de análisis:** Volumen de agua tomada en cada unidad muestral.

### **3.6 Etapas de la investigación**

#### **a. Etapa de campo**

Corresponde a la toma de las muestras de agua en la planta de tratamiento de agua potable La Quesera en los puntos de muestreo, para turbidez Coliformes termotolerantes.

La técnica de recopilación de la información fue la de observación en campo y la de observación en laboratorio. Los instrumentos para la observación tanto de campo como de laboratorio fueron las guías de observación en formatos de los protocolos de recojo, almacenamiento, traslado y análisis de laboratorio .ver anexos 2 y 4.

**b. Etapa de laboratorio.** Comprende el análisis en el laboratorio de cada muestra que en total fueron 12 en cada uno de los puntos de monitoreo, sesenta para coliformes termotolerantes y sesenta para la turbidez.

#### **Análisis de turbidez**

- Para la determinación de la turbidez se utilizó el método de ensayo SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 22 nd Ed.2012: Turbidity. Nephelometric Method.

#### **Toma de Muestras y Conservación**

Las muestras se analizaron el mismo día, se almacenó en la oscuridad hasta 24 h, Las muestras se enviaron al laboratorio utilizando botellas de plástico o vidrio refractario, refrigerándose a  $\leq 6$  °C.

#### **Interferencias**

Se eliminó las partículas gruesas flotantes o los aglomerados sumergidos de materiales no homogéneos, pueden obstruir los electrodos. Durante la lectura de la muestra, se evitó la formación de burbujas dentro del vial.

**Materiales y Equipos**

- Nefelómetro: Equipo con una sensibilidad 0.02 NTU ó menos. Fuente de luz dada por una lámpara de tungsteno operado a una temperatura entre 2200 y 3000K. El espectro de luz usada está entre 400 a 600nm.
- Celda de muestra, consiste en una cubeta de vidrio, estuvo libre de rayaduras.
- Agitador. Se usó un agitador magnético con barra agitadora recubierta de TFE o un agitador mecánico con hélice recubierta en plástico.

**Reactivos.**

- A.** Estándares comerciales preparados; donde unos juegos de estándares se utilizan para la calibración (0.1NTU, 15 NTU, 100NTU y 750 NTU) y otro juego se utilizó para realizar la verificación. Antes de utilizarlo agitar lentamente de 10 a 30 seg.
- B.** Se utilizaron estándares comerciales tanto para la calibración como verificación y se tuvo en cuenta hacer uso de lotes diferentes.

**Procedimiento.****a.** Calibración del instrumento.

Se realizó de acuerdo al instructivo de manejo del equipo para análisis de cada muestra que se muestra a continuación.

**b.** Análisis de la muestra.

- Conecte el instrumento pulsando ON/OFF, cuando la pantalla muestre guiones, el instrumento está listo. La hora actual aparece en la pantalla secundaria, si está seleccionada en el menú SETUP (confirmación)
- Agitar la muestra a aproximadamente 400 rpm durante 30 a 60 segundos.
- Llene una cubeta limpia y seca inmediatamente luego de agitar la muestra con 10ml de muestra hasta la marca, teniendo cuidado de sujetar la cubeta por la parte superior.
- Coloque la tapa.

- Limpie la cubeta minuciosamente con el paño sin pelusas para eliminar huellas dactilares, suciedad o manchas de agua.
- Coloque la cubeta en el instrumento, alinee la marca de la cubeta con la señal en la parte superior del instrumento y cierre la tapa.
- Realice el proceso de medición por duplicado con una diferencia no mayor a  $\pm 0.02$  de 0.1 a 2 NTU y  $\pm 1\%$  para muestras de mayores a 2 NTU y reporte el valor promedio del resultado obtenido.

Reporte los resultados con las unidades de la resolución del equipo. Si las lecturas duplicadas difieren de los criterios establecidos realizar hasta 2 lecturas adicionales para cumplir dicho criterio, caso contrario coger una nueva alícuota y ensayar de nuevo la muestra.

#### **Análisis de Coliformes fecales o termotolerantes**

- Para la determinación de las coliformes termo tolerantes se utilizó el método de ensayo SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 22 nd Ed.2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

#### **Materiales medios de cultivo equipos e instrumentos.**

##### **Materiales:**

Frascos con capacidad de 250 y 500mL autoclavables.

Tubos de vidrio esterilizables de 16/150 mm, tubos de vidrio 20/150mm, con tapas a presión.

Campanas Durham

Asa bacteriológica de 3mm de diámetro (calibrada)

Medios de Cultivo y Reactivos:

Caldo Lauril sulfato Triptosa (CLST).

Púrpura de bromocresol.

Caldo EC-Medium.

Agua de dilución.

Tiosulfato de sodio

EDTA.

Kit de reactivos de coloración GRAM.

### **Equipos e Instrumentos:**

Incubadora de aire caliente a  $35^{\circ} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  calibrada.

Micro pipetas de 10mL y 1mL, calibradas.

Baño de agua a  $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  calibrado.

### **Fase presuntiva**

Se sembró volúmenes determinados de muestra (10 ml, 1ml, 0.1ml, etc. en serie de 5 tubos) en tubos Caldo lauril sulfato triptosa (CLST) con indicador Púrpura de bromocresol,

Se incubaron a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , durante 24-48 $\pm$ 3h.

La formación de gas, turbidez y viraje (cuando se utiliza púrpura de Bromocresol) a partir de lactosa es prueba presuntiva positiva de bacterias coliformes.

### **Fase confirmativa para coliformes termotolerantes**

Se traspasó una pequeña cantidad de cultivo de todos los tubos positivos CLST (2 a 3 asadas) de la fase presuntiva a tubos con caldo Ec medium (EC) con campanas Durham invertidas. Se incubaron 30 minutos después de su inoculación a  $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  por 24 $\pm$ 2h en baño de agua.

La producción de gas y turbidez se considera como prueba confirmativa y los resultados se expresan como NMP/100 ml de agua de acuerdo al Anexo 3.

**c. Etapa de gabinete.** Se registró los datos concernientes a las fases de campo y de laboratorio para su tratamiento estadístico.

En el procesamiento y análisis de la información se hizo uso de la estadística descriptiva y de algunos estadísticos como: máximos, mínimos, rango, media, gráfica variación de la turbidez y coliformes en función de la época del año, promedios mensuales, para las unidades de análisis del afluente, efluente, reservorio y red de distribución. Los valores obtenidos de cada análisis fueron comparados con los valores de estándares de la calidad del agua para consumo humano y los estándares nacionales de calidad ambiental de acuerdo ECA- DS N°004-2017-MINAM, categoría 1, subcategoría A1.

La contrastación de la hipótesis se realizó luego del análisis de cada muestra tomada. Para que la hipótesis sea verdadera los valores de la turbidez debe ser menor a 5 UNT y los valores de las coliformes termotolerantes cada 100 ml debe ser menor a 20 NMP/100 ml en los puntos P2, P3, P4, para que mediante desinfección en cualquiera de estos puntos, el agua sea apta para el consumo humano, cuestión que no se cumplió luego de la cloración en el punto P3 y P4. A la salida del reservorio y en la red de distribución la cantidad de Coliformes fue menor 1.8NMP/100ml y la turbidez tuvo valores menores a 5 UNT, en promedio. Por consiguiente, estas mediciones mensuales nos permiten determinar en qué épocas estos valores fueron superados comparados con los valores del DS-N°031-2010-SA DIGESA y el ECA- DS N°004-2017-MINAM.

### **3.7 Equipos, materiales, insumos**

Los principales equipos, materiales e insumos que se utilizó, adicionales a los ya citados para cada ensayo fueron:

**Material experimental**

Agua de la Planta de Tratamiento de Agua La quesera.

**Material de campo**

- Recipientes de vidrio estéril y de plástico

**Equipo de campo**

- Cooler. bolsas de gel refrigerante.

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta los resultados mediante gráficos acompañado de su respectivo procesamiento usando la estadística descriptiva los cuales deben ser comparados con los límites establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental ECA –DS N°004-2017-MINAM, categoría 1, con límites de 5 UNT y que sólo necesitan una desinfección con cloro para ser aptas para consumo humano.

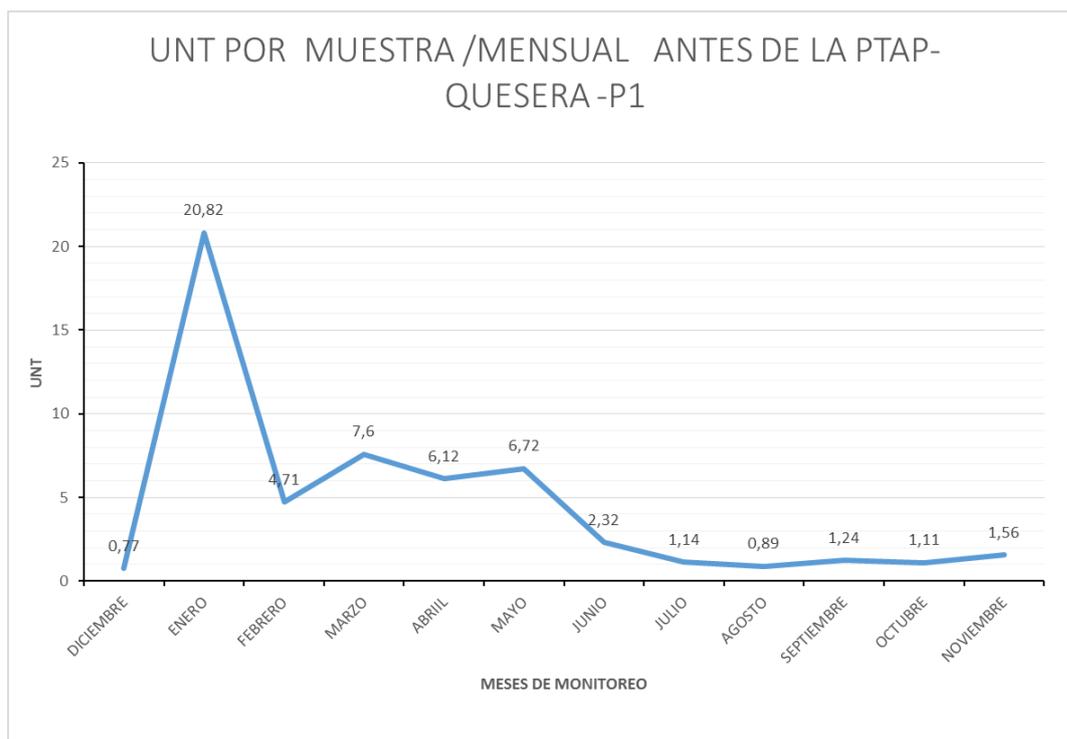
#### **Resultados de turbidez**

##### **Punto de monitoreo P1 antes del ingreso a la PTAP**

En la figura 18 se observa que los límites para considerarlos como A1 ha sido superado en un 33.33% del año, pero no han superado los 100 UNT para ser consideradas como A2, por lo que teniendo en cuenta que esta medición es antes de los FLA, puede potabilizarse con sólo desinfección.

**Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la turbidez del agua en P1**

| Nº Datos | Mínimo | Máximo | Media | Desv.Standar | Asimetría | Curtosis |
|----------|--------|--------|-------|--------------|-----------|----------|
| 12       | 0.77   | 20.82  | 4.58  | 5.70         | 2.39      | 6.51     |



**Figura 18. Turbidez del agua en P-1**

#### **Punto de monitoreo P2 a la salida de la PTAP**

En la figura 19 se observa que los límites para considerarlos como en P1 ha sido superado en un 8.3% del año; vale decir en el mes de enero ha superado ligeramente las 5 UNT. Puede deberse a una mala operación/mantenimiento de la planta o también que los sedimentos se ponen nuevamente en suspensión. Pero el promedio de los doce meses de medición está por debajo de este valor, tomando un valor de 5 UNT, lo que garantiza una desinfección eficaz, siempre y cuando se haga adecuadamente.

**Tabla 11. Estadísticos descriptivos de la turbidez del agua P2**

| N° Datos | Mínimo | Máximo | Media | Desv.Standar | Asimetría | Curtosis |
|----------|--------|--------|-------|--------------|-----------|----------|
| 12       | 0.09   | 6.55   | 0.93  | 1.82         | 3.18      | 10.39    |

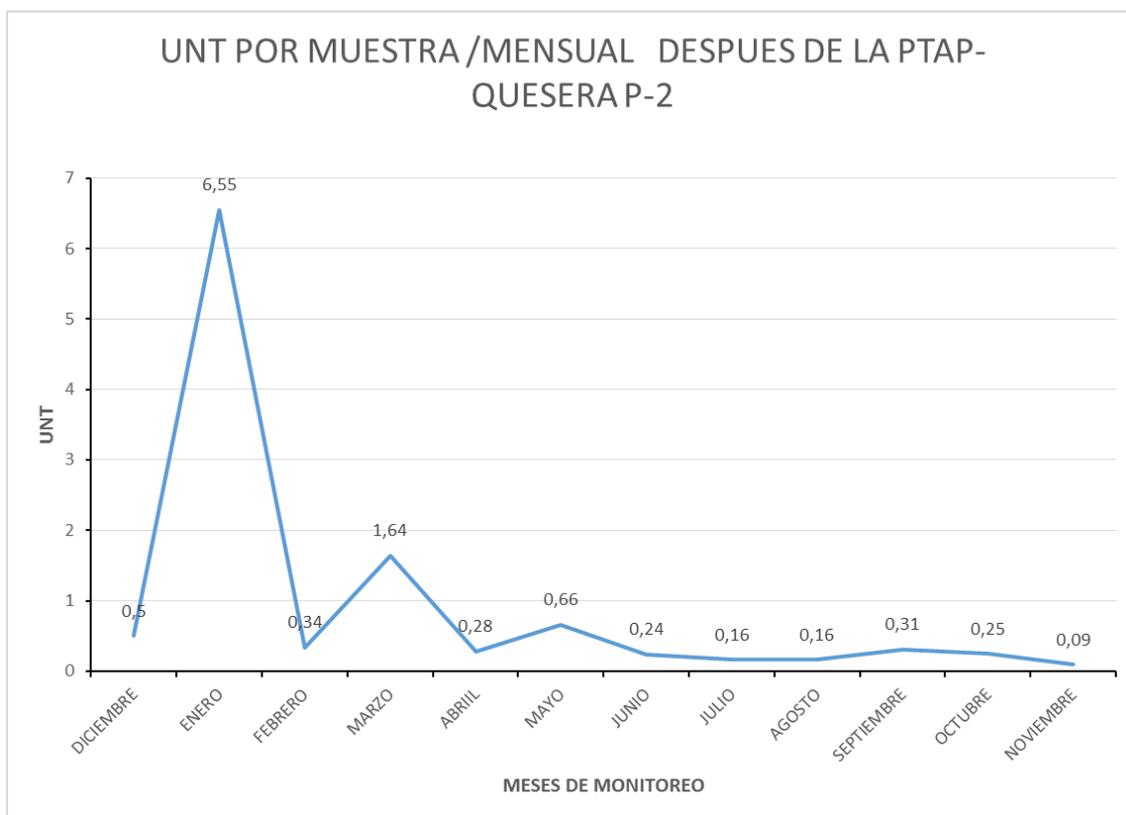


Figura 19. Turbidez del agua en P-2

### **Punto de monitoreo P3 luego de la cloración en la PTAP**

En la figura 20 se observa que luego de la cloración la cantidad la turbidez se mantiene por debajo de uno UNT y no fue superado este valor durante todos los doce meses de medición.

Tabla 12. Estadísticos descriptivos de la turbidez del agua P3

| <b>Nº<br/>Datos</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Media</b> | <b>Desv.Standard</b> | <b>Asimetría</b> | <b>Curtosis</b> |
|---------------------|---------------|---------------|--------------|----------------------|------------------|-----------------|
| 12                  | 0.10          | 0.80          | 0.39         | 0.19                 | 0.58             | 0.85            |

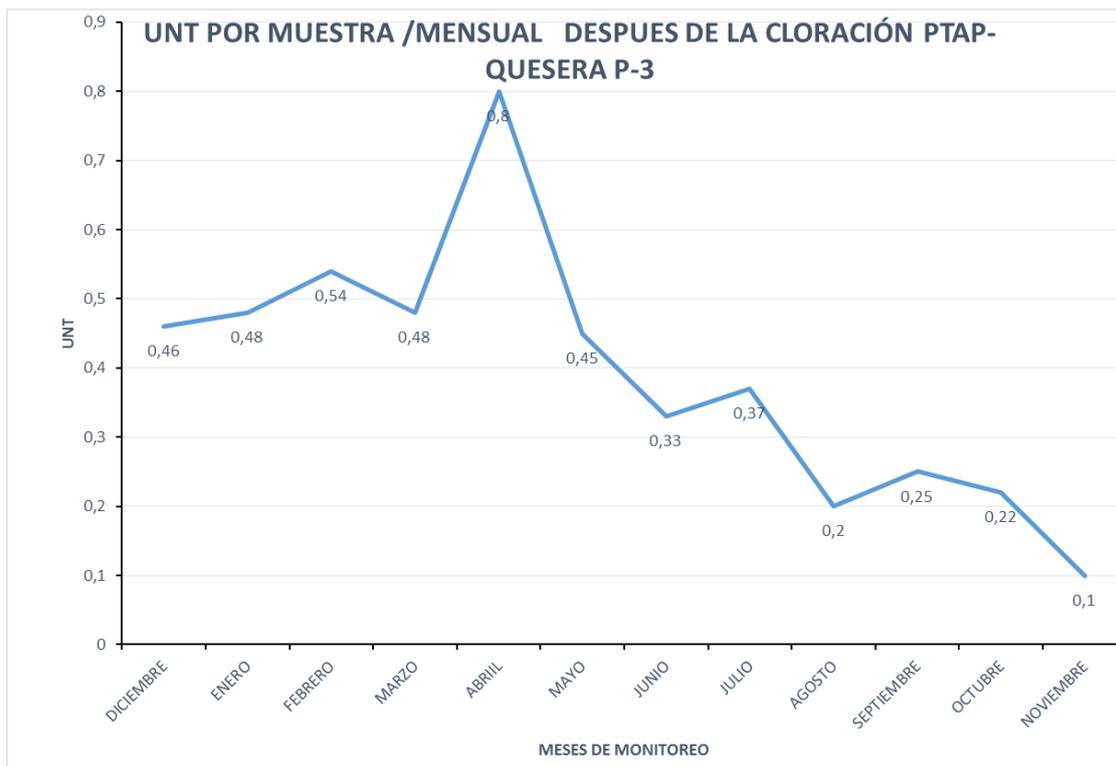


Figura 20. Turbidez del agua en P-3

#### **Punto de monitoreo P4 llegada al reservorio el cumbe**

En la figura 21 se observa que luego de la cloración y luego de recorrer casi trece kilómetros, la media se mantiene por debajo de 1UNT. Pero lo especial de las mediciones en este punto es que se puede observar cierta correlación entre la turbidez en el mes de mayo que presenta un pico en el mes de mayo de 2.49 UNT y la cantidad de coliformes en este mismo mes que presenta un pico lo que confirma la teoría de la relación entre turbidez y la presencia de coliformes en el agua.

