



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN A PARTIR DE AGUAS  
SUBTERRÁNEAS, PARA LA PLANTA LOS ÁLAMOS DE LA CIUDAD DE  
FRANCISCO DE ORELLANA”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del Título de:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**MAURICIO BIRON NARVÁEZ HERNÁNDEZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**- 2010 -**

Agradezco a Dios, por guiar mis pasos y llevarme a alcanzar mis metas y objetivos.

A mi familia que con su incondicional apoyo permanente supieron ser un soporte en todo momento de mi vida.

De igual manera a la Dra. Gina Álvarez, al Dr. Raúl Valverde; Director y Miembros del Tribunal de Tesis, quienes con su aporte de conocimientos, experiencia y esfuerzo contribuyeron para la culminación de este trabajo de investigación.

Por último, quiero dejar constancia de mi agradecimiento a todas y cada una de las personas que de una u otra forma han contribuido con su granito de arena para hacer real el presente trabajo.

**MAURICIO**

Dedico estas páginas a mis padres por permitirme ver la luz, inclusive cuando todo pareció gris, viviré infinitamente honrado y agradecido por eso, y sobre todo a mi madre y padre, Emérita y Julio, quienes son mi vida, mi orgullo e inspiración en todo momento, a mis hermanas Genny y Karen, compañeras y amigas incondicionales a lo largo de mi vida.

A mi amor eterno Paola quien forma parte de mi vida y apoyo incondicional.

A mis amigos, compañeros y familiares que confiaron en mí, compartiendo un espacio suyo conmigo en los buenos y malos momentos, mil y un gracias por su apoyo.

**MAURICIO**

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Dra. Yolanda Díaz

-----

-----

**DECANO FAC. CIENCIAS**

Ing. Mario Villacrés

-----

-----

**DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA**

Dra. Gina Álvarez

-----

-----

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Raúl Valverde

-----

-----

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Carlos Rodríguez

-----

-----

**DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACIÓN**

**“Yo MAURICIO BIRON NARVÁEZ  
HERNÁNDEZ, soy responsable de las ideas,  
doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el  
patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a  
la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO”**

---

**MAURICIO BIRON NARVÁEZ HERNÁNDEZ**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

|                   |  |
|-------------------|--|
| Aus               | Ausentes                               |
| ADT               | Altura total de bombeo                 |
| Ai                | Área de aireación                      |
| Ao                | Área de cada orificio                  |
| At                | Área total de aireación                |
| BHP               | Potencia de la bomba                   |
| C                 | Concentración de la solución           |
| °C                | Grados centígrados                     |
| Ce                | Coefficiente de esfericidad            |
| Cm                | Centímetro                             |
| D                 | Diámetro de la tubería de impulsión    |
| Dc                | Diámetro de arena                      |
| E.D.T.A           | Ácido etilendiaminotetraacetico        |
| E                 | Eficiencia                             |
| F                 | Coefficiente Kozeny                    |
| G                 | Gravedad                               |
| g/cm <sup>3</sup> | Gramos por centímetro cúbico           |
| g/min             | Gramos por minuto                      |
| H                 | Altura total de aireación              |
| INEN              | Instituto Ecuatoriano de Normalización |
| K                 | Coefficiente de accesorio              |
| l                 | Longitud total del filtro              |
| L                 | Litro                                  |
| L/s               | Litros por segundo                     |
| L/min             | Litros por minuto                      |
| m                 | Metro                                  |
| m <sup>2</sup>    | Metro cuadrado                         |
| m <sup>3</sup>    | Metro cúbico                           |
| m/h               | Metro por hora                         |

|                   |                                      |
|-------------------|--------------------------------------|
| m/s               | Metro por segundo                    |
| m <sup>3</sup> /d | Metro cúbico por día                 |
| mL                | Mililitro                            |
| mL/min            | Mililitro por minuto                 |
| mg/L              | Miligramos por litro                 |
| mg/mL             | Miligramo por mililitro              |
| min               | Minuto                               |
| mm                | Milímetro                            |
| Msnm              | Metros sobre el nivel del mar        |
| n                 | Rendimiento de la bomba              |
| N                 | Porosidad                            |
| Nm                | Nanómetro                            |
| P                 | Permeabilidad                        |
| pH                | Potencial hidrogeno                  |
| Ppm               | Partes por millón                    |
| Qi                | Caudal de diseño                     |
| Q                 | Caudal                               |
| Qo                | Caudal que ingresa a cada orificio   |
| STD               | Sólidos totales disueltos            |
| T.A               | Carga hidráulica                     |
| t                 | Tiempo de exposición                 |
| T                 | Transmisibilidad                     |
| tr                | Tiempo de retención                  |
| Unid              | Unidades                             |
| UNT               | Nephelometric Turbidity Units        |
| UFC               | Unidades Formadoras de Colonias      |
| v                 | Velocidad en la tubería de impulsión |
| Z <sub>1</sub>    | Cota de tanque de cloración          |
| Z <sub>2</sub>    | Cota de tanque de reserva            |
| θ                 | Diámetro                             |
| (LL)              | INDICE DE LANGELIER                  |

%

Porcentaje

$\gamma$

Viscosidad cinemática

## ÍNDICE GENERAL

Pp.

### CAPÍTULO I

#### PARTE TEÓRICA

|            |  |          |
|------------|--|----------|
| <b>1.1</b> | <b>AGUA SUBTERRÁNEA.....</b>   | <b>1</b> |
| 1.1.1.     | CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....  | 2        |
| 1.1.1.1    | CALIDAD FÍSICA.....  | 2        |
|            | COLOR.....   | 2        |
|            | TURBIDEZ.....  | 2        |
|            | OLORES Y SABORES.....  | 3        |
| 1.1.1.2.   | CALIDAD QUÍMICA.....   | 3        |
|            | DUREZA.....  | 3        |
|            | SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.....   | 3        |
|            | HIERRO.....  | 3        |
|            | MANGANESO.....   | 4        |
| 1.1.1.3.   | CALIDAD BACTERIOLÓGICA.....  | 4        |
| 1.1.2.     | FACTORES QUE CONDICIONAN LA PRESENCIA Y EL MOVIMIENTO DEL<br>AGUA SUBTERRÁNEA.....             | 5        |
| 1.1.2.1.   | PRECIPITACIÓN.....   | 5        |
| 1.1.2.2.   | FORMA DEL TERRENO.....   | 5        |
| 1.1.2.3.   | GEOLOGÍA.....  | 6        |
| 1.1.2.4.   | VEGETACIÓN.....  | 6        |
| 1.1.2.5.   | MOVIMIENTO O FLUJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....   | 6        |
| 1.1.3.     | FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....  | 7        |
| 1.1.3.1.   | PRINCIPALES AGENTES CONTAMINANTES.....   | 8        |
| 1.1.3.2.   | MECANISMOS DE INTRODUCCIÓN Y PROPAGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN<br>EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS..... | 9        |
| 1.1.3.3.   | CAUSAS DE CONTAMINACIÓN.....   | 9        |
| 1.1.3.4.   | MIGRACIÓN DE CONTAMINANTES.....  | 10       |
| 1.1.3.5.   | TRANSFERENCIAS DE MASAS.....   | 11       |
|            | 1.1.3.5.1. PROCESOS FÍSICOS.....   | 11       |
|            | DISPERSIÓN.....  | 11       |
|            | FILTRACIÓN.....  | 11       |

|   | <b>Pp.</b> |
|---|------------|
| CIRCULACIÓN DE GASES.....   | 11         |
| 1.1.3.5.2. PROCESOS GEOQUÍMICOS.....  | 11         |
| FORMACIÓN DE COMPLEJOS Y FUERZA IÓNICA.....                                   | 11         |
| NEUTRALIZACIÓN.....   | 12         |
| OXIDACIÓN-REDUCCIÓN.....  | 12         |
| PRECIPITACIÓN-DISOLUCIÓN.....   | 12         |
| ADSORCIÓN-DESORCIÓN.....  | 12         |
| 1.1.3.5.3. PROCESOS BIOQUÍMICOS.....  | 13         |
| DEGRADACIÓN BIOLÓGICA Y ASIMILACIÓN.....                                      | 13         |
| SÍNTESIS CELULAR.....   | 13         |
| 1.1.4. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA..... | 13         |
| 1.1.4.1. AIREACIÓN.....   | 13         |
| 1.1.4.2. FILTRACIÓN.....  | 14         |
| 1.1.4.3. DESINFECCIÓN.....  | 14         |
| 1.1.5. ACUÍFERO.....  | 15         |
| 1.1.5.1. TIPOS DE ACUÍFEROS.....  | 15         |
| 1.1.5.1.1. ACUÍFERO LIBRE.....  | 15         |
| 1.1.5.1.2. ACUÍFERO CONFINADO.....  | 15         |
| 1.1.5.1.3. ACUÍFERO SEMICONFINADO.....  | 16         |
| 1.1.5.2. NIVEL FREÁTICO.....  | 16         |
| 1.1.6. POZOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....                                       | 16         |
| 1.1.6.1. POZOS DE FILTRACIÓN DE CAUCES FLUVIALES.....                         | 18         |
| 1.1.6.2. RENDIMIENTO DE LOS POZOS Y EFICACIA OPERATIVA.....                   | 19         |
| 1.1.6.2.1. CARGA ACUÍFERA.....  | 20         |
| 1.1.6.2.2. CARGA DEL POZO.....  | 20         |
| 1.1.6.2.3. DESCENSO LINEAL DEL NIVEL CON FLUJOS MODERADOS.....                | 21         |
| 1.1.6.2.4. DESCENSO PARABÓLICO CON GRANDES CAUDALES.....                      | 21         |
| 1.1.7. POZOS Y SUS CONDICIONES.....   | 22         |
| 1.1.8. NOCIONES DE GEOHIDROLOGÍA.....   | 23         |
| 1.1.8.1. POROSIDAD.....   | 23         |
| 1.1.8.2. RENDIMIENTO ESPECÍFICO.....  | 24         |
| 1.1.8.3. COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO.....                                   | 24         |