Tabla 13. Estadísticos descriptivos de la turbidez del agua P4

| Nº Datos | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Standar | Asimetría | Curtosis |
|----------|--------|--------|-------|---------------|-----------|----------|
| 12       | 0.10   | 2.49   | 0.65  | 0.71          | 2.045     | 3.71     |

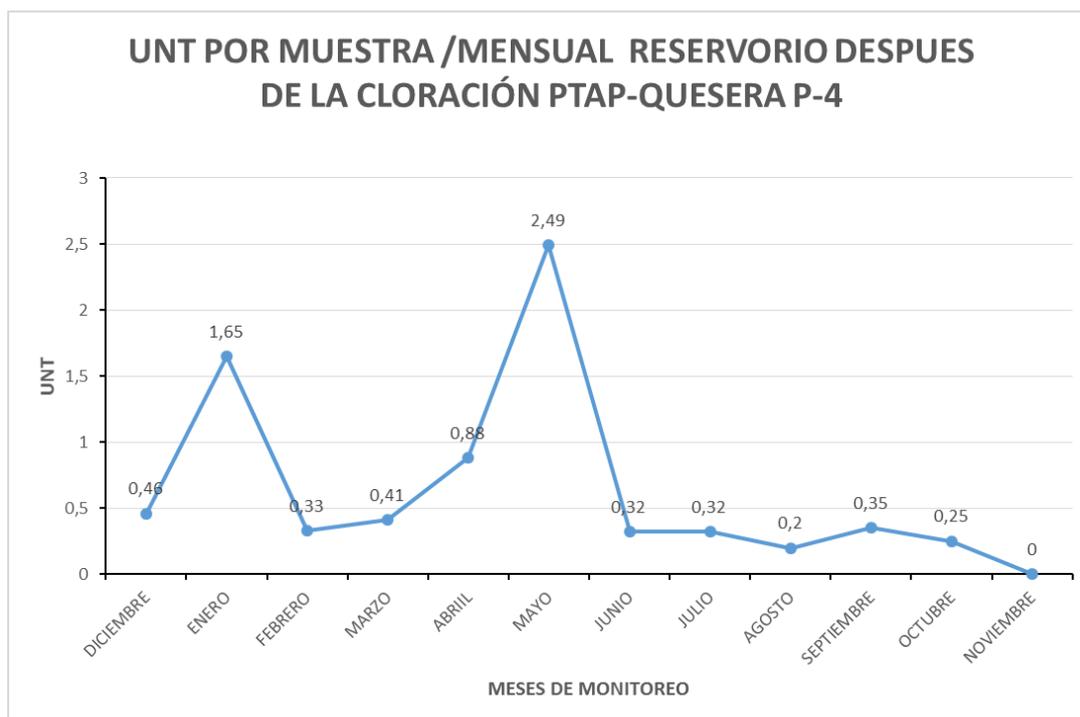


Figura 21. Turbidez del agua en P-4

#### **Punto de monitoreo P5 vivienda en red de distribución**

Este punto no es representativo de la PTAP La Quesera en razón que se mezcla con el agua del Manantial Molinopampa lo que no nos da la certeza de cuál de las fuentes se bebe en la ciudad porque se mezclan; pero se ha tomado doce muestras en una vivienda y se observa que la media es menor que el punto P4 la razón es que en el reservorio también se clora y hay procesos de sedimentación, pero el promedio en esta pileta de consumo está por debajo de las 5UNT que dice la norma.

Tabla 14. Estadísticos descriptivos de la turbidez del agua en el P5

| N °Datos | Mínimo | Máximo | Media | Desv.Standar | Asimetría | Curtosis |
|----------|--------|--------|-------|--------------|-----------|----------|
| 12       | 0.00   | 1.50   | 0.41  | 0.38         | 2.42      | 7.15     |

#### 4.1. Resultados de Coliformes Termotolerantes

A continuación, se presenta los resultados mediante gráficos acompañado de su respectivo procesamiento los cuales deben ser comparados con los límites establecidos en el presente trabajo de investigación que están establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental ECA –DS N°004-2017-MINAM, categoría 1, subcategoría A1 con límites 20 NMP/100 ml y que sólo necesitan una desinfección con cloro para ser aptas para consumo humano.

##### Punto de monitoreo P1 antes del ingreso a la PTAP.

En la figura 22 se observa que los límites para considerarlos como A1 ha sido superado en un 50% del año, pero no han superado los 2000 NMP/100mL para ser consideradas como A2, por lo que teniendo en cuenta que esta medición es antes de los FLA, puede potabilizarse con sólo desinfección.

Tabla 15. Estadísticos NMP/100 mL de coliformes termotolerantes P1

| N° Datos | Mínimo | Máximo | Media  | Desviación Standar | Asume-tría | Curtosis |
|----------|--------|--------|--------|--------------------|------------|----------|
| 12       | 1.00   | 920.00 | 106.85 | 260.57             | 3.27       | 10.94    |



Figura 22. NMP/100 mL de Coliformes Termotolerantes P1

### Punto de monitoreo P2 a la salida de la PTAP

Se observa en la figura 23 que los límites para considerarlos como A1 ha sido superado en un 8,3% del año, vale decir en el mes de mayo ha superado ligeramente los 20 NMP/100ml de coliformes termo tolerantes lo que podría deberse a una mala operación/mantenimiento de la planta. De acuerdo a la teoría, la desinfección con cloro no sería eficaz, además debemos tener en cuenta que esto ha sucedido luego de haber pasado los FLA. Pero el promedio de los doce meses de medición está por debajo de este valor, tomando un valor de 5,8 NMP/100ml de coliformes termo tolerantes.

Tabla 16. Estadísticos NMP/100 mL de coliformes termotolerantes P2

| Nº Datos | Mínimo | Máximo | Media | Desv.Standar | Asimetría | Curtosis |
|----------|--------|--------|-------|--------------|-----------|----------|
| 12       | 1      | 23     | 6.74  | 8.33         | 1.00      | -7.92    |

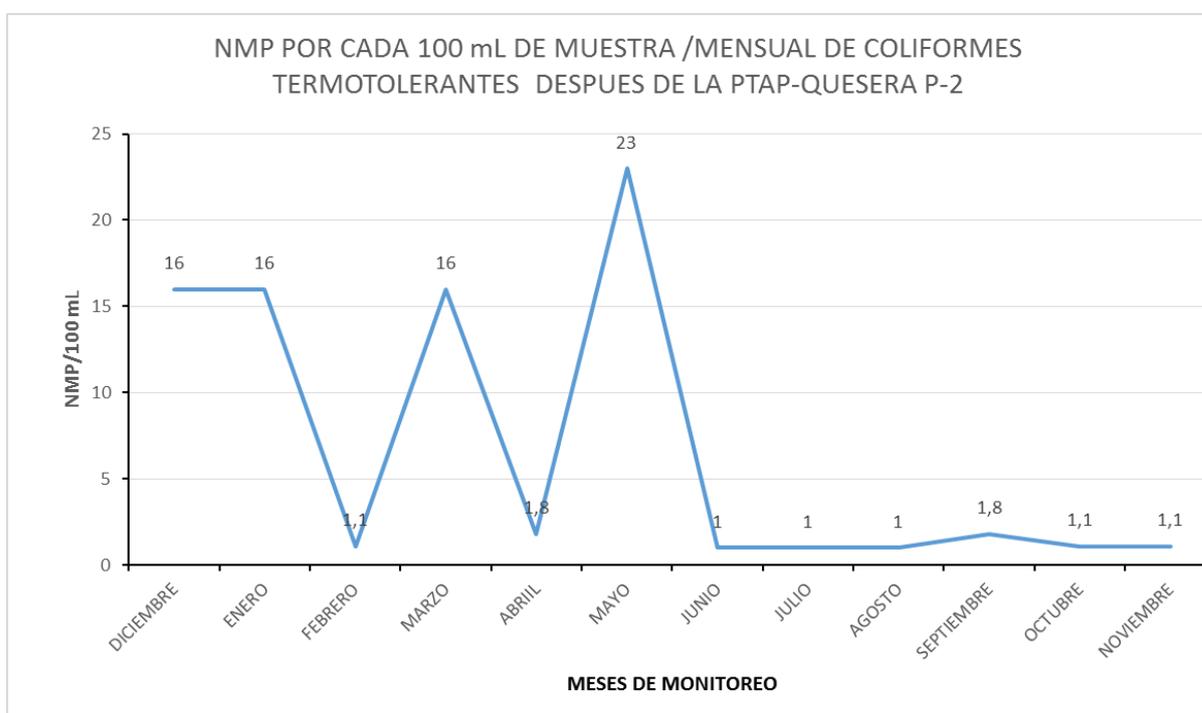


Figura 23. NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes P-2

### Punto de monitoreo P3 luego de la cloración en la PTAP

Se observa, en la figura 24 que luego de la cloración la cantidad de coliformes debería reducirse a menos de 1.8 NMP/100 ml, pero la media supera este valor lo que nos indica que no hay efectividad en la reducción de coliformes con la desinfección con cloro. Hay que tener en cuenta que este punto está a unos metros de la cloración donde quizás no hay una buena mezcla todavía, porque la presencia de cloro residual supera el 1ppm que establecen las normas.

Tabla 17. Estadísticos descriptivos de NMP/100 ml de C. Termotolerantes P3

| Nº Datos | Mínimo | Máximo | Media | Desviación Stándar | Asimetría | Curtosis |
|----------|--------|--------|-------|--------------------|-----------|----------|
| 12       | 1.00   | 12     | 2.07  | 3.14               | 3.40      | 11.71    |

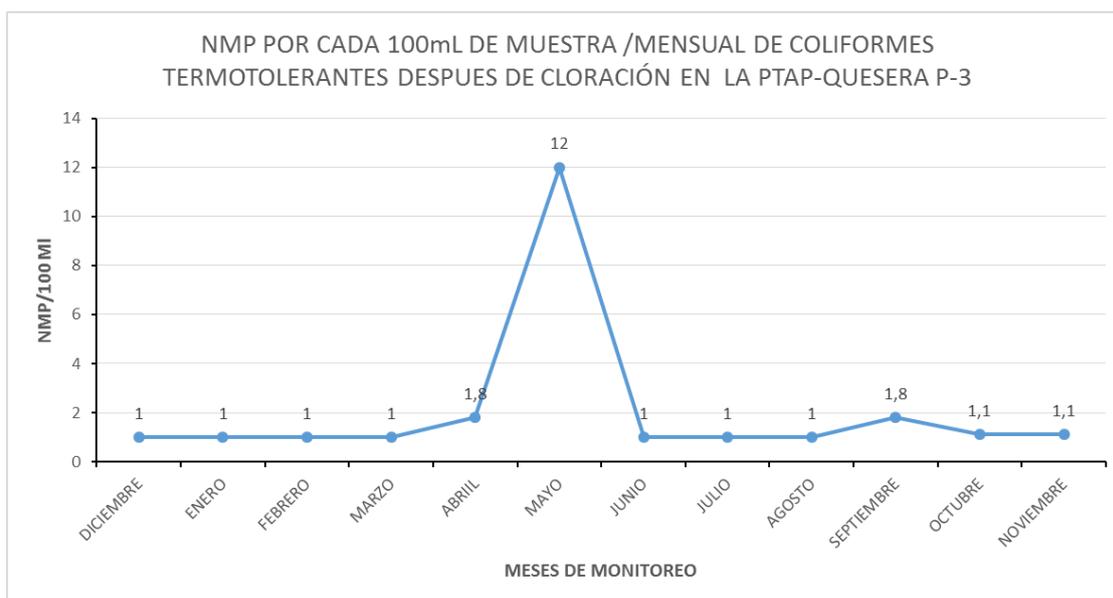


Figura 24. NMP/100 ml de Coliformes Termo tolerantes P-3

### Punto de monitoreo P4 llegada al reservorio el Cumbe

Se observa que en la figura 25, luego de la cloración la cantidad de coliformes debería reducirse a menos de 1.8 NMP/100 ml, pero la media supera este valor lo que nos indica que no hay efectividad en la reducción de coliformes con la desinfección con cloro. Luego

de un recorrido de casi trece kilómetros la media nos indica que la cantidad de coliformes es la misma que en la planta, pero si recurrimos a las medidas de cloro residual este disminuye en este trayecto lo que indica que hay eliminación de materia orgánica. La media para este caso no es muy buen representante en razón que existe un pico de 23 NMP/100ml de coliformes termo tolerantes en el mes de mayo porque en las otras nueve mediciones se observan que está por debajo de 1.8 NMP/100ml de coliformes termo tolerantes y la media es sensible a los valores elevados o valores bajos, podría ser un dato errático o real. Eliminando este dato se observa que el 91.67 % de las mediciones arrojan valores dentro de los parámetros establecidos como positivos dentro de la presente investigación.

Tabla 18. Estadísticos descriptivos de NMP/100 ml de C. Termotolerantes P4

| Nº Datos | Mínimo | Máximo | Media | Desv.Standar | Asimetría | Curtosis |
|----------|--------|--------|-------|--------------|-----------|----------|
| 12       | 1.00   | 23.00  | 2.98  | 6.31         | 3.445     | 11.93    |

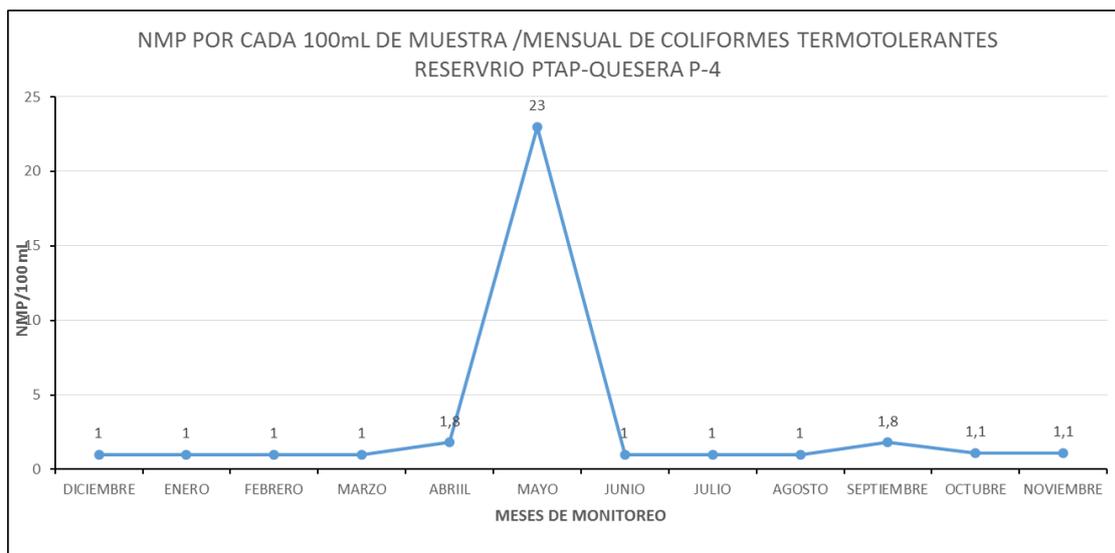


Figura 25. NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes P-4

### Punto de monitoreo P5 Vivienda en red de distribución

Este punto no es representativo de la PTAP La Quesera en razón que se mezcla con el agua del Manantial Molinopampa lo que no nos da la certeza de cuál de las fuentes se bebe en la ciudad porque se mezclan; pero se ha tomado doce muestras en una vivienda y se observa que la media es menor que el punto P4 la razón es que en el reservorio también se ha realiza la desinfección con hipoclorito de sodio.

Tabla 19. Estadísticos descriptivos del NMP/100 ml de C. Termotolerantes P5

| Nº Datos | Mínimo | Máximo | Media | Desv.Standar | Asimetría | Curtosis |
|----------|--------|--------|-------|--------------|-----------|----------|
| 12       | 1.00   | 1.8    | 1.15  | 0.31         | 1.98      | 2.46     |

### Resumen de los valores promedio de turbidez y coliformes termotolerantes

En la Tabla 20 se presenta el resumen del promedio de las mediciones realizadas durante doce meses del año en los cinco puntos de muestreo para los parámetros de turbidez y coliformes termotolerantes.

Tabla 20. Resumen de resultados de los parámetros evaluados

| Parámetros                                | Puntos de muestreo |          |          |          |          |
|---|--------------------|----------|----------|----------|----------|
|   | Punto P1           | Punto P2 | Punto P3 | Punto P4 | Punto P5 |
| Coliformes termotolerantes<br>(NMP/100mL) | 106,86             | 6,74     | 2,07     | 2,98     | 1,15     |
| Turbidez<br>(UNT)                         | 4,58               | 0,93     | 0,39     | 0,65     | 0,41     |

## 2 Turbidez

### 4.2.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE TURBIDEZ EN LOS FLA

De acuerdo a los valores de Tabla 20 los valores de la turbidez desde el punto de muestreo P2 hasta la salida del reservorio mantiene valores promedio por debajo de 1UNT, lo que

está de acuerdo con la OMS (1998), que indica que la turbidez del agua debe ser baja para que la desinfección sea eficaz y bajen los riesgos de que el agua vehiculice tóxicos que se manifiesten en diversas enfermedades crónicas. También este valor cumple con lo establecido por la OMS (2006) y con el DS -031-2010-SA DIGESA Que establece que deberá ser menor que 5UNT en la red de distribución.

Con la información recabada se ha calculado la remoción de turbidez en los Filtros Lentos de Arena (FLA) de la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera.