|   | <b>Pp.</b>                                      |
|---|---|
| 1.1.8.4. GRADIENTE HIDRÁULICO.....            | 24  |
| 1.1.8.5. PERMEABILIDAD.....                   | 25  |
| 1.1.8.6. TRANSMISIBILIDAD.....                | 25  |
| 1.1.9. NOCIONES HIDROGEOLÓGICAS.....          | 25  |
| 1.1.9.1. CAUDAL.....                          | 25  |
| 1.1.9.2. PRESIÓN.....                         | 25  |
| 1.1.9.3. ALTURA MANOMÉTRICA DE UNA BOMBA..... | 26  |
| 1.1.9.4. ALTURA DE COLUMNA DEL LÍQUIDO.....   | 26  |
| 1.1.9.5. LÍNEA PIEZOMÉTRICA .....             | 27  |
| 1.1.9.6. LÍNEA DE ENERGÍA.....                | 27  |
| 1.1.9.7. ENERGÍA ESPECÍFICA.....              | 27  |
| 1.1.9.8. FLUJO PERMANENTE.....                | 27  |
| 1.1.9.9. FLUJO UNIFORME Y NO UNIFORME.....    | 28  |
| 1.1.9.10. FLUJO VARIADO.....                  | 28  |
| 1.1.9.11. NIVEL ESTÁTICO.....                 | 28  |
| 1.1.9.12. NIVEL DINÁMICO.....                 | 28  |
| 1.1.9.13. ABATIMIENTO.....                    | 29  |
| 1.1.9.14. CONOS DE DEPRESIÓN.....             | 30  |
| <br><b>CAPÍTULO II</b><br>                    |   |
| <b>2</b>                                      | <b>PARTE EXPERIMENTAL</b>                       |
| <b>2.1.</b>                                   | <b>PARTE EXPERIMENTAL..... 31</b>               |
| 2.1.1.  | MUESTREO..... 31                                |
| <b>2.2.</b>                                   | <b>LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... 32</b> |
|   | METODOLOGÍA..... 32                             |
|   | METODOLOGÍA DE TRABAJO..... 32                  |
|   | TRATAMIENTOS DE MUESTRAS..... 32                |
| 2.2.1.  | MÉTODOS Y TÉCNICAS..... 33                      |
| 2.2.2.1.                                      | MÉTODOS..... 33                                 |
| 2.2.2.2.                                      | TÉCNICAS..... 37                                |
| 2.2.2.2.1.                                    | PH..... 37                                      |
| 2.2.2.2.2.                                    | CONDUCTIVIDAD..... 37                           |
| 2.2.2.2.3.                                    | TURBIDEZ..... 37                                |
| 2.2.2.2.4.                                    | ALCALINIDAD TOTAL..... 38                       |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| 2.2.2.2.5.  | DUREZA.....  | 38        |
| 2.2.2.2.6.  | COLOR.....   | 38        |
| 2.2.2.2.7.  | SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.....   | 39        |
| 2.2.2.2.8.  | HIERRO.....  | 39        |
| 2.2.2.2.9.  | CLORUROS.....  | 39        |
| 2.2.2.2.10. | NITRITOS Y NITRATOS.....   | 40        |
| 2.2.2.2.11. | CALCIO.....  | 40        |
| 2.2.2.2.12. | SULFATOS.....  | 40        |
| 2.2.2.2.13. | AMONIOS.....   | 41        |
| <b>2.3.</b> | <b>DATOS EXPERIMENTALES.....</b>   | <b>41</b> |
| 2.3.1.      | DIAGNÓSTICO.....   | 41        |
| 2.3.1.1.    | DETERMINACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS ACUÍFEROS.....                            | 41        |
| 2.3.2.      | DATOS.....   | 42        |
| 2.3.2.1.    | CARACTERIZACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....  | 42        |
| <b>2.4.</b> | <b>DATOS ADICIONALES.....</b>  | <b>43</b> |
| 2.4.1.      | TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA..... | 43        |
| 2.4.2.      | CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....                         | 45        |
| 2.4.2.1.    | FUNDAMENTO DEL MÉTODO MF.....  | 45        |
| 2.4.2.2.    | TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES GENERALES DE CALIDAD DEL AGUA .....       | 46        |
|             | DILUYENTE.....   | 46        |
|             | PREPARACIÓN Y ESTERILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE FILTRACIÓN.....                   | 46        |
|             | PREPARACIÓN DE MUESTRAS.....   | 46        |
|             | PROCEDIMIENTOS.....  | 47        |
| 2.4.2.3.    | FILTRACIÓN POR MEMBRANAS.....  | 47        |
|             | 2.4.2.3.1. FILTRACIÓN.....   | 47        |
|             | 2.4.2.3.2. TRANSFERENCIA DE LA MEMBRANA.....                                     | 47        |
|             | 2.4.2.3.3. INCUBACIÓN.....   | 48        |
|             | 2.4.2.3.4. SELECCIÓN DEL VOLUMEN A FILTRAR.....                                  | 48        |
| 2.4.2.4.    | PREPARACIÓN DE LAS PLACAS DE PETRI.....  | 50        |
|             | DETECCIÓN Y RECUENTO DE E-COLI Y BACTERIAS COLIFORMES.....                       | 51        |
| 2.4.3.      | ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.....  | 53        |

### CAPÍTULO III

#### DISEÑO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN

Pp.

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>3.</b>   | <b>DISEÑO.....</b>                               | <b>54</b> |
|             | LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....                      | 54        |
|             | INFORMACIÓN GENERAL DEL POZO N°1.....            | 54        |
|             | SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....                        | 54        |
|             | PERFORACIÓN DEL POZO.....                        | 54        |
|             | DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA.....                      | 55        |
|             | PERFIL LITOLÓGICO DEL POZO.....                  | 55        |
|             | REGISTRO ELÉCTRICO.....                          | 55        |
|             | DISEÑO DEL POZO.....                             | 56        |
|             | INSTALACIÓN DEL FILTRO DE GRAVA.....             | 56        |
|             | LABORES DE LIMPIEZA.....                         | 57        |
|             | ENSAYO POR BOMBEO.....                           | 57        |
|             | CÁLCULOS DE PRODUCCIÓN.....                      | 58        |
|             | TABLA DE AGUA.....                               | 58        |
|             | INFORMACIÓN GENERAL DEL POZO N°2.....            | 59        |
|             | PERFORACIÓN DEL POZO.....                        | 59        |
|             | DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA.....                      | 59        |
|             | PERFIL LITOLÓGICO DEL POZO.....                  | 59        |
|             | REGISTRO ELÉCTRICO.....                          | 60        |
|             | DISEÑO DEL POZO.....                             | 60        |
|             | INSTALACIÓN DEL FILTRO DE GRAVA.....             | 61        |
|             | LABORES DE LIMPIEZA Y DESARROLLO.....            | 61        |
|             | ENSAYO POR BOMBEO.....                           | 61        |
|             | CÁLCULOS DE PRODUCCIÓN.....                      | 62        |
|             | TABLA DE AGUA.....                               | 63        |
|             | <b>CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO.....</b> | <b>63</b> |
|             | SISTEMA DE CAPTACIÓN.....                        | 63        |
|             | SISTEMA DE AIREACIÓN DE BANDEJAS.....            | 64        |
|             | SISTEMA DE FILTROS LENTOS.....                   | 64        |
|             | SISTEMA DE DESINFECCIÓN.....                     | 64        |
| <b>3.1.</b> | <b>CÁLCULOS.....</b>                             | <b>65</b> |
| 3.1.1.      | CAPTACIÓN.....                                   | 65        |
| 3.1.1.1.    | CÁLCULO DE POTENCIA DE LA BOMBA SUMERGIBLE.....  | 65        |

|  | <b>Pp.</b> |
|--|------------|
| ALTURA ESTÁTICA.....   | 65         |
| CÁLCULO DE PÉRDIDAS PRIMARIAS.....                                   | 65         |
| CÁLCULO DEL DIÁMETRO INTERNO DE LA TUBERIA.....                      | 65         |
| CÁLCULO DE LA VELOCIDAD.....   | 66         |
| CÁLCULO DEL NÚMERO DE REYNOLDS.....                                  | 66         |
| CÁLCULO DE FANNING.....  | 66         |
| CÁLCULO DE PÉRDIDAS SECUNDARIAS.....                                 | 67         |
| PÉRDIDAS TOTALES.....  | 68         |
| ECUACIÓN DE BERNOULLI.....   | 68         |
| CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE LA BOMBA.....                            | 69         |
| CÁLCULO DE W (FLUJO MÁSICO).....                                     | 69         |
| CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA.....                              | 69         |
| 3.1.1.2. DISEÑO TANQUE DE ALMACENAMIENTO REPARTIDOR DE CAUDALES..... | 70         |
| CAUDALES.....  | 71         |
| 3.1.1.3. DISEÑO DE BOMBA DEL TANQUE REPARTIDOR DE CAUDALES.....      | 71         |
| TUBERÍA DE IMPULSIÓN.....  | 71         |
| ALTURA ESTÁTICA DE BOMBEO.....                                       | 72         |
| PÉRDIDA POR FRICCIÓN H <sub>2</sub> EN TUBERÍA DE IMPULSIÓN.....     | 72         |
| PÉRDIDA POR ACCESORIOS H <sub>3</sub> .....                          | 73         |
| CÁLCULO DE W (FLUJO MÁSICO).....                                     | 74         |
| CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA.....                              | 74         |
| 3.1.2. DISEÑO DE AIREADOR DE BANDEJAS.....                           | 75         |
| CARGA HIDRÁULICA.....  | 75         |
| ALTURA TOTAL.....  | 76         |
| ÁREA DE AIREACIÓN.....   | 76         |
| NÚMERO DE UNIDADES DE AIREACIÓN REQUERIDA.....                       | 76         |
| NÚMERO DE BANDEJAS Y SEPARACIÓN ENTRE BANDEJAS.....                  | 76         |
| TIEMPO DE EXPOSICIÓN.....  | 77         |
| 3.1.3. DISEÑO DE FILTROS LENTOS DE ARENA.....                        | 77         |
| SUPERFICIE FILTRANTE.....  | 78         |
| NÚMERO DE FILTROS.....   | 78         |
| ANCHO Y LARGO DEL FILTRO.....  | 79         |
| TUBERÍA DE ENTRADA AL FILTRO.....                                    | 80         |
| SISTEMA DE DRENAJE.....  | 80         |