### **CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE LA TURBIDEZ EN FLA**

La eficiencia promedio de la turbidez en los filtros lentos de arena se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 21. Resumen de eficiencia de los FLA en remoción de turbidez

| Fecha      | Mes        | Antes PTAP<br>P1 | Después PTAP<br>P2 | Eficiencia % |
|------------|------------|------------------|--------------------|--------------|
| 16/12/2016 | Diciembre  | 0,77             | 0,5                | 35,06        |
| 16/01/2017 | Enero      | 20,82            | 6,55               | 68,54        |
| 21/02/2017 | Febrero    | 4,71             | 0,34               | 92,78        |
| 27/03/2017 | Marzo      | 7,6              | 1,64               | 78,42        |
| 20/04/2017 | Abril      | 6,12             | 0,28               | 95,42        |
| 19/05/2017 | Mayo       | 6,72             | 0,66               | 90,18        |
| 22/06/2017 | Junio      | 2,32             | 0,24               | 89,66        |
| 20/07/2017 | Julio      | 1,14             | 0,16               | 85,96        |
| 17/08/2017 | Agosto     | 0,89             | 0,16               | 82,02        |
| 20/09/2017 | Septiembre | 1,24             | 0,31               | 75,00        |
| 22/10/2017 | Octubre    | 1,11             | 0,25               | 77,48        |
| 20/11/2017 | Noviembre  | 1,56             | 0,09               | 94,23        |
| Promedio = |            |                  |                    | 73,56 %      |

La eficiencia promedio de la turbidez en los FLA es de 73.56% durante el promedio de muestreo realizado, el valor de 73.56% es inferior al valor promedio encontrado en otros lugares en filtros lentos de arena, como por ejemplo lo indicado por la OMS (2006), 90% de remoción de turbidez en FLA, esto puede deberse a un insuficiente tratamiento en los FLA como lo señala Marco et al (2004). Según García (2015), la calidad del agua captada de corrientes superficiales no es constante, sino que se incrementa en la época húmeda y

disminuye en la época seca, lo que tiene relación con los valores encontrados. Según Cánepa (2003), en “Filtración lenta como proceso de desinfección” nos indica que cuando la turbidez sobrepasa valores de 50 a 100 UNT por pocas horas causa enlodamiento de la superficie de los filtros, reduciendo la capacidad de remoción de la formación biológica del filtro y reduciendo en gran medida la capacidad de filtración. En las fechas que se realizó el muestreo no se observó alta turbiedad ,pero si hubo raspados del biofilm muy seguidos que han sobrepasado los cuatro raspados anuales señalados en el expediente técnico lo que ha reducido el espesor del lecho filtrante y la eficiencia de la planta en relación con valores encontrados en otros lugares del mundo. En el proyecto de la construcción de la PTAP está considerado un ambiente para un pequeño laboratorio el cual debe tener un turbidímetro de campo y un Colorímetro a fin que se registre diariamente y a cualquier hora del día, desviándose el agua fuera de la planta cuando se presente alta turbidez, pero hasta cuando se culminó la investigación no se encontró ningún equipo.

Entonces podemos decir que las eficiencias de los FLA en remoción de turbidez están por debajo de los establecidos por la OMS, y en la llegada al reservorio está por debajo de 1UNT cumpliendo con lo establecido por la OMS (2006) y con el DS -031-2010-SA. Que establece que deberá ser menor que 5UNT.

## **Turbidez**

### **4.2.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE COLIFORMES**

#### **TERMOTOLERANTES**

En el presente estudio se puede apreciar un valor atípico del NMP/100ml de coliformes termo tolerantes en el mes de mayo esto puede explicarse de acuerdo a lo citado por Foster et al.(1987), porque en ese mes se presentó precipitaciones en la zona que pudo haber

arrastrado todo lo que se encontraba en la cuenca de la que se alimenta el manantial La Quesera, a la cual también se eliminan las aguas residuales de la PTAR del caserío de Tincat , este día de toma de muestras no se hizo la cloración del agua.

Si recurriéramos a la estadística este valor podría eliminarse, por ser un valor atípico. En cuanto a los filtros lentos de arena podríamos manifestar que presenta un 33.33% del número de muestras tomadas con valores de eficiencia entre 0-30% y en el 66.67% del número de muestras analizadas está dentro de los promedios hallados en otros estudios de este tipo. Siendo la eficiencia 0% en el mes de agosto porque los instrumentos de medición tienen precisión hasta 1,1 para coliformes y la eficiencia de 10% en el mes de septiembre porque antes de la planta fue de 2 y después de la planta de 1,8 NMP/100ml de coliformes termo tolerantes.

De acuerdo a los valores de Tabla 20 los valores de coliformes termotolerantes en el punto P2 (Salida de la PTAP) mantiene un valor promedio por debajo de 20NMP/100 mL indicado en Estándares Nacionales de Calidad Ambiental ECA –DS N°004-2017-MINAM, categoría 1 siendo necesario sólo un desinfección para hacerlo apta para consumo humano ,pero en el resto de puntos, P3 después de la cloración hay presencia de coliformes termotolerantes, igual a la llegada del reservorio en el punto P4, esto pone en evidencia la presencia de coliformes fecales con permanencia continua desde la captación hasta el reservorio, a pesar de la desinfección con cloro . Pero en el punto P5 que es la red de distribución y donde se aplica la norma DS -031-2010-SA DIGESA, los valores en promedio son de 1,15 NMP/100mL, ligeramente por debajo de las 1,8 NMP/100 mL, que no garantiza que este valor haya sido o siga siendo superado en cualquier momento del día, mes o año , incumpliendo lo normado para mantener sana la salud de la población que bebe esta agua, lo propio podría pasar con las poblaciones de Sucre, José Gálvez, Jorge Chávez, que derivan sus sistemas de abastecimiento de la línea

de conducción La Quesera , si es que no le dan la desinfección adecuada en sus reservorios antes de entregar el agua a sus pobladores.

Según Foster et al. 1987 y Ministerio de Desarrollo de Colombia, citado por Vega (2013) las fuentes superficiales de agua pueden sufrir cambios erráticos e impredecibles en su calidad debido a la escorrentía en períodos de lluvia.

Con la información recabada se ha calculado la eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes en los Filtros Lentos de Arena de la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera, obteniendo un valor promedio de 71,53% (Tabla 3) muy por debajo del promedio de otros estudios mostrados en la Tabla 4 y los que menciona la OMS (2006) que para procesos de purificación de agua con filtros lentos de arena se alcanza una eficiencia de remoción de 99% de carga bacteriana. También, Azpita, Pardo (1987) encontró que los FLA reducen las coliformes fecales con una eficiencia del 92,4%. Arango (2013) encontró que los FLA separan las coliformes fecales del agua con una eficiencia del 99,4% o mayor. Shing, citado por Mejía (2005), afirma que el 80% del deterioro de la calidad del agua se debe a sedimentos suspendidos, provenientes en su mayoría de la erosión de los suelos como producto de presencia de urbanizaciones, deforestación, actividades agropecuarias y mineras. Encontrándose en nuestro caso, principalmente las agrícolas, ganaderas y además, la presencia de aguas residuales provenientes de la PTAR del caserío de Tincat de la cual no se tiene un registro continuo de la calidad de su efluente. Las condiciones geológicas, topográficas, precipitaciones, suelo y uso actual del suelo complementan la calidad del agua en todo su recorrido desde el tragadero en Tincat hasta que llega a los usuarios, siguiendo los correspondientes procesos de purificación en las diversas estructuras del sistema. En base a lo analizado y puntualmente a la salida de la PTAP (P2) la densidad de coliformes es menor que 20 NMP/100ml durante el 92 % de los meses muestreados lo cual luego de un proceso de desinfección adecuada con cloro,

el agua, debería ser apta para el consumo humano como lo establece los ECA –DS N°004-2017-MINAM, categoría 1. Por lo que podemos manifestar que la PTAP La Quesera está funcionando en forma ineficiente en cuanto a remoción de coliformes termotolerantes, cuya evidencia es los raspados continuos del biofilm son durante la época de lluvias, a veces el raspado se ha hecho hasta cada quince días, debido a la presencia de abundantes algas y materia orgánica que tapan los espacios entre granos de arena de la capa superior e impide que el agua pase a través de los filtros, esto coincide con lo dicho por Camacho (2015).

Otra de las razones de la ineficiencia en la remoción de coliformes termotolerantes en la PTAP La quesera, es que debido a los continuos raspados de arena disminuye el espesor de la capa de arena filtrante lo que reduce la eficiencia de los filtros de arena, esto nos menciona Marrón (1999), como uno de los inconvenientes en el uso de la filtración lenta como alternativa para tratamiento de agua para consumo humano. Cánepa (2003), hace hincapié en lo anotado en los párrafos anteriores y además agrega que los raspados biológicos que se hacen de la “Capa sucia” o Piel de filtro afecta la remoción de coliformes en los FLA en razón que se pierde la capa biológica y mientras llegue a su maduración, la capa que queda, disminuye la eficiencia en la eliminación de las coliformes, por lo que recomienda usar parte de la arena sacada. El estudio mecánica de suelos practicado en uno de los FLA nos indica que el tamaño de la arena  $d_{10}$  y su  $C_u$  y la grava, según la calicata realizada en uno de los filtros no cumple con las especificaciones técnicas de granulometría ni con el espesor de capas ya que se encontró que tiene 60cm (entre arena y grava) siendo el mínimo en el diseño de para desempeñarse como filtro lento de arena. Se han contrastado los datos del expediente técnico de obra hallándose  $d_{10} = 0,16$  y su  $C_u = 3,69$  para la primera capa de arena y  $d_{10} = 0,32$  y su  $C_u = 5,78$ . Respecto al espesor de la capa de arena Cánepa (2003), manifiesta que el espesor

de esta capa y el grano muy grueso, también influye en la remoción de coliformes, y en el expediente de obra se recomienda una altura mínima de arena de 0,30m, con las características citadas anteriormente.

La eficiencia promedio de los filtros lentos de arena en remoción de coliformes termotolerantes se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22. Resumen de eficiencia de los FLA en remoción de coliformes termotolerantes

| Fecha      | Meses      | Antes PTAP | Después PTAP | Eficiencia % |
|------------|------------|------------|--------------|--------------|
|            |            | P1         | P2           | P1-P2        |
| 16/12/2016 | Diciembre  | 23         | 16           | 30,43        |
| 16/01/2017 | Enero      | 23         | 16           | 30,43        |
| 21/02/2017 | Febrero    | 26         | 1,1          | 95,77        |
| 27/03/2017 | Marzo      | 170        | 16           | 90,59        |
| 20/04/2017 | Abril      | 79         | 1,8          | 97,72        |
| 19/05/2017 | Mayo       | 920        | 23           | 97,50        |
| 22/06/2017 | Junio      | 5,1        | 1            | 80,39        |
| 20/07/2017 | Julio      | 5,1        | 1            | 80,39        |
| 17/08/2017 | Agosto     | 1          | 1            | 0,00         |
| 20/09/2017 | Septiembre | 2          | 1,8          | 10,00        |
| 22/10/2017 | Octubre    | 5,1        | 1,1          | 78,43        |
| 20/11/2017 | Noviembre  | 23         | 1,1          | 95,22        |
| Promedio = |            |            |              | 71,53 %      |

La eficiencia en la eliminación de coliformes de los filtros lentos de arena en la planta de tratamiento para agua potable es 71.53 %.

Finalmente se debe indicar que otro de los factores importantes para una buena eficiencia de los FLA en la eliminación de coliformes y turbidez es la operación y mantenimiento Cánepa (2003).Lo que, en nuestro caso, necesita personal capacitado y dotado de herramientas, equipos de protección personal, asimismo una buena vía de acceso a la planta.

Comparación de los resultados del presente estudio con otros realizados: Esto lo hemos resumido en el cuadro siguiente.

Tabla 23. Resultados de investigaciones comparadas con la presente

| Parámetros                         | Rivas y García (2017)                            | Jafvert, y otros (2011) | Torres Parra y Villanueva(2014)     | Österdahl (2015)                                       | Presente investigación (2018)     |
|------------------------------------|--|-------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|
| Remoción de turbidez (%)           | 56,52-90,98                                      | 94,8-99,90              | 96,4                                | < 99.00%, en algunos casos hubo incremento de turbidez | 73,56%                            |
| Remoción de coliformes fecales (%) | 99,65-100.00                                     | 99                      | 100                                 |  | 71,53%                            |
| Remoción de color (%)              | < 70.25%, en algunos casos hubo aumento de color |                         | 100                                 | < 37.50% en algunos casos hubo incremento de color     |                                   |
| pH (unidades)                      | 7,67 – 8,05                                      |                         | 7,2                                 | 5,7 - 7,2  |                                   |
| Cloro residual (mg/l)              | 0.50 - 0.60                                      | 1.00 mg/l               | no se hizo cloración                |  | No hay cloración antes de la PTAP |
| Arena usada                        | arena de arroyo lavada                           | arena gruesa lavada     | arena de río y arena de peña lavada | no especifica  | arena de rio                      |
| columna de arena (cm)              | 38   | 35,56                   | 55                                  | 40   | 45                                |
| Grava mediana (cm)                 |  |                         |                                     |  | 15                                |

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES

1. Durante el período de investigación la calidad del agua en los parámetros de turbidez y de coliformes termotolerantes en la Planta de Tratamiento de Agua, La Quesera, presentaron valores promedio debajo de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental ECA –DS N°004-2017-MINAM, categoría 1 y el DS -031-2010-SA, no obstante, los filtros lentos de arena (FLA) de la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera presentaron 73,56% de eficiencia en la remoción de turbidez y de 71,53% en remoción de coliformes termotolerantes, valores que están por debajo del promedio de otros estudios realizados en otros países y lo indicado por la OMS.
2. La turbidez del agua en la planta de tratamiento de agua la quesera presentó los valores promedio siguientes: P1, en el ingreso a la planta, 4,58 UNT; P2, a la salida de la planta, 0,93 UNT; P3 después de la cloración 0,39 UNT.
3. La cantidad de coliformes termotolerantes en la planta de tratamiento de agua la quesera presento los valores promedio siguientes: P1 al ingreso a la planta 106,86 NMP/100 mL, P2 a la salida de la planta 6,74 NMP/100 mL, P3 luego de la cloración 2,07 NMP/100 mL.
4. La cantidad de coliformes termotolerantes en el punto P4, al ingreso al reservorio, El Cumbe, fue de 2,98 NMP/100 mL y de turbidez de 0,65 UNT. Finalmente, en el punto P5 se encontró 0,41 UNT y 1,15 NMP/100 mL ligeramente inferior a 1,18 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes que viene hacer el límite en redes de distribución de agua para consumo humano, según el DS -031-2010-SA DIGESA. por lo que es probable que el valor establecido por esta norma haya sido superado en cualquier momento del período de estudio.

## RECOMENDACIONES

Si bien es cierto que la calidad del agua durante el periodo evaluado presenta valores ligeramente bajo las normas citadas en las conclusiones, pero el funcionamiento de los filtros lentos de arena no están funcionando eficientemente, porque se ha determinado que la granulometría y el espesor de los filtros ,en todas sus capas, no cumplen con lo indicado en el expediente técnico del proyecto; esto se evidencia con los raspados del biofilm, los cuales deberían ser de cuatro por año ,con un espesor de raspado de 2cm, pero este número ha sido superado en la época húmeda donde se ha hecho cada quince días. Por lo que la eficiencia de la planta presenta valores por debajo del promedio de otras plantas de FLA. Razón por lo que se recomienda:

- Colocar los espesores de las capas de los filtros lentos de arena con grava y arena que cumplan con la correspondiente granulometría.
- Adquirir un turbidímetro para realizar las mediciones en el laboratorio de manera permanente lo mismo que los análisis de coliformes termotolerantes deberá hacerse con la frecuencia que indican las normas.
- Mejorar y monitorear en forma permanente las aguas tratadas de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Caserío Tincat y otros a fin de disminuir la carga de coliformes.
- Plantear otras estructuras antes y/o después de la Planta de Tratamiento de Agua La Quesera a fin de disminuir la carga de coliformes termotolerantes.
- Realizar apropiadamente la cloración del agua después de la PTA La Quesera y en el reservorio El Cumbe y monitoreo permanente en las redes de distribución.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, H.D.F; Portela, C. W. (2009). Diseño y montaje del laboratorio de filtro lento de arena para agua potable. Tesis Ingeniero Civil. Girardot Colombia, Corporación universitaria Minuto de Dios. 44 p.
- Arango, R. A. (2013). La biofiltración una alternativa para la potabilización del agua. Revista Lasallista de investigación Vol.1 (Nº2): p.61-66.
- Arenas, A; Cárdenas G, W. F. (2015). Diseño de un sistema hidráulico para la extracción y purificación de agua para consumo humano en Puerto Gaitán, Meta, Colombia. Tesis Ingeniero mecánico. Bogotá Colombia, Universidad Libre de Colombia.109 p.
- BID (Banco Interamericano de desarrollo, Perú). (2015). El futuro de los servicios de agua y saneamiento en América Latina: documento para discusión. (En línea). Consultado 03 dic. 2015. Disponible en [cicoteca.caf.com/.../El%20Futuro%20de%los%20Servicios %20de%20](http://cicoteca.caf.com/.../El%20Futuro%20de%los%20Servicios%20de%20)
- Burgos, M. E; Agudo, V. D. (2015). Análisis de la eficiencia de filtros de zeolita para la remoción de contaminantes en el agua proveniente de dos pozos de abastecimiento público en el recinto Tres Postes, Cantón Alfredo Baquerizo Moreno. Guayaquil Ecuador. Tesis Ingeniero Civil, Escuela Superior Politécnica del Litoral. 211 p.
- Camacho, N. C. (2015). Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería Industrial.Vol. (29). p.153-170.
- Cánepa, L. 2003. Filtración lenta como proceso de desinfección (en línea). Lima-Perú. Consultado 1 dic.2015.Disponible <http://www.el agua potable.com/filtración lenta como proceso de desinfección>.
- Cánepa, L. 2012. Instalación de la captación y conducción de Agua Potable Para la Ciudad de Celendín, Sucre, José Gálvez y Jorge Chávez, Provincia de Celendín – Memoria de cálculo de la planta de filtración lenta. Lima noviembre 2012.
- Congreso de la República del Perú. (9 de julio de 1997). Ley General de Salud. [Ley 26842 de 1997].D.O:El Peruano 151245 .Recuperado de [http://www.minsa.gob.pe/ondt/normas/ley\\_26842.pdf](http://www.minsa.gob.pe/ondt/normas/ley_26842.pdf).

- DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental, Perú). (2011). Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. DS N°031-2010-SA, Ministerio de Salud. Lima Perú. 44 p.
- Espigares, G. M; Fernández, C. M. (1999). Calidad del agua para consumo público: caracteres físico-químicos. En Estudio sanitario del agua. Pérez López. J. A. y Espigares García M. (eds.). Editorial Universidad de Granada, Granada, p. 85-114.
- García, B. B. (2014). Propuesta de manejo sustentable de diecinueve manantiales en la ciudad de Xalapa. Ingeniería Ambiental, Experiencia Recepcional. Veracruz México. Universidad Veracruzana. 92 p.
- García, H. Y. (2015). Calidad con fines humano de las aguas de la Cuenca río Naranjo, municipio Majibacoa, provincia Las Tunas. Innovación Tecnológica Vol. 21 (No. 2): p.1-14.
- Gauthier, V; et al (2003). Impact of raw water turbidity fluctuations on drinking water quality in a distribution system. J. Environ. Eng. Sci. /Rev. Gen. sci. env. 2(4):p. 281-291.
- Gobierno Regional de Cajamarca [GORECAJ] (2017). ZEE-OT. Recuperado de <http://www.regioncajamarca.gob.pe/>
- Google Earth Pro (2017). [Imagen satelital]. Sucre, Celendín, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://www.google.com/maps/@-6.94055,-78.13269,3662m/data=!3m1!1e3>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Mex). (2015). Estadísticas a propósito del día mundial del agua (22 marzo) datos nacionales. (En línea). México Aguas Calientes. Consultado 03 dic.2015. Disponible en [http://www.inegi.org.mx/sala de prensa/aproposito/2015/agua.pdf](http://www.inegi.org.mx/sala_de_prensa/aproposito/2015/agua.pdf).
- León, C. M. (2014). Diagnóstico de la calidad del agua de la micro cuenca del río Conguime y diseño de una propuesta de mitigación para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (Ica Brown) en la provincia de Zamora Chinchipe cantón Paquisha. Tesis Ing. Ambiental. Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador. 191 p.
- Marco et al 2004. La turbidez como indicador básico de la calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del sistema de potabilización y distribución de la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). Revista Higiene y Sanidad Ambiental (Nº. 4):p. 72-82.

- Marrón. (1999). Plantas de tratamiento por filtración lenta: diseño operación y mantenimiento ITDG. Lima Perú. 43 p.
- Mejía, C. MR. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la micro cuenca El Limón, San Jerónimo Honduras. Tesis Magíster Sc. Turrialba, Costa Rica, Programa de Educación para el desarrollo y la conservación del Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza. 123 p.
- Ministerio del ambiente de la República del Perú. (18 de diciembre del 2009). Disposiciones para la implementación de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua. [Decreto Supremo 023 del 2009]. D. O: El Peruano 408223. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/01/DS-N%C2%BA-023-2009-MINAM-Disposiciones-ECA-Agua.pdf>.
- MINAM (Ministerio del Ambiente, PE). 2017. Modifican Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. El Peruano. Diario Oficial. Lima (PE). junio. 7. N° 14101: 1529835-2.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). (2015). Agua, saneamiento y salud: informe 2015 del PCM sobre el acceso a agua potable y saneamiento datos esenciales (en línea). Consultado 03 dic 2015. Disponible en [http://www.who.int/watersanitation\\_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/](http://www.who.int/watersanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/).
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2006. Guías para la Calidad del Agua Potable: Primer apéndice de la tercera edición. 3ra edición. Ginebra, Organización mundial de la salud. V. 1, 393 p.
- OMS (Organización Mundial de Salud, Suiza). (1998). Guías para la Calidad del Agua Potable. 2da edición. Volúmenes 1 y 3. Ginebra.
- Pardón, O. M. (1987). Consideraciones, desarrollo y evaluación de un sistema de tratamiento que implementa la filtración gruesa de flujo vertical en grava. Ingeniero Sanitario. Lima Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. 63 p.
- Ramírez, M. L. (2002). Uso de los filtros lentos a nivel domiciliario. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. Vol. XXIII. N°1. p. 44-49.

- Ramírez, M. L. (2011). Filtración lenta con arena para el tratamiento de agua en comunidades rurales. Revista científica avances CiGet Pinar del Río Vol.13 (Nº1):p.1-8.
- Rheinheimer, G. (1987). Microbiología de las aguas. Trad.JR de Arenillas.4 ed. Zaragoza España. Editorial Acribia. 294 p.
- Rojas, R. (2002). Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. (En línea). OPS/CEPIS. Lima Perú, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Consultado 28 nov. 2015. <http://www.cepis.ops-oms.org>.
- Romero, R. J. (2009). Calidad del agua.3 ed. Colombia, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 485 p.
- Sánchez. (1996). Limpieza de la biomembrana y su efecto en filtración lenta de arena, FLA Santiago de Cali. Colombia. Tesis Magister en ingeniería sanitaria y ambiental., Universidad del Valle. 89 p.
- SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Perú). 2012. Res.Nº015-2012-SNASS-CD. El Peruano Normas legales. Año XXIX.(Nº11832). 465888-465894.
- Vega, S. H. (2013). Evaluación de la filtración en múltiples etapas Fime en tanques plásticos con pre sedimentación y retro-lavado en la hacienda Majavita. Tesis Msc. Socorro, Santander, Colombia, Universidad de Manizales. 116 p.
- Zanini, J et al. (2014). Remoción de herbicida atrazina utilizando combinación de filtros lentos de arena y filtros con carbón activado granular. Rev.Téc.Univ.Zulia. Vol.37 (Nº. 2): p.125-134.

**CAPÍTULO VII****APÉNDICE****Apéndice A. Panel fotográfico**

Figura 26. PTAR Caserío Tincat-Sucre



Figura 27. Captación manantial La Quesera



**Figura 28. Toma de muestra captación manantial La Quesera**



**Figura 29. Presedimentador después de la captación manantial La Quesera**



**Figura 30. Mosaico de fotos PTAP La Quesera y reservorio El Cumbe**



**Figura 31. FLA PTAP La Quesera en funcionamiento**



**Figura 32. FLA PTAP La Quesera filtros colmatados**



**Figura 33. Raspado del biofilm PTAP La Quesera**



**Figura 34. Lavado de arena luego del raspado. Trabajadores sin EPP**



**Figura 35. Reposición de capa de arena en FLA de la PTAP La Quesera**



**Figura 36. Extracción de arena y grava lecho filtrante del FLA**



**Figura 37. Espesor de las capas lecho filtrante del FLA**



**Figura 38. Vía de acceso a la PTAP La Quesera en malas condiciones**



**Figura 39. Equipos de medición parámetros de campo**



**Figura 40. Puerta de ingreso a la PTAP La Quesera**



**Figura 41. Equipo de cloración de la PTAP La Quesera**

## Apéndice B. Resumen de temperatura y pH

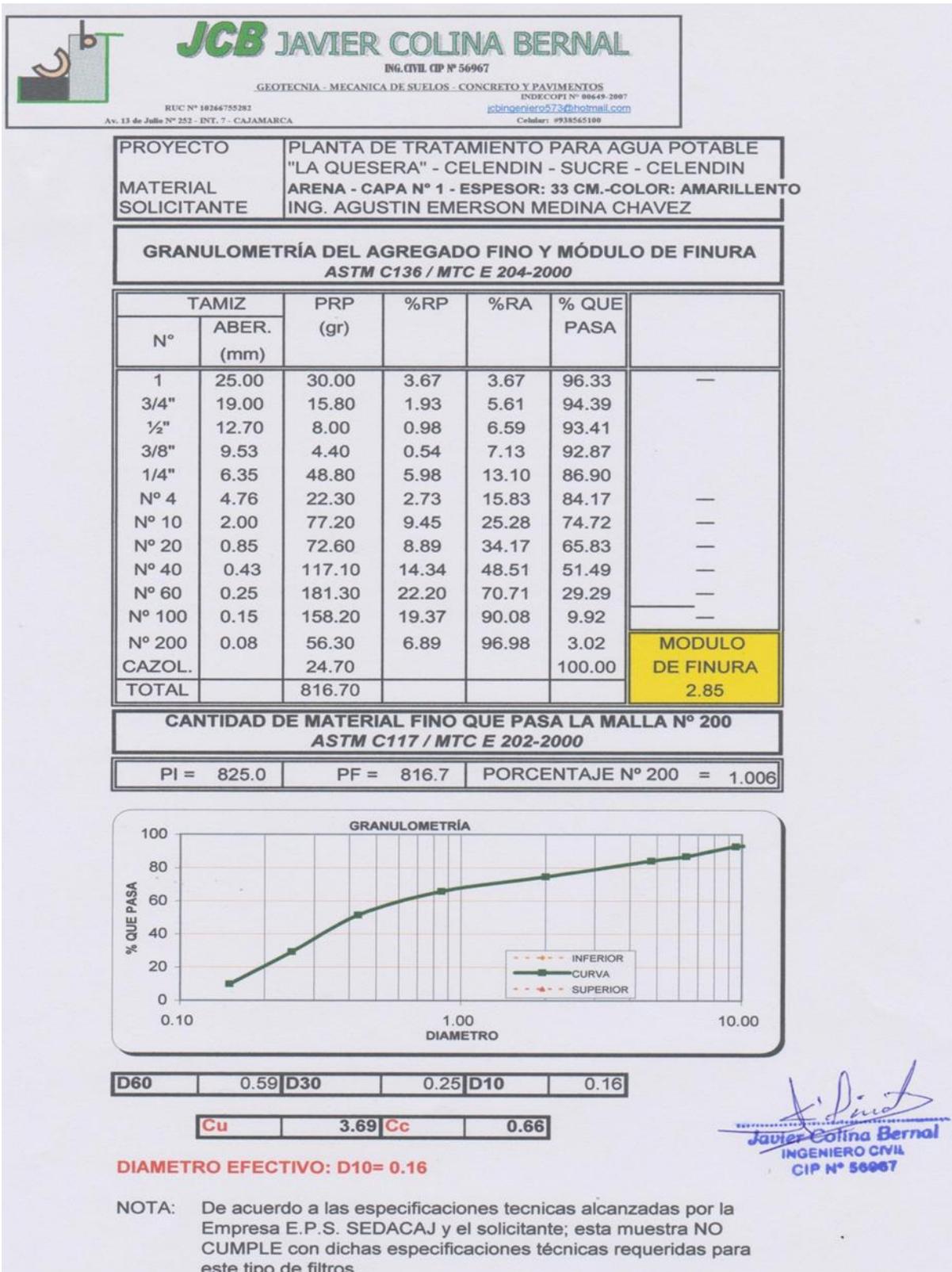
Tabla 24. Datos muestreo de la temperatura

| N° Muestreo | Fecha      | Mes        | Temperatura |              |                |            |          |
|-------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------|------------|----------|
|             |            |            | Antes PTAP  | Después PTAP | PTAP-Cloración | Reservorio | Vivienda |
|             |            |            | P1          | P2           | P3             | P4         | P5       |
| 1           | 16/12/2016 | Diciembre  | 14,7        | 14,5         | 14,8           | 17,2       | 17       |
| 2           | 16/01/2017 | Enero      | 14,5        | 16,6         | 17,6           | 16,1       | 17,6     |
| 3           | 21/02/2017 | Febrero    | 14,7        | 15           | 18,3           | 19,5       | 16,8     |
| 4           | 27/03/2017 | Marzo      | 14,8        | 15,2         | 15,5           | 17,4       | 16,1     |
| 5           | 20/04/2017 | Abril      | 15          | 17,5         | 16             | 18,6       | 16,1     |
| 6           | 19/05/2017 | Mayo       | 15,2        | 15,8         | 15,3           | 17,4       | 16,1     |
| 7           | 22/06/2017 | Junio      | 15,5        | 16           | 15,5           | 19,3       | 15,9     |
| 8           | 20/07/2017 | Julio      | 17,1        | 17,5         | 17,3           | 18,9       | 15,2     |
| 9           | 17/08/2017 | Agosto     | 18,3        | 16,7         | 16,7           | 19,4       | 15,9     |
| 10          | 20/09/2017 | Septiembre | 17,13       | 16           | 15,7           | 16,4       | 19       |
| 11          | 22/10/2017 | Octubre    | 20,1        | 18,8         | 18,2           | 17,6       | 16,6     |
| 12          | 20/11/2017 | Noviembre  | 18,2        | 16,4         | 16,6           | 20,2       | 16,1     |
|             | Promedio   |            | 16,3        | 16,3         | 16,5           | 18,2       | 16,5     |
|             | Mediana    |            | 15,35       | 16,2         | 16,3           | 18,1       | 16,1     |

Tabla 25. Datos muestreo del pH

| N° Muestreo | Fecha      | Mes        | PH         |              |                |            |          |
|-------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|------------|----------|
|             |            |            | Antes PTAP | Después PTAP | PTAP-Cloración | Reservorio | Vivienda |
|             |            |            | P1         | P2           | P3             | P4         | P5       |
| 1           | 16 12 2016 | Diciembre  | 7.44       | 7.66         | 7.62           | 7.68       | 7.64     |
| 2           | 16 01 2017 | Enero      | 7.15       | 7.5          | 7.5            | 7.47       |          |
| 3           | 21 02 2017 | Febrero    | 6.67       | 6.60         | 6.36           | 6.82       | 6.77     |
| 4           | 27 03 2017 | Marzo      | 7.4        | 7.15         |                |            |          |
| 5           | 20 04 2017 | Abril      | 8.6        | 7.95         | 7.9            | 7.79       | 7.6      |
| 6           | 19 05 2017 | Mayo       | 7.5        | 7.2          |                |            |          |
| 7           | 22 06 2017 | Junio      | 7.07       | 7.07         | 7.14           | 7.63       | 7.36     |
| 8           | 20 07 2017 | Julio      | 7.26       | 7.26         | 7.4            | 7.51       | 7.43     |
| 9           | 17 08 2017 | Agosto     | 7.12       | 7.03         | 7.1            | 7.65       | 7.55     |
| 10          | 20 09 2017 | Septiembre | 7.26       | 7.4          | 7.58           | 7.36       | 7.47     |
| 11          | 22 10 2017 | Octubre    | 7.2        | 7.57         | 7.5            | 7.73       | 7.86     |
| 12          | 20 11 2017 | Noviembre  | 7.18       | 7.2          | 7.4            | 7.6        | 7.8      |
|             | Promedio   |            | 7.32       | 7.30         | 7.35           | 7.5        | 7.5      |

### Apéndice C. Informes de mecánica de suelos de calicata filtro de arena



|   |   |
|---|---|
|  | <b>JCB JAVIER COLINA BERNAL</b><br>ING. CIVIL. CIP N° 56967   |
|   | GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS<br><small>ENDECOPI N° 08649-2007</small><br><small>ycbingenieros73@hotmail.com</small><br><small>Celular: 9938545180</small> |

RUC N° 10266755282  
Av. 13 de Julio N° 252 - INT. 7 - CAJAMARCA

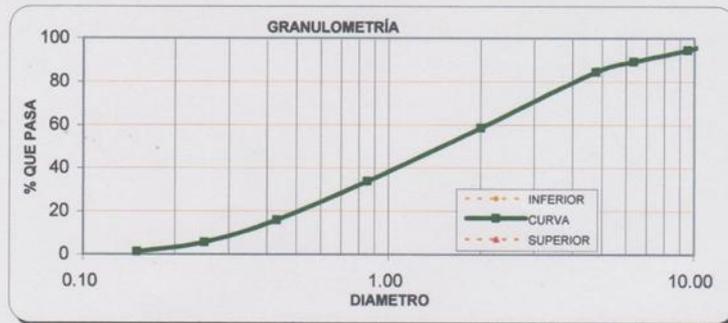
|             |   |
|-------------|---|
| PROYECTO    | PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUA POTABLE<br>"LA QUESERA" - CELENDIN - SUCRE - CELENDIN |
| MATERIAL    | ARENA - CAPA N° 2 - ESPESOR: 12 CM.-COLOR: GRIS                                       |
| SOLICITANTE | ING. AGUSTIN EMERSON MEDINA CHAVEZ  |

**GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO Y MÓDULO DE FINURA**  
ASTM C136 / MTC E 204-2000

| N°     | TAMIZ         | PRP<br>(gr) | %RP   | %RA    | % QUE<br>PASA |                             |
|--------|---------------|-------------|-------|--------|---------------|-----------------------------|
|        | ABER.<br>(mm) |             |       |        |               |                             |
| 1/2"   | 12.70         | 3.20        | 0.54  | 0.54   | 99.46         | —                           |
| 3/8"   | 9.53          | 28.30       | 4.82  | 5.36   | 94.64         | —                           |
| 1/4"   | 6.35          | 31.40       | 5.35  | 10.71  | 89.29         | —                           |
| N° 4   | 4.76          | 28.00       | 4.77  | 15.48  | 84.52         | —                           |
| N° 10  | 2.00          | 151.70      | 25.83 | 41.31  | 58.69         | —                           |
| N° 20  | 0.85          | 145.20      | 24.72 | 66.03  | 33.97         | —                           |
| N° 40  | 0.43          | 105.70      | 18.00 | 84.03  | 15.97         | —                           |
| N° 60  | 0.25          | 60.30       | 10.27 | 94.30  | 5.70          | —                           |
| N° 100 | 0.15          | 26.20       | 4.46  | 98.76  | 1.24          | —                           |
| N° 200 | 0.08          | 7.30        | 1.24  | 100.00 | 0.00          | —                           |
| CAZOL. |               | 3.10        | 0.53  |        | 100.00        | —                           |
| TOTAL  |               | 587.30      |       |        |               | MODULO<br>DE FINURA<br>4.00 |

**CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA LA MALLA N° 200**  
ASTM C117 / MTC E 202-2000

|            |            |                           |
|------------|------------|---------------------------|
| PI = 594.0 | PF = 587.3 | PORCENTAJE N° 200 = 1.128 |
|------------|------------|---------------------------|

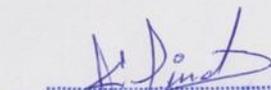


|     |      |     |      |     |      |
|-----|------|-----|------|-----|------|
| D60 | 1.85 | D30 | 0.70 | D10 | 0.32 |
|-----|------|-----|------|-----|------|

|    |      |    |      |
|----|------|----|------|
| Cu | 5.78 | Cc | 0.83 |
|----|------|----|------|

**DIAMETRO EFECTIVO: D10= 0.32**

NOTA: De acuerdo a las especificaciones técnicas alcanzadas por la Empresa E.P.S. SEDACAJ y el solicitante; esta muestra NO CUMPLE con dichas especificaciones técnicas requeridas para este tipo de filtros.