|             |   |            |
|-------------|---|------------|
|             | DIÁMETRO DE LOS ORIFICIOS LATERALES.....              | 81         |
|             | DIÁMETRO DEL LATERAL.....                             | 85         |
|             | DIÁMETRO DEL COLECTOR PRINCIPAL.....                  | 86         |
|             | COMPOSICIÓN DEL LECHO FILTRANTE.....                  | 88         |
|             | CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE CARGA EN LECHO FILTRANTE..... | 89         |
| 3.1.4.      | DESINFECCIÓN.....                                     | 92         |
|             | PESO DEL CLORO.....                                   | 93         |
|             | VOLUMEN DEL HIPOCLORADOR.....                         | 93         |
|             | DISEÑO TANQUE DE CONTACTO PARA MEZCLA DE CLORO.....   | 94         |
|             | ALTURA DEL TANQUE.....                                | 94         |
| <b>3.2.</b> | <b>RESULTADOS.....</b>                                | <b>95</b>  |
| 3.2.1.      | CAPTACIÓN.....  | 95         |
| 3.2.2.      | AIREADOR DE BANDEJAS.....                             | 96         |
| 3.2.3.      | FILTROS LENTOS.....                                   | 96         |
| 3.2.4.      | DESINFECCIÓN.....                                     | 97         |
| <b>3.3.</b> | <b>PROPUESTA.....</b>                                 | <b>98</b>  |
| <b>3.4.</b> | <b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>        | <b>99</b>  |
| <br>        |   |            |
|             | <b>CAPÍTULO IV</b>                                    |            |
| <b>4.</b>   | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>                 | <b>117</b> |
| <b>4.1.</b> | <b>CONCLUSIONES.....</b>                              | <b>117</b> |
| <b>4.2.</b> | <b>RECOMENDACIONES.....</b>                           | <b>118</b> |
|             | BIBLIOGRAFÍA  |            |
|             | ANEXOS  |            |
|             | FOTOGRAFÍAS   |            |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   | <b>Pp.</b> |
|---|------------|
| 2.2.2.1-1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS.....  | 33         |
| 2.4.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LOS 2 POZOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS..... | 43         |
| 2.4.3.4-1. VOLÚMENES DE MUESTRA ORIENTATIVOS.....   | 44         |
| 2.4.3.4-2. NÚMERO MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE COLONIAS POR MEMBRANA.....                                 | 49         |
| 2.4.2. DATOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.....   | 50         |
| 3.1. PERFIL LITOLÓGICO DEL POZO N°1.....  | 53         |
| 3.2. DISEÑO DEL POZO N°1.....   | 55         |
| 3.3. ENSAYO POR BOMBEO.....   | 56         |
| 3.4. CAPACIDAD ESPECÍFICA.....  | 57         |
| 3.5. TABLA DE AGUA.....   | 58         |
| 3.6. PERFIL LITOLÓGICO DEL POZO N°2.....  | 58         |
| 3.7. DISEÑO DEL POZO N°2.....   | 59         |
| 3.8. ENSAYO POR BOMBEO.....   | 60         |
| 3.9. CAPACIDAD ESPECÍFICA.....  | 62         |
| 3.10. TABLA DE AGUA.....  | 62         |
| 3.11. NÚMERO Y TAMAÑO ÓPTIMO DE FILTROS LENTOS.....   | 63         |
| 3.12. PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DRENAJES POR TUBERÍAS.....  | 79         |
| 3.13. PARÁMETROS DE DISEÑOS LATERALES.....  | 81         |
| 3.14. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL LECHO FILTRANTE.....   | 81         |
| 3.15. TAMAÑO DE LA GRAVA.....   | 88         |
| 3.16. FACTORES DE ESFERICIDAD Y FORMA DE LOS MATERIALES GRANULARES Y POROSIDADES TÍPICAS.....     | 89         |
| 3.17. DEMANDA DE CLORO PARA AGUAS.....  | 89         |
| 3.18. RESULTADOS DE LAS BOMBAS.....   | 92         |
| 3.19. RESULTADOS DEL AIREADOR DE BANDEJAS.....  | 95         |
| 3.20. RESULTADOS DE LOS FILTROS.....  | 96         |
| 3.21. RESULTADOS DE DESINFECCIÓN.....   | 96         |
| 3.2.1-1. RESULTADOS DE DESINFECCIÓN.....  | 97         |

## ÍNDICE DE FIFURAS

|   | <b>Pp.</b> |
|---|------------|
| 1. POZO DE AGUA CON BOMBA SUMERGIBLE.....                                   | 17         |
| 2. INSTALACIONES DE POZOS EN LECHOS FLUVIALES.....                          | 18         |
| 3. FILTRACIONES DESDE EL LECHO FLUVIAL.....                                 | 19         |
| 4. VARIACIONES EN EL NIVEL DINÁMICO DEL AGUA MEDIANTE BOMBEO DE PRUEBA..... | 22         |
| 5. COMPONENTES TÍPICOS DE UN POZO DE AGUA SUBTERRÁNEA.....                  | 23         |
| 6. ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL BOMBEO DE UN POZO.....                        | 29         |
| 7. ESQUEMA DE UN CONO DE DESCENSO ALREDEDOR DE UN SONDEO BOMBEADO.....      | 30         |
| 8. MÉTODO DE FILTRACIÓN POR MEMBRANAS.....                                  | 51         |

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

|          |   | <b>Pp.</b> |
|----------|---|------------|
| 1.       | SISTEMA PROPUESTO DE POTABILIZACIÓN A PARTIR DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....     | 64         |
| 2.       | SISTEMA DE AIREADOR.....  | 83         |
| 3.       | DETALLES DE PERFORACIONES EN LATERALES.....                                 | 80         |
|          | DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DEL POZO N°1.....     | 99         |
| 3.5.1-1. | PH.....   | 99         |
| 3.5.2-1. | CONDUCTIVIDAD.....  | 101        |
| 3.5.3-1. | TURBIEDAD.....  | 103        |
| 3.5.4-1. | CLORUROS.....   | 105        |
| 3.5.5-1. | ALCALINIDAD.....  | 107        |
| 3.5.6-1. | HIERRO.....   | 109        |
| 3.5.7-1. | SÓLIDOS TOTALES.....  | 111        |
| 3.5.8-1. | SÓLIDOS DISUELTOS.....  | 113        |
|          | DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DEL POZO N°2.....     | 99         |
| 3.5.1-2. | PH.....   | 100        |
| 3.5.2-2. | CONDUCTIVIDAD.....  | 102        |
| 3.5.3-2. | TURBIEDAD.....  | 104        |
| 3.5.4-2. | CLORUROS.....   | 106        |
| 3.5.5-2. | ALCALINIDAD.....  | 108        |
| 3.5.6-2. | HIERRO.....   | 110        |
| 3.5.7-2. | SÓLIDOS TOTALES.....  | 112        |
| 3.5.8-2. | SÓLIDOS DISUELTOS.....  | 114        |
| 3.5.2-1. | DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA DEL POZO N°1..... | 115        |
| 3.5.2-2. | DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA DEL POZO N°2..... | 116        |

## ÍNDICE DE ANEXOS

- A. ESQUEMA DE UBICACIÓN DE PERFORACIÓN DE LOS POZOS
- B. REGISTRO ELÉCTRICO DEL POZO N°1
- C. REGISTRO ELÉCTRICO DEL POZO N°2
- D. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DEL POZO N°1.
- E. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DEL POZO N°2.
- F. NORMAS INEN 1108 AGUA POTABLE
- G. SISTEMA PROPUESTO PARA LA POTABILIZACIÓN A PARTIR DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
- H. DIAGRAMA DE UNA BOMBA SUMERGIBLE
- I. ETAPA DE AIREACIÓN DE BANDEJAS
- J. ETAPA DE FILTROS LENTOS DE ARENA
- k. ETAPA DE DESINFECCIÓN

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1. FOTOGRAFÍA DEL POZO N°1
2. FOTOGRAFÍA DEL POZO N°2
3. FOTOGRAFÍAS DE LOS POZOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.
4. FOTOGRAFÍAS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS.
5. FOTOGRAFÍAS DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.

1.

## SUMMARY

THIS PROJECT DEALS WITH A WATER TREATMENT SYSTEM DESIGN OBTAINED FROM UNDERGROUND SPRINGS FOR "LOS ALAMOS" WATER MANAGEMENT PLANT IN FRANCISCO DE ORELLANA, ORELLANA PROVINCE AIMED TO SUPPLY HUMAN CONSUMPTION WATER.

UNDERGROUND WATER SAMPLES WERE COLLECTED DURING TWO CONSECUTIVE MONTHS WITH A TOTAL OF FOUR PER WATER WELL IN ORDER TO DEVELOP A COMPLETE PHYSICAL - CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS FOR A FURTHER ESTABLISHMENT OF AN UNDERGROUND WATER PURIFICATION SYSTEM FROM UNDERGROUND SPRINGS. DURING THE ANALYSIS WATER CHARACTERISTICS WERE DETERMINED BY MEANS OF DIFFERENT METHODS AND TECHNIQUES BASED ON STANDARD PROCESSES, ALL THE STUDIES WERE DONE IN THE TECHNICAL AND MICROBIOLOGY ANALYSIS LABORATORY AT ESPOCH. ON THE OTHER HAND, FOR THE SYSTEM DESIGN SOME ENGINEERING CALCULATIONS WERE DONE TO HAVE AN APPRECIATION OF THE WATER CLEANING PROCESS FROM UNDERGROUND SPRINGS.

DURING THE PHYSICAL - CHEMICAL ANALYSIS IT WAS POSSIBLE TO DETERMINE THAT TWO PARAMETERS: IRON AND TURBIDITY WERE OUT OF THE ADVISABLE LIMITS FROM THE SEVENTEEN STUDIES DONE. MICROBIOLOGICAL ANALYSIS WAS ALSO OUT OF THE ADVISABLE LIMITS RECOMMENDED BY INEN 1108 CODE FOR DRINKING WATER. BASED ON THE ENGINEERING CALCULATIONS IT WAS POSSIBLE TO DESIGN A SYSTEM THAT WOULD ENCOMPASS FOUR BASIC STEPS TO MAKE THE WATER PURE: COLLECTION, AIRING, TRAY, SLOW SAND FILTERS AND DISINFECTION STAGE.

IT IS ADVISABLE TO HAVE A QUALITY CONTROL LABORATORY WITH THE BASIC EQUIPMENT TO CONSTANTLY, MONITOR THE WATER THAT COMES INTO THE TREATMENT PLANT AND ALSO THE WATER THAT IS RELEASED FROM THE TREATMENT PLANT.

## **RESUMEN**

Se diseñó un sistema de potabilización a partir de aguas subterráneas para la Planta los Álamos de la ciudad de Francisco de Orellana, provincia de Orellana con la finalidad de suministrar agua apta para el consumo humano.

Se recogieron muestras del agua subterránea durante dos meses consecutivos en total 4 muestras por pozo de agua con la finalidad de realizar análisis físicos-químicos y microbiológicos para posteriormente perpetuar el diseño de potabilización a partir del agua subterránea. En los análisis de caracterización del agua se utilizó métodos y técnicas basados en el Stándar Methods realizados en el laboratorio de Análisis Técnico y Microbiológico de la ESPOCH. Para el diseño se realizó cálculos de ingeniería para el dimensionamiento de la planta de potabilización a partir de agua subterránea.

Durante los análisis físicos-químicos se encontraron dos parámetros fuera de los límites permisibles como son el hierro y la turbiedad de los 17 realizados, mientras que los microbiológicos estuvieron fuera de los límites permisibles que rige la norma INEN 1108 del agua potable. Con los cálculos de ingeniería se diseñó el sistema con que contaría con 4 etapas para la potabilización como son: Captación, Aireación de bandejas, filtros lentos de arena y de etapa de desinfección.

Es recomendable equipar un laboratorio de control de calidad con los equipos básicos para monitorear constantemente el agua que ingresa a la planta y el agua que sale después del tratamiento realizado.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de agua potable es indispensable para toda la comunidad, pueblo ciudad país, etc., mas aun cuando un recurso tan importante como el agua se ha visto degradado y amenazado por las situaciones climáticas y por falta del cuidado humano.

En la presente investigación se expone información sobre el estudio realizado para el diseño de potabilización a partir de aguas subterráneas para la población de la zona urbana marginal de Francisco de Orellana en la Amazonia Ecuatoriana, para satisfacer la demanda existente en este sector.

El proceso de potabilización que se llevara a cabo en este proyecto contiene cuatro etapas importantes: la captación, aireación de bandejas, filtración y la desinfección.

Cuando al agua cruda, se le da un tratamiento, lo que se hace es transformar a un nuevo estado, con sus características que han sido fijadas previamente. Estas características prefijadas son lo que se conoce como normas de calidad del agua potable y actualmente se han establecido los “Valores Guías” por parte de la OMS para los países que no cuenten con normas propias. A nivel local, es la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 del año 2006 segunda revisión, la norma a seguir. La calidad del agua potable en su aspecto microbiológico está determinada por la ausencia de las bacterias del grupo Coliformes.