  
**Javier Colina Bernal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 56967

## Apéndice D. Informes de análisis de muestras de agua

| LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  |               |   | LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA   |                     |                       | LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA   |      |      |
|--|---------------|---|---|---------------------|-----------------------|---|------|------|
| GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  |               |   | GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA   |                     |                       | GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA   |      |      |
| LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  |               |   | LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA |                     |                       | LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA |      |      |
| CON REGISTRO N° LE-084   |               |   | CON REGISTRO N° LE-084  |                     |                       | CON REGISTRO N° LE-084  |      |      |
| INFORME DE ENSAYO N° IE 1216602  |               |   | INFORME DE ENSAYO N° IE 1216602   |                     |                       | INFORME DE ENSAYO N° IE 1216602   |      |      |
| ENSAYOS  |               |   | FISICOQUÍMICOS  |                     |                       |   |      |      |
| Código Cliente   | P1            | P2  | P3  | P4                  | P5                    | P6  |      |      |
| Código Laboratorio   | 1216602-01    | 1216602-02  | 1216602-03  | 1216602-04          | 1216602-05            | 1216602-06  |      |      |
| Matriz de Agua   | Uso y Consumo | Uso y Consumo   | Uso y Consumo   | Uso y Consumo       | Uso y Consumo         | Uso y Consumo   |      |      |
| Descripción  | Bebida        | Bebida  | Bebida  | Bebida              | Bebida                | Bebida  |      |      |
| Localización de la Muestra   | Antes PTAP    | Salida del Proceso de Filtración  | Después de Cloración en PTAR  | vivienda San Isidro | Entrada al Reservorio | Vivienda Barrio Central   |      |      |
| Parámetro  | Unidad        | LCM   | Resultados  |                     |                       |   |      |      |
| Turbidez   | NTU           | 0.09  | 0.77  | 0.50                | 0.46                  | 0.46  | 1.50 | 0.59 |
| ENSAYOS  |               |   | MICROBIOLÓGICOS   |                     |                       |   |      |      |
| (*) Coliformes Termotolerantes   | NMP/100mL     | 1.1   | 16  | 23                  | <1.1                  | <1.1  | <1.1 | <1.1 |
| Ensayo   | Unidad        | Método de Ensayo Utilizados   |   |                     |                       |   |      |      |
| Turbidez   | NTU           | SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method   |   |                     |                       |   |      |      |
| (*) Numeración de Coliformes Termotolerantes   | NMP/100mL     | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2, C, E1. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |   |                     |                       |   |      |      |
| OBSERVACIONES  |               |   |   |                     |                       |   |      |      |
| BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estandar relativa  |               |   |   |                     |                       |   |      |      |
| LDM: Limite detección del Método, LCM: Limite de cuantificación del métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado  |               |   |   |                     |                       |   |      |      |
| Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  |               |   |   |                     |                       |   |      |      |
| Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado   |               |   |   |                     |                       |   |      |      |
| (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.   |               |   |   |                     |                       |   |      |      |
| NOTAS FINALES  |               |   |   |                     |                       |   |      |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.</li> <li>✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.</li> <li>✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.</li> <li>✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.</li> <li>✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.</li> <li>✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros</li> <li>✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.</li> <li>✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservan en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.</li> </ul> |               |   |   |                     |                       |   |      |      |
| Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04  |               |   |  |                     |                       | Cajamarca, 23 de Diciembre de 2016.   |      |      |
|  |               |   |   |                     |                       | Página: 3 de 3  |      |      |
| LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA - ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  |               |   |   |                     |                       |   |      |      |
| IR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/A. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ   |               |   |   |                     |                       |   |      |      |
| E-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FONDO: 596000 anexo 1140   |               |   |   |                     |                       |   |      |      |

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084**

  
INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 084

**INFORME DE ENSAYO N° IE 1216602**

| DATOS DEL CLIENTE/USUARIO |  |
|---------------------------|--|
| Razon Social/Usuario      | <b>AGUSTIN EMERSON MEDINA CHAVEZ</b>   |
| N° RUC/DNI                | <b>27040564</b>                        |
| Dirección                 | <b>Jr. Grau S/N cdra 01 - Celendín</b> |
| Persona de contacto       | -                                      |
| Ciudad/Provincia/Distrito | <b>Celendín/Cajamarca</b>              |

| DATOS DE LA MUESTRA                        |   |
|--|---|
| Fecha y Hora del Muestreo                  | <b>16.12.16</b> Hora: <b>08:27 a 11:35</b>  |
| Tipo de Muestreo                           | <b>Puntual</b>  |
| Número de Muestra                          | <b>06 Muestra</b> N° Frascos x muestra <b>02</b>                                  |
| Ensayos solicitados                        | <b>Químicos y Microbiológicos</b>   |
| Breve descripción del estado de la muestra | <b>Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.</b>         |
| Responsable de la toma de muestra          | <b>Las muestras fueron tomadas por el Usuario: Agustín Emerson Medina Chávez.</b> |

| (*) DATOS DE CAMPO            |        | Fecha y Hora |       |       |       |       |       |   |
|-------------------------------|--------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Parámetro de Campo            | Unidad | P1           | P2    | P3    | P4    | P5    | P6    |   |
| (*) Potencial de Hidrógeno    | pH     | 7.44         | 7.66  | 7.62  | 7.64  | 7.68  | 7.64  | - |
| (*) Conductividad eléctrica   | µS/cm  | 198.4        | 192.2 | 194.1 | 179.1 | 198.9 | 191.1 | - |
| (*) Sólidos Totales Disueltos | mg/L   | 99.2         | 96.1  | 94.7  | 89.7  | 99.5  | 95.6  | - |
| (*) Temperatura               | °C     | 14.7         | 14.5  | 14.8  | 17.2  | 17    | 17.7  | - |
| (*) Salinidad (NaCl)          | mg/L   | 114.2        | 110.5 | 116.6 | 101.4 | 112.7 | 105.8 | - |
| (*) Cloro residual            | mg/L   | -            | -     | 1.19  | 0.70  | 0.72  | 1.35  | - |

**Nota:** Se realizaron parámetro de campo, tomados por el usuario.

| DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO          |                 |                      |  |
|---|-----------------|----------------------|--|
| N° Contrato                               | <b>SC - 604</b> | Cadena de Custodia   | <b>CC - 602 - 16</b>                           |
| N° Orden de Trabajo                       | <b>1216602</b>  |                      |  |
| Fecha y Hora de Recepción                 | <b>16.12.16</b> | <b>15:25</b>         | Inicio de Ensayo <b>16.12.16</b> <b>15:40</b>  |
| Fecha Término de Ensayo                   | <b>23.12.16</b> | <b>10:00</b>         | Reporte Resultado <b>23.12.16</b> <b>12:30</b> |
| <b>Condiciones Ambientales de Trabajo</b> |                 |                      |  |
| Temperatura ambiental (°C)                | <b>22</b>       | Humedad Relativa (%) | <b>56</b>                                      |
| Presión atmosférica (mmHg)                | <b>554</b>      |                      |  |

**Cajamarca, 23 de Diciembre de 2016.**

Cód: RT1-5-10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04 Página: 2 de 3

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA - ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO\***  
\*INIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ  
laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FONDO: 599000 anexo 1140

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA**  
**CON REGISTRO N° LE-084**

INACAL  
 DA-Perú  
 Laboriosos  
 Acreditados  
 Registro N° LE - 084

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0117028**

| ENSAYOS                    |                |                    | FISICOQUÍMICOS |               |      |      |
|----------------------------|----------------|--------------------|----------------|---------------|------|------|
| Código Cliente             | P1             | P2                 | P3             | P4            |      |      |
| Código Laboratorio         | 0117028-01     | 0117028-02         | 0117028-03     | 0117028-04    |      |      |
| Matriz de Agua             | Uso y Consumo  | Uso y Consumo      | Uso y Consumo  | Uso y Consumo |      |      |
| Descripción                | Bebida         | Bebida             | Bebida         | Bebida        | -    | -    |
| Localización de la Muestra | Antes del PTAP | Después del Filtro | Reservorio     | Casa Grau     |      |      |
| Parámetro                  | Unidad         | LCM                | Resultados     |               |      |      |
| Turbidez                   | NTU            | 0.09               | 20.82          | 0.48          | 6.55 | 1.65 |

| ENSAYOS                        |           |  | MICROBIOLÓGICOS |    |      |      |
|--------------------------------|-----------|--|-----------------|----|------|------|
| (*) Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 1.1  | 23              | 16 | <1,1 | <1,1 |
| Ensayo                         | Unidad    | Método de Ensayo Utilizados  |                 |    |      |      |
| Turbidez                       | NTU       | SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method  |                 |    |      |      |
| (*) Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2.C.E1. 22 nd Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |                 |    |      |      |

**OBSERVACIONES**

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estandar relativa  
 LDM: Limite detección del Método, LCM: Limite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado

Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

**NOTAS FINALES**

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



Cajamarca, 24 de Enero de 2017.

Cód: RT1-5-10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N° 04 Página: 3 de 3

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
 GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
 LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
 ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL- DA  
 CON REGISTRO N° LE-084




**INFORME DE ENSAYO N° IE 0117028**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario: **AGUSTÍN EMERSON MEDINA CHÁVEZ**  
 N° RUC/DNI: **27040564**  
 Dirección: **Celendín**  
 Persona de contacto:  
 Ciudad/Provincia/Distrito: **Cajamarca / Celendín**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo: **16.01.16** Hora: **09:20 a 13:18**  
 Tipo de Muestreo: **Puntual**  
 Numero de Muestra: **04 Muestras** N° Frascos x muestra: **02**  
 Ensayos solicitados: **Químicos y Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**

| (*) DATOS DE CAMPO            |        | Fecha y Hora |      |       |       |
|-------------------------------|--------|--------------|------|-------|-------|
| Parámetro de Campo            | Unidad | P1           | P2   | P3    | P4    |
| (*) Potencial de Hidrógeno    | pH     | 7.15         | 7.5  | 7.5   | 7.47  |
| (*) Conductividad eléctrica   | µS/cm  | 19           | 219  | 185.3 | 169.3 |
| (*) Sólidos Totales Disueltos | mg/L   | 84.5         | 92.9 | 91.9  | 84.7  |
| (*) Temperatura               | °C     | 14.5         | 16.6 | 17.6  | 16.1  |
| (*) NaCl                      | mg/L   | 98.9         | 138  | 105   | 95.6  |

**Nota:** Los parámetro de campo fueron tomados por el usuario.

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato: **SC - 030** Cadena de Custodia: **CC - 028 - 17**  
 N° Orden de Trabajo: **0117028**  
 Fecha y Hora de Recepción: **16.01.17** 13:54 Inicio de Ensayo: **16.01.17** 15:00  
 Fecha Término de Ensayo: **23.01.17** 10:00 Reporte Resultado: **24.01.17** 16:10  
 Condiciones Ambientales de Trabajo  
 Temperatura ambiental (°C): **22** Humedad Relativa (%): **53**  
 Presión atmosférica (mmHg): **554**



**Cajamarca, 24 de Enero de 2017.**



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-084



## INFORME DE ENSAYO N° IE 0217097

| ENSAYOS                    |                      | FISICOQUÍMICOS           |                          |                          |                          |      |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------|
| Código Cliente             | P1 - PTAR<br>Entrada | P2 - PTAR<br>Salida      | P3 - Reservorio          | P4 - Casa                | P5 - Casa Lesly          |      |
| Código Laboratorio         | 0217097-01           | 0217097-02               | 0217097-03               | 0217097-04               | 0217097-05               |      |
| Matriz de Agua             | Natural              | Consumo Humano<br>Bebida | Consumo Humano<br>Bebida | Consumo Humano<br>Bebida | Consumo Humano<br>Bebida |      |
| Descripción                | Superficial          |                          |                          |                          |                          |      |
| Localización de la Muestra | Conga de Urquía      | Conga de Urquía          | Conga de Urquía          | Conga de Urquía          | Conga de Urquía          |      |
| Parámetro                  | Unidad               | LCM                      | Resultados               |                          |                          |      |
| Turbidez                   | NTU                  | 0.09                     | 4.71                     | 0.34                     | 0.54                     | 0.32 |

| ENSAYOS                        |           | MICROBIOLÓGICOS |      |      |      |      |
|--------------------------------|-----------|-----------------|------|------|------|------|
| (*) Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 1.1             | 26.0 | <1.1 | <1.1 | <1.1 |

| Ensayo                         | Unidad    | Método de Ensayo Utilizados   |
|--------------------------------|-----------|---|
| Turbidez                       | NTU       | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130. B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Turbidity Nephelometric Method   |
| (*) Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2.C.E1. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |

### OBSERVACIONES

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estandar relativa  
 LDM: Límite detección del Método, LCM: Límite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado  
 Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
 (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica - ND: No determinado  
 (\*\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

### NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.

Cajamarca, 01 de Marzo de 2017.



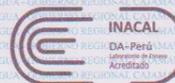
Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04

Página: 3 de 3



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084**

## INFORME DE ENSAYO N° IE 0217097

### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

**Razón Social/Usuario:** AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ  
**N° RUC/DNI:**  
**Dirección:** Celendín  
**Persona de contacto:**  
**Ciudad/Provincia/Distrito:** Cajamarca / Celendín

### DATOS DE LA MUESTRA

**Fecha y Hora del Muestreo:** 21.02.17 **Hora:** 08:00 a 12:40  
**Tipo de Muestreo:** Puntual  
**Número de Muestra:** 05 Muestra **N° Frascos x muestra:** 02  
**Ensayos solicitados:** Químicos y Microbiológicos  
**Breve descripción del estado de la muestra:** Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.  
**Responsable de la toma de muestra:** Las muestras fueron tomadas por el personal usuario.

| (*) DATOS DE CAMPO            |        | Fecha y Hora |  |
|-------------------------------|--------|--------------|--|
| Parámetro de Campo            | Unidad |              |  |
| (*) Potencial de Hidrógeno    | pH     |              |  |
| (*) Conductividad eléctrica   | µS/cm  |              |  |
| (*) Sólidos Totales Disueltos | mg/L   |              |  |
| (*) Temperatura               | °C     |              |  |
| (*) Oxígeno disuelto          | mg/L   |              |  |
| (*) Turbidez                  | NTU    |              |  |

**Nota:** No se realizaron parámetro de campo.

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

**N° Contrato:** SC - 128 **Cadena de Custodia:** CC - 097 - 17  
**N° Orden de Trabajo:** 0217097  
**Fecha y Hora de Recepción:** 21.02.17 **15:15** **Inicio de Ensayo:** 21.02.17 **16:00**  
**Fecha Término de Ensayo:** 28.02.17 **10:00** **Reporte Resultado:** 01.03.17 **10:40**  
**Condiciones Ambientales de Trabajo:**  
**Temperatura ambiental (°C):** 22 **Humedad Relativa (%):** 53  
**Presión atmosférica (mmHg):** 554



Cajamarca, 01 de Marzo de 2017.

Cód: RTI-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04

Página: 2 de 3

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL- DA**  
**CON REGISTRO N° LE-084**



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**INFORME DE ENSAYO N° IE 0317164**

| ENSAYOS                    |                    |                      | FISICOQUÍMICOS |                  |               |      |  |
|----------------------------|--------------------|----------------------|----------------|------------------|---------------|------|--|
| Código Cliente             | P1                 | P2                   | P3             | P4               | P5            |      |  |
| Código Laboratorio         | 0317164-01         | 0317164-02           | 0317164-03     | 0317164-04       | 0317164-05    | -    |  |
| Matriz de Agua             | NATURAL            | USO Y CONSUMO        | USO Y CONSUMO  | USO Y CONSUMO    | USO Y CONSUMO | -    |  |
| Descripción                | Superficial        | potable              | potable        | potable          | potable       | -    |  |
| Localización de la Muestra | Antes de la Planta | Después de la planta | post-cloración | Reservorio Cumbe | Casa          | -    |  |
| Parámetro                  | Unidad             | LCM                  | Resultados     |                  |               |      |  |
| Turbidez                   | NTU                | 0.09                 | 7.60           | 1.64             | 0.48          | 0.41 |  |
|                            |                    |                      |                |                  |               | 0.59 |  |

| ENSAYOS                        |           |     | MICROBIOLÓGICOS |    |      |      |      |
|--------------------------------|-----------|-----|-----------------|----|------|------|------|
| (*) Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 1.8 | 170             | 16 | <1.1 | <1.1 | <1.1 |

| Ensayo                                   | Unidad    | Método de Ensayo Utilizados   |
|--|-----------|---|
| Turbidez                                 | NTU       | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method   |
| Numeración de Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2,C,E1. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |

**OBSERVACIONES**

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estandar relativa  
 LDM: Limite detección del Método, LCM: Limite de cuantificación del métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado  
 Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
 (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado  
 (\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

**NOTAS FINALES**

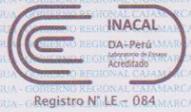
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



**Cajamarca, 04 de Abril de 2017.**

Cód: RT1-5.10-01. Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: NDA. Página: 3 de 3

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA**  
**CON REGISTRO N° LE-084**



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0317164**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

**Razon Social/Usuario:** AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ  
**N° RUC/DNI:** -  
**Dirección:** Celendín  
**Persona de contacto:** -  
**Ciudad/Provincia/Distrito:** Cajamarca / Celendín

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Fecha y Hora del Muestreo:** 27.03.17 **Hora:** 08:47 a 12:48  
**Tipo de Muestreo:** Puntual  
**Número de Muestra:** 05 Muestras **N° Frascos x muestra:** 02  
**Ensayos solicitados:** Físicoquímicos y Microbiológicos  
**Breve descripción del estado de la muestra:** Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.  
**Responsable de la toma de muestra:** Las muestras fueron tomadas por el personal usuario.