## ANTECEDENTES

La cobertura de agua potable y saneamiento en el Ecuador aumentó considerablemente en los últimos años. Sin embargo, se caracteriza por bajos niveles de cobertura, especialmente en áreas rurales.

**Tabla: 1**

### **Cobertura de agua potable y saneamiento en Ecuador**

|             |                            | Urbano<br>(62% de la<br>población) | Rural<br>(38% de la<br>Población) | Total |
|-------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------|
| Agua        | Cobertura                  | 97%                                | 88%                               | 94%   |
|             | Conexiones<br>domiciliares | 96%                                | 74%                               | 88%   |
| Saneamiento | Cobertura                  | 96%                                | 84%                               | 92%   |
|             | Alcantarillado             | 62%                                | 16%                               | 45%   |

**FUENTE:** Programa de Monitoreo Conjunto OMS/UNICEF para agua potable y saneamiento (Joint Monitoring Program for Water and Sanitation/2010). Datos de agua y saneamiento basados en la extrapolación de varios datos de encuestas nacionales incluyendo la Encuesta demográfica y de salud materna infantil de 2004.

En el año 2004, el porcentaje de la cobertura del abastecimiento de agua (conexiones domésticas) era de 96% en las zonas urbanas y 74% en las rurales.

La cobertura de los servicios de agua tiende a ser menor en la Costa y en la Amazonia que en la Sierra. El servicio de agua es intermitente en la mitad de los centros urbanos. La presión de agua está muy por debajo de la norma, especialmente en los barrios marginales. En un 30% de los centros urbanos falta un tratamiento de agua potable.

En las zonas rurales del Ecuador, según un estudio de sostenibilidad realizado en 2004, 38% de los sistemas han colapsados y 20% están deterioro grave, 29% tienen deterioro leve y solamente 135 son considerados sostenibles.

Tomando en cuenta los bajos niveles de cobertura y más que todo una pobre calidad y eficiencia del servicio de agua potable en el Ecuador, y con mayor razón en la provincia de Orellana, el Gobierno Municipal de Francisco de Orellana se encuentra interesado en solucionar el déficit de agua potable que tiene la población urbana marginal de la provincia, por tal razón se ha previsto realizar un “Proyecto de Agua Potable a partir de Aguas Subterráneas” que son otro recurso que cuenta la Provincia, Proyecto Regional que solucionara el déficit en el Cantón Francisco de Orellana.

El presente proyecto surge como una respuesta a la falta creciente de agua apta para consumo humano, en el Cantón de la provincia.

## **JUSTIFICACIÓN**

La constante tendencia del aumento de población en el Cantón ha provocado el desabastecimiento en zonas urbanas marginales de la ciudad lo cual justifica la importancia del desarrollo de este tema de tesis que aprovecha el segundo recurso hídrico más importante en la provincia como es el agua subterránea.

No se han realizado investigaciones de esta índole, siendo este un importante estudio que ofrece un diseño del sistema de potabilización a partir de aguas subterráneas como la implementación de diferentes unidades de tratamiento como es: captación, aireación de bandejas, filtración y desinfección que aporten al mejoramiento además de preparar a la planta para el crecimiento de dicha población produciendo agua que cumpla con las normas de calidad INEN que son las que rigen en nuestro medio.

Tomando en cuenta estas consideraciones la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Francisco de Orellana apoya y facilita los estudios para el diseño del sistema de Potabilización de Agua.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- “Diseñar un sistema de potabilización a partir de aguas subterráneas para la planta Los Álamos de la ciudad Francisco de Orellana.”

### **ESPECÍFICOS**

- Realizar el diagnóstico de las aguas subterráneas en la captación.
- Identificar las variables de proceso para el diseño de potabilización.
- Establecer cuál será el proceso de tratamiento de las aguas subterráneas.
- Realizar cálculos de ingeniería para ajustar al proceso.

# **CAPÍTULO 1**

## **MARCO TEÓRICO**

# **1 MARCO TEÓRICO**

## **1.1.AGUA SUBTERRÁNEA**

El agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en cada momento en los continentes. Esta se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la tierra. El volumen del agua subterránea es mucho más importante que la masa de agua retenida en lagos o circulante, y aunque menor al de los mayores glaciares, las masas más extensas pueden alcanzar millones de km<sup>2</sup> (como el acuífero guaraní). El agua del subsuelo es un recurso importante y de este se abastece gran parte de la población mundial, pero de difícil gestión, por su sensibilidad a la contaminación y a la sobreexplotación.

Es una creencia común que el agua subterránea llena cavidades y circula por galerías. Sin embargo, no siempre es así, pues puede encontrarse ocupando los intersticios (poros y grietas) del suelo, del sustrato rocoso o del sedimento sin consolidar, los cuales la contienen como una esponja. La única excepción significativa, la ofrecen las rocas solubles como las calizas y los yesos, susceptibles de sufrir el proceso llamado karstificación, en el que el agua excava simas, cavernas y otras vías de circulación, modelo que más se ajusta a la creencia popular.

La hidrogeología estudia al agua subterránea, desde su origen, su movimiento, su distribución debajo de la superficie de la Tierra y su conservación. Por lo que se refiere a la presencia del agua en el subsuelo, se ha comprobado que la mayor parte del agua subterránea se debe a la infiltración de agua de lluvia, aunque también hay agua subterránea debida a otros fenómenos como el magmatismo y el volcanismo (aguas juveniles) y las que

resultan al quedar atrapadas en los intersticios de rocas sedimentarias en el momento en que se depositan éstas (aguas fósiles), pero su cantidad no es considerable en relación con las que provienen de la infiltración. Las aguas subterráneas tienen, por lo general, entre 25 y 10.000 años. Antes de alcanzar el acuífero, se han filtrado y han sido expuestas a tratamientos biológicos al atravesar las diversas capas del suelo. Las aguas subterráneas, por lo tanto, suelen tener una calidad muy alta y apenas requieren tratamiento o no lo requieren previamente a su consumo. (1)

### **1.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

#### **1.1.1.1. Calidad física:**

El agua subterránea es un agua clara, incolora, con poca o ninguna sustancia en suspensión y tiene una temperatura relativamente constante. Estas características se atribuyen a la filtración y percolación lenta a través de las capas geológicas que atraviesa.