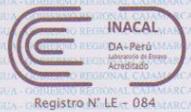
| (*) DATOS DE CAMPO            |        | Fecha y Hora |       |       |       |       |
|-------------------------------|--------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Parámetro de Campo            | Unidad | P1           | P2    | P3    | P4    | P5    |
| (*) Potencial de Hidrógeno    | pH     | 7.4          | 7.15  |       |       |       |
| (*) Conductividad eléctrica   | µS/cm  | 174.9        | 177.8 | 178.6 | 179.3 | 181.3 |
| (*) Sólidos Totales Disueltos | mg/L   | 87.6         | 89.1  | 89.3  | 89.8  | 90.7  |
| (*) Temperatura               | °C     | 14.8         | 15.2  | 15.5  | 17.4  | 16.1  |
| (*) NaCl                      | mg/L   | 100.8        | 102.2 | 102.1 | 101.4 | 103.5 |

**Nota:** Los parámetro de campo fueron tomados por el usuario.

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

**N° Contrato:** SC - 186 **Cadena de Custodia:** CC - 164 - 17  
**N° Orden de Trabajo:** 0317164  
**Fecha y Hora de Recepción:** 27.03.17 **16:49** **Inicio de Ensayo:** 27.03.17 **17:20**  
**Fecha Término de Ensayo:** 03.04.17 **10:00** **Reporte Resultado:** 04.04.17 **12:50**  
**Condiciones Ambientales de Trabajo:**  
**Temperatura ambiental (°C):** 22 **Humedad Relativa (%):** 53  
**Presión atmosférica (mmHg):** 554  
**Cajamarca, 04 de Abril de 2017.**





**INFORME DE ENSAYO N° IE 0417201**

| ENSAYOS                    |        |      | FISICOQUÍMICOS     |                      |                |                  |               |
|----------------------------|--------|------|--------------------|----------------------|----------------|------------------|---------------|
| Código Cliente             |        |      | P1                 | P2                   | P3             | P4               | P5            |
| Código Laboratorio         |        |      | 0417201-01         | 0417201-02           | 0417201-03     | 0417201-04       | 0417201-05    |
| Matriz de Agua             |        |      | NATURAL            | USO Y CONSUMO        | USO Y CONSUMO  | USO Y CONSUMO    | USO Y CONSUMO |
| Descripción                |        |      | Superficial        | potable              | potable        | potable          | potable       |
| Localización de la Muestra |        |      | Antes de la Planta | Después de la planta | post-cloración | Reservorio Cumbe | Casa          |
| Parámetro                  | Unidad | LCM  | Resultados         |                      |                |                  |               |
| Turbidez                   | NTU    | 0.09 | 6.12               | 0.28                 | 0.80           | 0.88             | 0.48          |

| ENSAYOS                        |           |     | MICROBIOLÓGICOS |      |      |      |      |
|--------------------------------|-----------|-----|-----------------|------|------|------|------|
| (*) Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 1.8 | 79              | <1.8 | <1.8 | <1.8 | <1.8 |

| Ensayo                                   | Unidad    | Método de Ensayo Utilizados   |
|--|-----------|---|
| Turbidez                                 | NTU       | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Turbidity Nephelometric Method  |
| Numeración de Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2,C,E1, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |

**OBSERVACIONES**

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estándar relativa  
 LDM: Límite detección del Método, LCM: Límite de cuantificación del métodos, ECA: Estándar de calidad ambiental, VE: valor estimado  
 Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor a LCM del Laboratorio establecido.  
 (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado  
 (†) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

**NOTAS FINALES**

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



Cajamarca, 28 de Abril de 2017.

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N04 Página: 3 de 3

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA**  
**CON REGISTRO N° LE-084**



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**  
**INFORME DE ENSAYO N° IE 0417201**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

**Razon Social/Usuario:** AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ  
**N° RUC/DNI:**  
**Dirección:** Celendin  
**Persona de contacto:**  
**Ciudad/Provincia/Distrito:** Cajamarca / Celendin

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Fecha y Hora del Muestreo:** 20.04.17 Hora: 17:20  
**Tipo de Muestreo:** Puntual  
**Número de Muestra:** 05 Muestras **N° Frascos x muestra:** 02  
**Ensayos solicitados:** Fisicoquímicos y Microbiológicos  
**Breve descripción del estado de la muestra:** Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.  
**Responsable de la toma de muestra:** Las muestras fueron tomadas por el personal usuario.

**(\*) DATOS DE CAMPO**

| Parámetro de Campo            | Unidad | P1    | P2    | P3    | P4    | P5    |
|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (*) Potencial de Hidrógeno    | pH     | 8.06  | 7.95  | 7.9   | 7.79  | 7.6   |
| (*) Conductividad eléctrica   | μS/cm  | 188.5 | 199.8 | 195.7 | 206.5 | 190.8 |
| (*) Sólidos Totales Disueltos | mg/L   | 94.5  | 99.9  | 98.1  | 103.4 | 95.3  |
| (*) Temperatura               | °C     | 15    | 17.5  | 16    | 18.6  | 16.1  |
| (*) NaCl                      | mg/L   | 108.3 | 112.7 | 112.2 | 115.3 | 108.6 |
| oloro                         | mg/L   | -     | -     | 1.4   | 0.42  | 1.21  |

**Nota:** Los parámetro de campo fueron tomados por el usuario.

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

**N° Contrato:** 230 **Cadena de Custodia:** CC - 201 - 17  
**N° Orden de Trabajo:** 0417201  
**Fecha y Hora de Recepción:** 20.04.17 **17:20** **Inicio de Ensayo:** 20.04.17 **17:30**  
**Fecha Término de Ensayo:** 27.04.17 **10:00** **Reporte Resultado:** 28.04.17 **12:50**  
**Condiciones Ambientales de Trabajo:**  
**Temperatura ambiental (°C):** 22 **Humedad Relativa (%):** 53  
**Presión atmosférica (mmHg):** 554  
**Cajamarca, 28 de Abril de 2017.**



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA**  
**CON REGISTRO N° LE-084**



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0517222**

| ENSAYOS                    |                       |                       | FISICOQUIMICOS        |      |      |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------|------|
| Código Cliente             | La Conga              | La Captación          | P2                    |      |      |
| Código Laboratorio         | 0517222-01            | 0517222-02            | 0517222-03            |      |      |
| Matriz de Agua             | USO Y CONSUMO potable | USO Y CONSUMO potable | USO Y CONSUMO potable |      |      |
| Descripción                |                       |                       |                       |      |      |
| Localización de la Muestra | Celendin              | Celendin              |                       |      |      |
| Parámetro                  | Unidad                | LCM                   | Resultados            |      |      |
| Turbidez                   | NTU                   | 0.09                  | 0.46                  | 5.92 | 4.01 |

| ENSAYOS                        |           |     | MICROBIOLÓGICOS |    |    |
|--------------------------------|-----------|-----|-----------------|----|----|
| (*) Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 1.8 | <1.8            | 23 | 16 |

| Ensayo                     | Unidad    | Método de Ensayo Utilizados   |
|----------------------------|-----------|---|
| Turbidez                   | NTU       | SMEVWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method  |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEVWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2.C.E1 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |

**OBSERVACIONES**

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estandar relativa  
 LDM: Limite detección del Método, LCM: Limite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado  
 Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
 (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado  
 (\*\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

**NOTAS FINALES**

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



Cajamarca, 12 de Mayo de 2017.



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0517222**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razón Social/Usuario: **AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ**  
 N° RUC/DNI: **27040564**  
 Dirección: **Celendín**  
 Persona de contacto:  
 Ciudad/Provincia/Distrito: **Cajamarca / Celendín**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo: **03.05.17** Hora: **09:20 a 10:28**  
 Tipo de Muestreo: **Puntual**  
 Número de Muestra: **03 Muestras** N° Frascos x muestra: **02**  
 Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario.**

| (*) DATOS DE CAMPO            |        | Fecha y Hora |  |
|-------------------------------|--------|--------------|--|
| Parámetro de Campo            | Unidad |              |  |
| (*) Potencial de Hidrógeno    | pH     |              |  |
| (*) Conductividad eléctrica   | µS/cm  |              |  |
| (*) Sólidos Totales Disueltos | mg/L   |              |  |
| (*) Temperatura               | °C     |              |  |
| (*) NaCl                      | mg/L   |              |  |

Nota: **No se tomaron parámetro de campo.**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato: **SC - 250** Cadena de Custodia: **CC - 222 - 17**  
 N° Orden de Trabajo: **0517222**  
 Fecha y Hora de Recepción: **04.05.17 08:00** Inicio de Ensayo: **04.05.17 08:40**  
 Fecha Término de Ensayo: **11.05.17 10:00** Reporte Resultado: **12.05.17 12:50**  
 Condiciones Ambientales de Trabajo:  
 Temperatura ambiental (°C): **22** Humedad Relativa (%): **53**  
 Presión atmosférica (mmHg): **554**



**Cajamarca, 12 de Mayo de 2017.**

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04

Página: 2 de 3



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA**  
**CON REGISTRO N° LE-084**



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0617320**

| ENSAYOS                    | MICROBIOLÓGICOS    |                      |                         |               |               |
|----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------|---------------|
|                            | P1                 | P2                   | P3                      | P4            | P5            |
| Código Cliente             |                    |                      |                         |               |               |
| Código Laboratorio         | 0617320-01         | 0617320-02           | 0617320-03              | 0617320-04    | 0617320-05    |
| Matriz de Agua             | Uso y Consumo      | Uso y Consumo        | Uso y Consumo           | Uso y Consumo | Uso y Consumo |
| Descripción                | Bebida             | Bebida               | Bebida                  | Bebida        | Bebida        |
| Localización de la Muestra | Antes de la planta | Después de la Planta | Después de la Cloración | Reservorio    | Jr. Grau S/N  |

| Parámetro                      | Unidad    | LCM | Resultados |      |      |      |      |
|--------------------------------|-----------|-----|------------|------|------|------|------|
| (*) Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 1.1 | 5.1        | <1.1 | <1.1 | <1.1 | <1.1 |

|                            |            |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------|------------|--|--|--|--|--|--|
| Código Cliente             | P6         |  |  |  |  |  |  |
| Código Laboratorio         | 0617320-06 |  |  |  |  |  |  |
| Matriz                     | Lodo       |  |  |  |  |  |  |
| Descripción                | Sedimento  |  |  |  |  |  |  |
| Localización de la Muestra |            |  |  |  |  |  |  |

| Parámetro                        | Unidad    | LCM | Resultados           |  |  |  |  |
|----------------------------------|-----------|-----|----------------------|--|--|--|--|
| (*) Escherichia coli             | NMP/100mL | 1.8 | 41 x 10 <sup>2</sup> |  |  |  |  |
| (*) Huevos y Larvas de Helminths | HH/L      | 1.0 | <1                   |  |  |  |  |

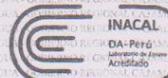
  
**Bigo. Enver Zulueta Santa Cruz**  
 Analista Responsable de Biología  
 CBP: 9778

**Cajamarca, 03 de Julio de 2017.**



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 0617320

### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario: **AGUSTIN MEDINA CHÁVEZ**  
 N° RUC/DNI: **27040564**  
 Dirección: **Jr. Graun S/N - Cuadra 01 - Celendín**  
 Persona de contacto: **[Firma]**  
 Ciudad/Provincia/Distrito: **Cajamarca/Celendín** Correo electrónico: **antares2062@gmail.com**

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo: **22.06.17** Hora: **08:50 a 12:30**  
 Tipo de Muestreo: **Puntual**  
 Número de Muestra: **05 Muestra** N° Frascos x muestra: **02**  
 Ensayos solicitados: **Químicos y Biológico**  
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **PTAP - "La Quesera" - Celendín**

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC - 377** Cadena de Custodia: **CC - 320 - 17**  
 N° Orden de Trabajo: **0617320**  
 Fecha y Hora de Recepción: **22.06.17 15:00** Inicio de Ensayo: **22.06.17 14:30**  
 Fecha Término de Ensayo: **30.06.17 14:50** Reporte Resultado: **03.07.17 11:30**

### (\* DATOS DE CAMPO

| Parámetro de Campo        | Unidad | Fecha y Hora |       |       |       |       |  |
|---------------------------|--------|--------------|-------|-------|-------|-------|--|
|                           |        | P1           | P2    | P3    | P4    | P5    |  |
| pH                        | pH     | 7.07         | 7.14  | 7.63  | 7.36  | 7.52  |  |
| Conductividad eléctrica   | µS/cm  | 199.9        | 197.3 | 194.4 | 209.4 | 193.3 |  |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L   | 100          | 98.6  | 97.2  | 101.9 | 96.6  |  |
| Temperatura               | °C     | 15.5         | 16.0  | 15.5  | 19.3  | 15.9  |  |
| NaCl                      | mg/L   | 113.7        | 112.5 | 111.2 | 114.0 | 110.2 |  |
| Cloro                     | mg/L   | -            | -     | 1.3   | 1.13  | 1.27  |  |

Nota: **El Cliente tomó los parámetro de campo.**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
 Bijo. **Juan V. Diaz Saenz**  
 RESPONSABLE

Cajamarca, 03 de Julio de 2017.

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL- DA**  
**CON REGISTRO N° LE-084**



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0717402**

| ENSAYOS                    |                    |      | FISICOQUÍMICOS |      |      |                      |      |                         |  |               |  |               |  |
|----------------------------|--------------------|------|----------------|------|------|----------------------|------|-------------------------|--|---------------|--|---------------|--|
| Código Cliente             | P1                 |      |                |      |      | P2                   |      | P3                      |  | P4            |  | P5            |  |
| Código Laboratorio         | 0717402-01         |      |                |      |      | 0717402-02           |      | 0717402-03              |  | 0717402-04    |  | 0717402-05    |  |
| Matriz de Agua             | Uso y Consumo      |      |                |      |      | Uso y Consumo        |      | Uso y Consumo           |  | Uso y Consumo |  | Uso y Consumo |  |
| Descripción                | Bebida             |      |                |      |      | Bebida               |      | Bebida                  |  | Bebida        |  | Bebida        |  |
| Localización de la Muestra | Antes de la planta |      |                |      |      | Después de la Planta |      | Después de la Cloración |  | Reservorio    |  | Jr. Grau S/N  |  |
| Parámetro                  | Unidad             | LCM  | Resultados     |      |      |                      |      |                         |  |               |  |               |  |
| Turbidez                   | NTU                | 0.09 | 1.14           | 0.16 | 0.37 | 0.32                 | 0.48 |                         |  |               |  |               |  |

| ENSAYOS                        |           |     | MICROBIOLÓGICOS |      |      |      |    |
|--------------------------------|-----------|-----|-----------------|------|------|------|----|
| Parámetro                      | Unidad    | LCM | Resultados      |      |      |      |    |
| (*) Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 1.1 | 5.1             | <1.1 | <1.1 | <1.1 | 16 |

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
 Analista Responsable de Química  
 CIP: 119544

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz  
 Analista Responsable de Biología  
 CBP: 9778

| Ensayo                     | Unidad    | Método de Ensayo Utilizados  |
|----------------------------|-----------|--|
| Turbidez                   | NTU       | SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2130, B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012, Turbidity, Nephelometric Method  |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2,C,E1, 22 nd Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure. |

**OBSERVACIONES**

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estandar relativa  
 LDM: Limite detección del Método, LCM: Limite de cuantificación del métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado  
 Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
 \*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado  
 \*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

**NOTAS FINALES**

Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.  
 La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida solo si tiene firma y sello original.  
 Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.  
 El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.  
 La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.  
 El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.  
 Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.  
 Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservan en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de observaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.  
 Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

**Cajamarca, 26 de Julio de 2017.**

Cód: RT1-5-10-01 Fecha de Emisión: 06/06/2017 Rev: N°05

Página: 2 de 2



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084**

Registro N° LE-084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 0717402

### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razón Social/Usuario: **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
 N° RUC/DNI: **27040564**  
 Dirección: **Jr. Graun S/N - Cuadra 01 - Celendín**  
 Persona de contacto: **AGUSTIN MEDINA CHÁVEZ**  
 Ciudad/Provincia/Distrito: **Cajamarca/Celendín** Correo electrónico: **antares2062@gmail.com**

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo: **20.07.17** Hora: **11:35 a 14:30**  
 Tipo de Muestreo: **Puntual**  
 Número de Muestra: **05 Muestra** N° Frascos x muestra: **02**  
 Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos y Biológico**  
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **PTAP - "La Quesera" - Celendín**

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC - 477** Cadena de Custodia: **CC - 402 - 17**  
 N° Orden de Trabajo: **0717402**  
 Fecha y Hora de Recepción: **21.07.17 12:50** Inicio de Ensayo: **21.07.17 13:20**  
 Fecha Término de Ensayo: **25.07.17 11:00** Reporte Resultado: **26.07.17 09:00**

### (\*) DATOS DE CAMPO

| Parámetro de Campo        | Unidad | Fecha y Hora |       |       |       |       |
|---------------------------|--------|--------------|-------|-------|-------|-------|
|                           |        | P1           | P2    | P3    | P4    | P5    |
| pH                        | pH     | 7.26         | 7.4   | 7.51  | 7.49  | 7.38  |
| Conductividad eléctrica   | µS/cm  | 206.6        | 193.8 | 196.7 | 209.9 | 191.3 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L   | 103.6        | 96.9  | 98.3  | 109.8 | 95.7  |
| Temperatura               | °C     | 17.1         | 17.5  | 17.3  | 18.9  | 15.2  |
| NaCl                      | mg/L   | 116.7        | 109   | 111   | 116.6 | 109.6 |
| Cloro                     | mg/L   |              |       | 0.08  | 0.31  | 0.03  |

Nota: El Cliente tomó los parámetro de campo.

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

**Ing. Juan V. Díaz Saenz**  
 RESPONSABLE

Cajamarca, 26 de Julio de 2017.

Cód: RT1-5-10-01 Fecha de Emisión: 06/06/2017 Rev: N° 05

Página: 1 de 2

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL- DA**  
**CON REGISTRO N° LE-084**



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0817508**

| ENSAYOS                    |                    |            | FISICOQUÍMICOS       |                         |               |               |      |
|----------------------------|--------------------|------------|----------------------|-------------------------|---------------|---------------|------|
| Código Cliente             | P1                 |            | P2                   | P3                      | P4            | P5            |      |
| Código Laboratorio         | 0817508-01         |            | 0817508-02           | 0817508-03              | 0817508-04    | 0817508-05    |      |
| Matriz de Agua             | Uso y Consumo      |            | Uso y Consumo        | Uso y Consumo           | Uso y Consumo | Uso y Consumo |      |
| Descripción                | Bebida             |            | Bebida               | Bebida                  | Bebida        | Bebida        |      |
| Localización de la Muestra | Antes de la planta |            | Después de la Planta | Después de la Cloración | Reservorio    | Jr. Grau S/N  |      |
| <b>Parámetro</b>           | <b>Unidad</b>      | <b>LCM</b> | <b>Resultados</b>    |                         |               |               |      |
| Turbidez                   | NTU                | 0.09       | 0.89                 | 0.16                    | 0.20          | 0.20          | 0.24 |

| ENSAYOS                        |               |            | MICROBIOLÓGICOS   |      |      |      |      |
|--------------------------------|---------------|------------|-------------------|------|------|------|------|
| <b>Parámetro</b>               | <b>Unidad</b> | <b>LCM</b> | <b>Resultados</b> |      |      |      |      |
| (*) Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL     | 1.1        | <1.1              | <1.1 | <1.1 | <1.1 | <1.1 |

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
 Analista Responsable de Química  
 CIP: 119544

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz  
 Analista Responsable de Biología  
 CBP: 9778

| Ensayo                     | Unidad    | Método de Ensayo Utilizados  |
|----------------------------|-----------|--|
| Turbidez                   | NTU       | SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2130. B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Turbidity, Nephelometric Method  |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 921 B2,C,E1. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure. |

**OBSERVACIONES**

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estandar relativa  
 LDM: Limite detección del Método, LCM: Limite de cuantificación del métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado  
 Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
 (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL- DA. NA: No aplica ND: No determinado  
 (\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

- NOTAS FINALES**
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
  - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
  - ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
  - ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
  - ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
  - ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
  - ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
  - ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
  - ✓ Este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Cajamarca, 28 de Agosto de 2017.

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA**  
**CON REGISTRO N° LE-084**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0817508**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario: **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
 N° RUC/DNI: **27040564**  
 Dirección: **Jr. Graun S/N - Cuadra 01 - Celendin**  
 Persona de contacto: **AGUSTIN MEDINA CHÁVEZ**  
 Ciudad/Provincia/Distrito: **Cajamarca/Celendin** Correo electrónico: **antares2062@gmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo: **17.08.17** Hora: **09:00 a 16:00**  
 Tipo de Muestreo: **Puntual**  
 Número de Muestra: **05 Muestra** N° Frascos x muestra: **02**  
 Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos y Biológico**  
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **PTAP - "La Quesera" - Celendin**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato: **SC - 640** Cadena de Custodia: **CC - 508 - 17**  
 N° Orden de Trabajo: **0817508**  
 Fecha y Hora de Recepción: **18.08.17 10:00** Inicio de Ensayo: **18.08.17 10:30**  
 Fecha Término de Ensayo: **25.08.17 09:30** Reporte Resultado: **28.08.17 08:30**

| (*) DATOS DE CAMPO        |        | Fecha y Hora |       |        |        |        |
|---------------------------|--------|--------------|-------|--------|--------|--------|
| Parámetro de Campo        | Unidad | P1           | P2    | P3     | P4     | P5     |
| pH                        | pH     | 7.12         | 7.03  | 7.1    | 7.65   | 7.55   |
| Conductividad eléctrica   | µS/cm  | 232.0        | 218.6 | 222.15 | 241.45 | 233.45 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L   | 116.2        | 109.5 | 111.1  | 120.5  | 116.5  |
| Temperatura               | °C     | 18.3         | 16.7  | 16.7   | 19.4   | 15.9   |
| NaCl                      | mg/L   | 112.7        | 106.3 | 108.2  | 116.3  | 113.4  |
| Cloro                     | mg/L   |              |       | 1.1    | 0.94   | 0.69   |

Nota: El Cliente tomó los parámetro de campo.

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA**  
**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**Bigo. Juan V. Diaz Beenz**  
**RESPONSABLE**

**Cajamarca, 28 de Agosto de 2017.**

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 06/06/2017 Rev: N°05 Página: 1 de 2

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA**  
**CON REGISTRO N° LE-084**



**INFORME DE ENSAYO N° IE 1017722**

| ENSAYOS                    |                    |      | FISICOQUÍMICOS       |                         |               |               |      |
|----------------------------|--------------------|------|----------------------|-------------------------|---------------|---------------|------|
| Código Cliente             |                    |      | P1                   | P2                      | P3            | P4            | P5   |
| Código Laboratorio         | 1017722-01         |      | 1017722-02           | 1017722-03              | 1017722-04    | 1017722-05    |      |
| Matriz de Agua             | Uso y Consumo      |      | Uso y Consumo        | Uso y Consumo           | Uso y Consumo | Uso y Consumo |      |
| Descripción                | Bebida             |      | Bebida               | Bebida                  | Bebida        | Bebida        |      |
| Localización de la Muestra | Antes de la Planta |      | Después de la Planta | Después de la Cloración | Reservorio    | Vivienda      |      |
| Parámetro                  | Unidad             | LCM  | Resultados           |                         |               |               |      |
| Turbidez                   | NTU                | 0.09 | 1.11                 | 0.25                    | 0.22          | 0.25          | 0.17 |

| ENSAYOS                    |           |     | MICROBIOLÓGICOS |      |      |      |      |
|----------------------------|-----------|-----|-----------------|------|------|------|------|
| Parámetro                  | Unidad    | LCM | Resultados      |      |      |      |      |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 1.1 | 5.1             | <1.1 | <1.1 | <1.1 | <1.1 |

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
 Analista Responsable de Química  
 CIP: 119544

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz  
 Analista Responsable de Biología  
 CBP: 9778

| Ensayo                     | Unidad    | Método de Ensayo Utilizados   |
|----------------------------|-----------|---|
| Turbidez                   | NTU       | SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2130, B, 22 nd Ed. 2012, Turbidity, Nephelometric Method  |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E, 22 nd Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure. |

**OBSERVACIONES**

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado  
 Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
 Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.  
 (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado  
 (\*\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.  
 Código del Formato: RT-1-5-10-01 Rev: N°05 Fecha: 06/06/2017

**NOTAS FINALES**

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

**Cajamarca, 23 de Noviembre de 2017.**



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



## INFORME DE ENSAYO N° IE 1017722

### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

**Razon Social/Usuario** AGUSTIN EMERSON MEDINA CHÁVEZ  
**N° RUC/DNI** 27040564  
**Dirección** Jr. Graun S/N - Cuadra 01 - Celendín  
**Ciudad/Provincia/Distrito** Cajamarca/Celendín **Correo electrónico** antares2062@gmail.com  
**Persona de contacto**

### DATOS DE LA MUESTRA

**Fecha y Hora del Muestreo** 22.10.17 **Hora:** 15:40 a 18:18  
**Tipo de Muestreo** Puntual  
**Número de Muestra** 05 Muestra **N° Frascos x muestra** 02  
**Ensayos solicitados** Físicoquímicos y Biológico  
**Breve descripción del estado de la muestra** Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.  
**Responsable de la toma de muestra** Las muestras fueron tomadas por el personal usuario  
**Procedencia de la Muestra:** PTAP - "La Quesera" - Celendín

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

**N° Contrato** SC - 838 **Cadena de Custodia** CC - 722 - 17  
**N° Orden de Trabajo** 1017722  
**Fecha y Hora de Recepción** 23.10.17 08:30 **Inicio de Ensayo** 23.10.17 09:00  
**Fecha Término de Ensayo** 30.10.17 09:00 **Reporte Resultado** 30.10.17 11:00

### (\*) DATOS DE CAMPO

### Fecha y Hora

| Parámetro de Campo        | Unidad              | P1    | P2    | P3    | P4    | P5    |
|---------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| pH                        | pH                  | 7.20  | 7.57  | 7.50  | 7.73  | 7.86  |
| Oxígeno Disuelto (OD)     | mgO <sub>2</sub> /L | -     | -     | -     | -     | -     |
| Conductividad eléctrica   | µS/cm               | 248.5 | 242.0 | 244.5 | 238.0 | 226.1 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L                | 123.8 | 120.8 | 121.9 | 118.7 | 110.6 |
| Temperatura               | °C                  | 20.1  | 18.8  | 18.2  | 17.5  | 16.6  |
| NaCl                      | mg/L                | 119.3 | 116.8 | 118   | 115.1 | 107.5 |
| Cloro                     | mg/L                | -     | -     | -     | -     | -     |

**Nota:** El Cliente tomó el parámetro de campo.

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Bigo. Juan V. Díaz Saenz  
RESPONSABLE

Cajamarca, 23 de Noviembre de 2017.

Página: 1 de 2



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084**

## INFORME DE ENSAYO N° IE 1117818

| ENSAYOS                    |                       |                    | FISICOQUÍMICOS          |               |               |      |      |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|---------------|---------------|------|------|
| Código Cliente             | P1                    | P2                 | P3                      | P4            | P5            |      |      |
| Código Laboratorio         | 1117818-01            | 1117818-02         | 1117818-03              | 1117818-04    | 1117818-05    |      |      |
| Matriz de Agua             | Uso y Consumo         | Uso y Consumo      | Uso y Consumo           | Uso y Consumo | Uso y Consumo |      |      |
| Descripción                | Bebida                | Bebida             | Bebida                  | Bebida        | Bebida        |      |      |
| Localización de la Muestra | Antes de la cloración | Después de filtros | Después de la Cloración | Reservorio    | Al Jr. Grau   |      |      |
| Parámetro                  | Unidad                | LCM                | Resultados              |               |               |      |      |
| Turbidez                   | NTU                   | 0.09               | 1.56                    | 0.09          | 0.10          | <LCM | 0.13 |

| ENSAYOS                    |           |     | MICROBIOLÓGICOS |      |      |      |      |
|----------------------------|-----------|-----|-----------------|------|------|------|------|
| Parámetro                  | Unidad    | LCM | Resultados      |      |      |      |      |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 1.1 | 23              | <1.1 | <1.1 | <1.1 | <1.1 |

*[Firma]*  
**Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento**  
 Analista Responsable de Química  
 CIP: 119544

*[Firma]*  
**Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz**  
 Analista Responsable de Biología  
 CBP: 9778

| Ensayo                     | Unidad    | Método de Ensayo Utilizados  |
|----------------------------|-----------|--|
| Turbidez                   | NTU       | SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2130 B, 22 nd Ed. 2012. Turbidity, Nephelometric Method  |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 22 nd Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure. |

### OBSERVACIONES

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
 Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.  
 (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado  
 (\*\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev. N°05 Fecha : 06/06/2017

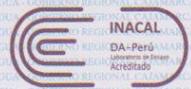
### NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Cajamarca, 07 de Diciembre de 2017.

Página: 2 de 2

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
 GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
 LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
 ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
 CON REGISTRO N° LE-084



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
**INFORME DE ENSAYO N° IE 1117818**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario: **AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ**  
 N° RUC/DNI: **20148289825**  
 Dirección: **Jr. Graun S/N - Cuadra 01 - Celendin**  
 Ciudad/Provincia/Distrito: **Cajamarca/Celendin**  
 Persona de contacto: **Correo electrónico antares2062@gmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo: **20.11.17** Hora: **10:05 a 13:05**  
 Tipo de Muestreo: **Puntual**  
 Número de Muestra: **05 Muestras** N° Frascos x muestra: **02**  
 Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos y Microbiológico**  
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **PTAP - "La Quesera" - Celendin**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato: **SC - 838** Cadena de Custodia: **CC - 818 - 17**  
 N° Orden de Trabajo: **1117818**  
 Fecha y Hora de Recepción: **21.11.17 08:00** Inicio de Ensayo: **21.11.17 08:30**  
 Fecha Término de Ensayo: **28.11.17 08:50** Reporte Resultado: **28.11.17 10:00**

| (*) DATOS DE CAMPO        |        | Fecha y Hora |       |       |       |       |
|---------------------------|--------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Parámetro de Campo        | Unidad | P1           | P2    | P3    | P4    | P5    |
| pH                        | pH     | 7.18         | 7.2   | 7.4   | 7.6   | 7.8   |
| Conductividad eléctrica   | µS/cm  | 222          | 212.8 | 222.7 | 221.7 | 202.2 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L   | 111.1        | 106.4 | 111.1 | 111.1 | 110.1 |
| Temperatura               | °C     | 18.2         | 16.4  | 16.6  | 20.2  | 16.1  |
| NaCl                      | mg/L   | 107.5        | 103.5 | 107.1 | 107.6 | 98.9  |
| Cloro                     | mg/L   | -            | -     | 1.12  | 0.2   | 0.4   |

Nota: El Cliente tomó los parámetro de campo.

**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
 Bigo. **Juan V. Diaz Saenz**  
 RESPONSABLE  
 Cajamarca, 07 de Diciembre de 2017.

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
 JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ  
 e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO: 599000 anexo 1140



## ANEXOS

### Anexo 1. Características técnicas de la PTAP La Quesera

#### a) Características técnicas de la PTAP

En el siguiente cuadro se resume las características técnicas de la planta según el expediente técnico de la obra y las características técnicas que deben tener una planta de FLA según la norma OS.020 del RNE.

Tabla 26. Especificaciones técnicas para FLA

#### Lecho filtrante

|              |                  |                |
|--------------|------------------|----------------|
| Grava        | 19-50mm          | e =15cm,1 Capa |
| Grava        | 9,5-19mm         | e =5cm,1 Capa  |
| Grava        | 3-9,5mm          | e =5cm,1 Capa  |
| <b>Arena</b> |                  |                |
|              | 0,2 -0,3 mm.Cu<3 | e =80-100cm    |
|              |                  | e =50cm,mínimo |

#### Caja filtro

Área máxima = 50 m<sup>2</sup>

Tasa de filtración

De 5-8 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>,día)

Turbiedad del afluente

50 UNT CON PICOS <100 UNT 4 HRS MÁX

Cloro residual después de la planta

Mínimo 1ppm o el necesario para punto más alejado 0,2ppm

En zonas endémicas -diarreicas 0,5ppm punto alejado

Fuente : RNE OS.020

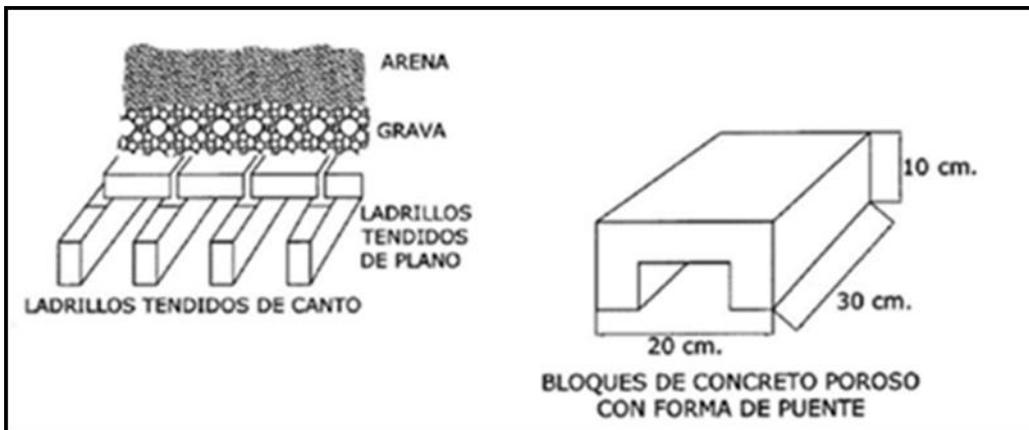


Figura 42. Esquema del lecho filtrante de los FLA en la PTAP La Quesera

Según el expediente técnico de obra elaborado por Lidia Cánepa de Vargas

Tabla 27. Resumen del dimensionamiento de los filtros de arena

| <b>Cálculo de los filtros lentos</b>                                    |  |                              |
|---|--|------------------------------|
| Caudal de producción de la planta<br>$Q_t = 0,040 \text{ m}^3/\text{s}$ | $A_T = Q \times 3600 / V_f$<br>$A_T = 720 \text{ m}^2$                             | Área total de filtros        |
| Velocidad de filtración<br>$V_f = 0,2 \text{ m/h}$                      |  |                              |
| Número de filtros<br>$N = 6$  | $A_F = A_T / N$<br>$= 120 \text{ m}^2$   | $A_F$ Área de cada filtro    |
|   | $C = 2 N / (N + 1);$<br>$C = 1,71$   | Coefficiente de mínimo costo |
|   | $L = (A_T \times C)^{0,5}$<br>$L = (120 \times 1,71)^{0,5}$<br>$= 14,35 \text{ m}$ | Largo de cada filtro<br>L    |

|   |   |   |
|---|---|---|
| Area de @ filtro=120 m <sup>2</sup>                   | $B = A_F/L$ $B = 60 / 8.95$ $B$               | Ancho de cada filtro  |
|   | = 8,35m                                       |   |
| Borde libre del filtro                                | $H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5$             | Altura total del filtro   |
| $H_1 = 0.30m$   |   | Volumen arena por filtro=   |
| Altura de agua sobre la arena $H_2 = 1.00m$           | $H = 2.45$                                    | 120 m <sup>2</sup> x0.80m=69m <sup>3</sup> .  |
| Altura de la capa de arena                            |   | Volumen de grava por  |
| $H_3 = 0.80m$   |   | filtro= 120 m <sup>2</sup> x0.20=24   |
| Altura de la capa de grava                            |   | m <sup>3</sup> .  |
| $H_4 = 0.20m$   |   |   |
| Altura del drenaje                                    |   |   |
| $H_5 = 0.15m$   |   |   |
| Ancho del vertedero de salida del filtro $L_V = 1.0M$ | $h_l = (q / 1.84xL_V)^{0.67}$<br>$h = 0,023m$ | Altura de agua en el vertedero de salida  |
| Espesor de arena extraída en cada raspado             | $e$ $Vol = A_F x e x n x Pr$<br>$= 0.02m$     | Volumen de arena que se debe depositar para el rearenado de los 06 filtros por raspado. |
| Numero de raspados por año $n = 4$                    | $Vol = 230,0 m^3$                             | Volumen de arena por cada raspado para un filtro=120m <sup>2</sup>                      |
| Periodo de reposición de la arena $Pr = 4$ años       |   | x0.02m=2.4m <sup>3</sup>  |
| Altura de apilamiento                                 | $Ad = Vol / h$                                | Área del depósito para la arena   |
| $h = 1.80m$   | $Ad = 128 m^2$                                |   |

Fuente: Cánepa (2012)

Las características granulométricas de la arena son: tamaño efectivo (TE) de 0,25mm y coeficiente de uniformidad (CU) de 1,8. La capa de arena deberá tener una altura de 0,80m.

Tabla 28. Granulometría de la capa soporte de grava

| Capa | Espesor cm | Tamaño      |
|------|------------|-------------|
| 1    | 5          | 1/8" – 1/4" |
| 2    | 5          | 1/4 - 1/2"  |
| 3    | 5          | 1/2" - 1"   |
| 4    | 5          | 2" – 1"     |

Fuente: RNE

Los resultados del espesor y granulometría de los filtros lentos de arena se muestran a continuación:

#### **Capa de arena**

Primera capa de espesor 33cm, tamaño máximo del agregado 1", color amarillento.

Segunda capa de espesor 12 cm, tamaño máximo del agregado 1/2 "color gris.

#### **Capa de grava**

Espesor 15 cm. Tamaño máximo del agregado 1", color gris.

Cuyo informe concluye que las tres capas no cumplen con las especificaciones requeridas para filtros lentos de arena. Ver anexo 3 Estudio de Mecánica de suelos.

## Anexo 2. Recipientes y tipo de conservantes por grupo de determinaciones

**Tabla 29. Recipientes y tipo de conservantes por grupo de determinaciones**

| Determinación  | Tipo de recipiente | Volumen de recipiente. (*) | Preservante          |
|----------------|--------------------|----------------------------|----------------------|
| Bacteriológico | Vidrio             | 120 ml                     | Refrigeración a 4 °C |
| Físico         |                    |                            |                      |
| No metales     | P.V                | 500 ml                     | Refrigeración a 4 °C |
| Metales        | P.V                | 500 ml                     | Refrigeración a 4 °C |
| Químico        |                    |                            |                      |
| No metales     | P.V                | 500 ml                     | Refrigeración a 4 °C |
| Metales        | P.V                | 1000 ml                    | Acido nítrico 5ml/l  |

(\*)V=Vidrio P=Plástico

Fuente: CEPIS/OPS 2002

**Tabla 30. Conservación y preservación de muestras de agua en función del parámetro evaluado**

| PARÁMETRO                  | TIPO DE RECIPIENTE | DE CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO   | TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO |
|----------------------------|--------------------|---|---------------------------------|
| Químicos -Físicos          |                    |   |                                 |
| Turbiedad                  | Plástico o vidrio  | Analizar preferentemente in situ. Almacenar muestras a oscuras<br>O usar botellas oscuras | 24 horas                        |
| Microbiológicos            |                    |   |                                 |
| Coliformes termotolerantes | Vidrio estéril     | Dejar un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del                                       | 24 horas                        |

Fuente: Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples =<1.8 / 100 ml.

Tabla 31. Reducciones de la carga de bacterias, virus y protozoos logrados mediante tratamientos del agua típicos y mejorados

| Tratamiento patógenos     | Grupo de microbios entéricos | Tasa de eliminación de referencia | Tasa de eliminación máxima posible   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--|
| Filtración lenta en arena | Bacterias                    | 50 %                              | 99,5% en condiciones óptimas de maduración, limpieza y relleno y con ausencia de cortocircuitos  |
|                           | Virus                        | 20%                               | 99,99% en condiciones óptimas de maduración, limpieza y relleno y con ausencia de cortocircuitos |
|                           | Protozoos                    | 50%                               | 99% en condiciones óptimas de maduración, limpieza y relleno y con ausencia de cortocircuitos    |

Fuente: OMS-2006

Tabla 32. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

| Parámetros  | Unidad de medida          | Límite máximo permisible |
|---|---------------------------|--------------------------|
| Bacterias Coliformes Totales  | UFC/100 mL<br>a<br>35°C   | 0( *)                    |
| <i>E.coli</i>   | UFC/100 mL<br>a<br>44.5°C | 0( *)                    |
| Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.   | UFC/100 mL<br>a<br>44.5°C | 0( *)                    |
| Bacterias Heterotróficas  | UFC/100 mL<br>a<br>35°C   | 500                      |
| Huevos y Larvas de Helmintos, quistes y/o quistes de protozoarios patógenos   | Nº oró/L                  | 0                        |
| Virus   | UFC/ mL                   | 0                        |
| Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estados evolutivos | Nº org/L                  | 0                        |

UFC = Unidad Formadora de colonias

□ En casos de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples =<

1,8/100ml. Fuente: Art 60 ° Reglamento de la calidad del agua para consumo humano-Digesa

Tabla 33. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

| Parámetros                  | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
|-----------------------------|------------------|--------------------------|
| 1.Olor                      | ....             | Aceptable                |
| 2.Sabor                     | ....             | Aceptable                |
| 3.Color                     | UCV escala Pt/Co | 15                       |
| 4.Turbiedad                 | UNT              | 5                        |
| 5.PH                        | Valor de PH      | 6.5 a 8.5                |
| 6.Conductividad (25°C)      | µmho/cm          | 1500                     |
| 7.Sólidos totales disueltos | mgL-1            | 1000                     |
| 8.Cloruros                  | mgCl-1 L-1       | 250                      |
| 9.Sulfatos                  | mgSO4 L-1        | 250                      |
| 10.Dureza total             | mgCaCO3 L-1      | 500                      |
| 11.Amoniaco                 | mgN L-1          | 1.5                      |
| 12.Hierro                   | Mg Fe L-1        | 0.3                      |
| 13.Manganeso                | mgMn L-1         | 0.4                      |
| 14.Aluminio                 | mgAl L-1         | 0.2                      |
| 15.Cobre                    | mgCu L-1         | 2.0                      |
| 16.Zinc                     | mgZn L-1         | 3.0                      |
| 17.Sodio                    | mgNa L-1         | 200                      |

UCV= Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Art.61 ° Reglamento de la calidad del agua para consumo humano-DIGESA.

### Anexo 3. Estimación de la densidad de bacterias –técnica tubos fermentación

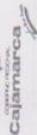
#### MULTIPLE-TUBE FERMENTATION TECHNIQUE (9221)/Estimation of Bacterial Density

TABLE 9221:IV. MPN INDEX AND 95% CONFIDENCE LIMITS FOR VARIOUS COMBINATIONS OF POSITIVE RESULTS WHEN FIVE TUBES ARE USED PER DILUTION (10 mL, 1.0 mL, 0.1 mL)\*

| Combination of Positives | MPN Index/100 mL | Confidence Limits |      | Combination of Positives | MPN Index/100 mL | Confidence Limits |      |
|--------------------------|------------------|-------------------|------|--------------------------|------------------|-------------------|------|
|                          |                  | Low               | High |                          |                  | Low               | High |
| 0-0-0                    | <1.8             | —                 | 6.8  | 4-0-3                    | 25               | 9.8               | 70   |
| 0-0-1                    | 1.8              | 0.090             | 6.8  | 4-1-0                    | 17               | 6.0               | 40   |
| 0-1-0                    | 1.8              | 0.090             | 6.9  | 4-1-1                    | 21               | 6.8               | 42   |
| 0-1-1                    | 3.6              | 0.70              | 10   | 4-1-2                    | 26               | 9.8               | 70   |
| 0-2-0                    | 3.7              | 0.70              | 10   | 4-1-3                    | 31               | 10                | 70   |
| 0-2-1                    | 5.5              | 1.8               | 15   | 4-2-0                    | 22               | 6.8               | 50   |
| 0-3-0                    | 5.6              | 1.8               | 15   | 4-2-1                    | 26               | 9.8               | 70   |
| 1-0-0                    | 2.0              | 0.10              | 10   | 4-2-2                    | 32               | 10                | 70   |
| 1-0-1                    | 4.0              | 0.70              | 10   | 4-2-3                    | 38               | 14                | 100  |
| 1-0-2                    | 6.0              | 1.8               | 15   | 4-3-0                    | 27               | 9.9               | 70   |
| 1-1-0                    | 4.0              | 0.71              | 12   | 4-3-1                    | 33               | 10                | 70   |
| 1-1-1                    | 6.1              | 1.8               | 15   | 4-3-2                    | 39               | 14                | 100  |
| 1-1-2                    | 8.1              | 3.4               | 22   | 4-4-0                    | 34               | 14                | 100  |
| 1-2-0                    | 6.1              | 1.8               | 15   | 4-4-1                    | 40               | 14                | 100  |
| 1-2-1                    | 8.2              | 3.4               | 22   | 4-4-2                    | 47               | 15                | 120  |
| 1-3-0                    | 8.3              | 3.4               | 22   | 4-5-0                    | 41               | 14                | 100  |
| 1-3-1                    | 10               | 3.5               | 22   | 4-5-1                    | 48               | 15                | 120  |
| 1-4-0                    | 10               | 3.5               | 22   | 5-0-0                    | 23               | 6.8               | 70   |
| 2-0-0                    | 4.5              | 0.79              | 15   | 5-0-1                    | 31               | 10                | 70   |
| 2-0-1                    | 6.8              | 1.8               | 15   | 5-0-2                    | 43               | 14                | 100  |
| 2-0-2                    | 9.1              | 3.4               | 22   | 5-0-3                    | 58               | 22                | 150  |
| 2-1-0                    | 6.8              | 1.8               | 17   | 5-1-0                    | 33               | 10                | 100  |
| 2-1-1                    | 9.2              | 3.4               | 22   | 5-1-1                    | 46               | 14                | 120  |
| 2-1-2                    | 12               | 4.1               | 26   | 5-1-2                    | 63               | 22                | 150  |
| 2-2-0                    | 9.3              | 3.4               | 22   | 5-1-3                    | 84               | 34                | 220  |
| 2-2-1                    | 12               | 4.1               | 26   | 5-2-0                    | 49               | 15                | 150  |
| 2-2-2                    | 14               | 5.9               | 36   | 5-2-1                    | 70               | 22                | 170  |
| 2-3-0                    | 12               | 4.1               | 26   | 5-2-2                    | 94               | 34                | 230  |
| 2-3-1                    | 14               | 5.9               | 36   | 5-2-3                    | 120              | 36                | 250  |
| 2-4-0                    | 15               | 5.9               | 36   | 5-2-4                    | 150              | 58                | 400  |
| 3-0-0                    | 7.8              | 2.1               | 22   | 5-3-0                    | 79               | 22                | 220  |
| 3-0-1                    | 11               | 3.5               | 23   | 5-3-1                    | 110              | 34                | 250  |
| 3-0-2                    | 13               | 5.6               | 35   | 5-3-2                    | 140              | 52                | 400  |
| 3-1-0                    | 11               | 3.5               | 26   | 5-3-3                    | 170              | 70                | 400  |
| 3-1-1                    | 14               | 5.6               | 36   | 5-3-4                    | 210              | 70                | 400  |
| 3-1-2                    | 17               | 6.0               | 36   | 5-4-0                    | 130              | 36                | 400  |
| 3-2-0                    | 14               | 5.7               | 36   | 5-4-1                    | 170              | 58                | 400  |
| 3-2-1                    | 17               | 6.8               | 40   | 5-4-2                    | 220              | 70                | 440  |
| 3-2-2                    | 20               | 6.8               | 40   | 5-4-3                    | 280              | 100               | 710  |
| 3-3-0                    | 17               | 6.8               | 40   | 5-4-4                    | 350              | 100               | 710  |
| 3-3-1                    | 21               | 6.8               | 40   | 5-4-5                    | 430              | 150               | 1100 |
| 3-3-2                    | 24               | 9.8               | 70   | 5-5-0                    | 240              | 70                | 710  |
| 3-4-0                    | 21               | 6.8               | 40   | 5-5-1                    | 350              | 100               | 1100 |
| 3-4-1                    | 24               | 9.8               | 70   | 5-5-2                    | 540              | 150               | 1700 |
| 3-5-0                    | 25               | 9.8               | 70   | 5-5-3                    | 920              | 220               | 2600 |
| 4-0-0                    | 13               | 4.1               | 35   | 5-5-4                    | 1600             | 400               | 4600 |
| 4-0-1                    | 17               | 5.9               | 36   | 5-5-5                    | >1600            | 700               | —    |
| 4-0-2                    | 21               | 6.8               | 40   |                          |                  |                   |      |

\* Results to two significant figures.





La manera de tomar la muestra puede ser de dos formas:

|   |
|---|
| A= Automático ( Equipos automuestreadores ) |
| M= Manual ( Realizado por una persona )     |

Tipo de muestra

|   |
|---|
| S= Simple ( Una toma en un punto )                |
| C= Compuesta ( Varias tomas en el mismo punto )   |
| I= Integrada ( Varias tomas en distintos puntos ) |

Tipo Recipiente en el que se tomara la muestra

|                              |
|------------------------------|
| V= Vidrio: 250, 500 y 1000ml |
| P= Plástico: 500/1000ml      |
| B= Bolsa                     |

Tipo Preservante necesario para conservar la muestra según su ensayo

|  |
|--|
| 1= HNO <sub>3</sub> ( Para llevar hasta: pH ≤ 2 )                          |
| 2= H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ( Para llevar hasta: pH ≤ 2 )            |
| 3= NaOH ( Para llevar hasta: pH ≥ 12 )                                     |
| 4= Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ( Para remover el cloro ) |
| 5= EDTA ( Agente quelante )  |
| 6= Conservar: 0-6°C  |

MATRIZ DE AGUA

AN AGUAS NATURALES

|                 |
|-----------------|
| S= Superficial  |
| Sp= Subterránea |

AR AGUA RESIDUAL

|               |
|---------------|
| D= Doméstica  |
| I= Industrial |

M= Municipal

AU= USO Y CONSUMO HUMANO

|            |
|------------|
| B= Bebida  |
| P= Plúvica |

| Parámetros          | Parámetros que pueden ir juntos | Volumen mínimo | Preservante o conservante  |
|---------------------|---------------------------------|----------------|--|
| Turbidez            | A                               | 500mL          | T°C ≤6   |
| Aniones             | A                               |                |  |
| pH                  | A                               |                |  |
| Conductividad       | A                               | 500mL          | T°C ≤6   |
| Acidez              | A                               |                |  |
| Alcalinidad         | A                               |                |  |
| Metales             | B                               | 500mL          | 50gías de HNO <sub>3</sub> ó H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> prop 1:1 |
| Mercurio            | B                               |                |  |
| Cianuro Total       | C                               |                |  |
| Cianuro Libre       | C                               | 500mL          | NaOH   |
| Cianuro Wrad        | C                               |                |  |
| DBO5                | D                               | 1000mL         | T°C ≤6   |
| Dureza              | E                               |                |  |
| DOO                 | E                               | 500mL          | 50gías de HNO <sub>3</sub> ó H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> prop 1:1 |
| Sólidos disueltos   | F                               |                |  |
| Sólidos suspendidos | F                               | 1000mL         | T°C ≤6   |
| Sólidos totales     | F                               |                |  |
| N-amoniacal         | G                               | 250mL          | 250mL  |
| Amoniacal           | G                               |                | Asida de sodio, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                       |
| Oxígeno disuelto    | H                               | 300mL          |  |

|                            |   |       |        |
|----------------------------|---|-------|--------|
| Coliformes Totales         | I |       |        |
| Coliformes Termotolerantes | I | 500mL | T°C ≤6 |
| Bacterias Heterotófas      | I |       |        |
| Escherichia coli           | I |       |        |

**RECOMENDACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS**

- Toma de Muestras para Análisis Microbiológicos
- Utilizar guantes descartables antes de recolectar la muestra
  - Conservar la botella de muestreo cerrada hasta el momento del muestreo.
  - Retire la envoltura de aluminio o papel kraf, evitando contaminar la tapa y el cuello de la botella.
  - Cuando la muestra es colectada dejar un espacio de al menos 2,5 cm para facilitar la mezcla por agitación antes del análisis.
  - Llene el recipiente sin enjuagar y tape inmediatamente el recipiente y coloque nuevamente la envoltura asegurándolo alrededor del cuello de la botella.
- Toma de Muestras para Análisis Químicos.
- Se recomienda que los frascos no tengan preservantes antes de realizar la toma de muestras de agua.
  - Colocarse los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestra y desecharlos luego de culminado el muestreo en cada punto.
  - En todo momento evitar tomar la muestra cogiendo el frasco por la boca.
  - Enjuagar los frascos con el agua a ser recolectada de dos a tres veces con la finalidad de eliminar posibles sustancias existentes en su interior.
  - Considerar un espacio de alrededor del 1% aprox. de la capacidad del envase.
  - Para el caso de muestras para análisis de metales totales, agregar 2ml de HNO<sub>3</sub> (aprox. 20 gotas).
  - Para el caso de muestras para análisis de cianuro, agregar NaOH (aprox. 4 perlitas).
  - Conservar las muestras a temperatura ≤6°C.

## Anexo 5 Frecuencias de muestreo en sistemas urbanos

**Cuadro 1. Frecuencias de muestreo en sistemas urbanos**  
**Parámetros fisicoquímicos en la red de distribución**  
 (muestras por año)

| Parámetros                                     | Zona de abastecimiento<br>(población<br>abastecida) | Frecuencia de muestreo |                |                |
|--|---|------------------------|----------------|----------------|
|  |   | Reducido               |                | Estándar       |
|  |   | Subterránea            | Superficial    |                |
| pH<br>Turbiedad<br>Dureza total<br>Alcalinidad | <500  | 1                      | 2              | 6              |
|  | 501-5.000   | 3                      | 6              | 12             |
|  | 5.001-10.000  | 4                      | 9              | 18             |
|  | 10.001-24.000                                       | 6                      | 12             | 24             |
|  | 24.001-50.000                                       | 1 c/4.000 hab.         | 1 c/2.000 hab. | 1 c/1.000 hab. |

**Cuadro 2. Frecuencias de muestreo en sistemas urbanos**  
**Parámetros bacteriológicos en la red de distribución**  
 (muestras por año)

| Parámetros  | Zona de abastecimiento<br>(población servida) | Frecuencia del muestreo<br>(estándar) |
|---|---|---------------------------------------|
| Coliformes totales<br>Coliformes termotolerantes<br>E. coli | <500  | 6                                     |
|   | 500-5.000                                     | 12                                    |
|   | 5.001-10.000                                  | 18                                    |
|   | 10.001-24.000                                 | 24                                    |
|   | 24.001-50.000                                 | 1 c/1.000 hab.                        |

**Cuadro 3. Frecuencias de muestreo en sistemas urbanos**  
**Parámetros fisicoquímicos A en las salidas de la planta de tratamiento, fuentes de agua  
 subterránea y reservorios de servicio**  
 (muestras por año)

| Parámetros   | Volumen de agua<br>abastecido por día<br>o almacenado (m <sup>3</sup> ) | Frecuencia del muestreo |             |          |  |
|--|---|-------------------------|-------------|----------|--|
|  |   | Reducido                |             | Estándar |  |
|  |   | Subterránea             | Superficial |          |  |
| pH<br>Turbiedad<br>Color<br>Olor<br>Sabor<br>Nitrito<br>Nitrito<br>Hierro<br>Manganeso<br>Aluminio | < 2.000   | 4                       | 4           | 4        |  |
|  | 2.001-6.000   | 4                       | 5           | 6        |  |
|  | 6.001-12.000  | 4                       | 6           | 12       |  |
|  | >12.000   | 6                       | 12          | 24       |  |
|  |   |                         |             |          |  |
|  |   |                         |             |          |  |
|  |   |                         |             |          |  |