- **Color:** el color puede ser producido por sustancias minerales, vegetales, metálicas o por sustancias orgánicas o inorgánicas, su efecto es psicológico ya que un color poco agradable a la vista se relaciona inmediatamente con aguas de mala calidad.
- **Turbidez:** se atribuyen a material en suspensión y en estado coloidal que impide la penetración de la luz, la turbidez puede ser ocasionada por microorganismos o por sustancias minerales que incluyen compuestos de zinc, hierro o manganeso.

- **Olores o sabores:** Los olores y sabores desagradables en el agua están asociados a microorganismos vivos, residuos vegetales, sustancias orgánicas y por sustancias minerales.

#### **1.1.1.2. Calidad química:**

La calidad química del agua subterránea se ve directamente afectada por el movimiento lento que esta tiene en el subsuelo; es así como mantiene un contacto directo y prolongado con los minerales, los cuales se van disolviendo en el agua.

- **Dureza:** Es producida principalmente por el calcio y el magnesio y en menor cantidad por sales de hierro y manganeso.
- **Sólidos totales disueltos:** Si contiene menos de 500 ppm de sólidos disueltos se puede emplear en uso domestico, aguas con más de 1000 ppm de sólidos disueltos poseen sabor desagradable y no se utiliza para uso domestico, su presencia se debe a minerales y metales pesados.
- **Hierro (Fe):** En realidad todos los suministros de agua contiene algo de hierro< pero 0.3 ppm es el límite máximo de hierro permisible en el agua que se va a consumir. El agua subterránea puede presentar concentraciones entre 1 y 5 ppm; después de airarlas se puede obtener concentraciones de 0.1 ppm. El problema de metales pesados disueltos en el agua como el hierro es sin duda el más grave, que se genera por el contacto directo del agua con minerales que se encuentran en el subsuelo.

Las aguas portadoras de hierro favorecen el crecimiento de bacterias ferrosas, las cuales se encuentran envueltas por un revestimiento de filamentos, que crecen adhiriéndose a las paredes del pozo, a la tubería y a la capa acuífera. Estas bacterias a medida que se producen, van formando una especie de jalea viscosa que puede llegar a obstruir la producción del pozo.

- **Manganeso (Mn):** Su comportamiento químico y su manifestación en el agua natural es similar a la del hierro. El manganeso de las rocas es menos abundante que el hierro, por eso, en las aguas subterráneas es menos común su presencia y sus concentraciones son menores a la del hierro. Las aguas que contienen manganeso se puede detectar por las manchas de color negro que al igual que el hierro dejan en la tubería y en la ropa.

#### **1.1.1.3. Calidad bacteriológica:**

Las aguas subterráneas están exentas de organismo pequeños (microbios) que transmiten o causan enfermedades. Sin embargo las capas acuíferas se ven afectadas por la contaminación de va desde la superficie cuando existen fisuras, fracturas y demás fenómenos geológicos que permiten la entrada de aguas provenientes de senderos, fosas sépticas, estiércol de establos, desperdicios agrícolas y aguas negras entre otras. El mayor peligro que puede sufrir el agua es la contaminación ya sea por excreción humana, animal o por aguas residuales. Los microorganismos patógenos provenientes de enfermedades gastrointestinales encuentran un perfecto canal de transmisión en el agua. (2)

## **1.1.2. FACTORES QUE CONDICIONAN LA PRESENCIA Y EL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA.**

La presencia y el movimiento del agua subterránea están condicionados por ciertos factores entre los que se cuentan como más importantes la precipitación, la forma del terreno, la geología y la presencia o ausencia de vegetación.

### **1.1.2.1.Precipitación.**

Es importante considerar a la precipitación, si se toma en cuenta que la mayor parte del agua del subsuelo proviene de la infiltración de la lluvia. Las zonas lluviosas constituyen, en mayor o menor grado, zonas de alimentación del agua subterránea, por lo que en las zonas secas el agua subterránea no proviene de la infiltración directa, procede de regiones lejanas o cercanas, en donde la lluvia se infiltra y llega lentamente hasta ellas. La precipitación es muy importante en dos aspectos, en su cantidad y en su dura.

### **1.1.2.2.Forma del terreno.**

Este aspecto interesa a la hidrología tanto superficial como subterránea, ya que el relieve da lugar a la formación de las cuencas hidrográficas, indicando así el camino que seguirá el agua al caer a la superficie. Por lo que se refiere a la hidrogeología, la forma del terreno es importante, porque el agua tendrá mayor o menor oportunidad de infiltrarse y, además, porque el agua infiltrada va a seguir una trayectoria determinada por dicho factor; así, en una región montañosa la pendiente del terreno por una parte, dará más facilidad al agua para escurrir que para infiltrarse y, por otra, el agua que llegue a la zona de saturación

tendrá un movimiento hacia las zonas más bajas en donde el movimiento del agua será más lento y facilitará su acumulación; o también, según la constitución del terreno, el agua puede salir en forma de manantiales en las laderas de las montañas.

### **1.1.2.3.Geología.**

El aspecto geológico desempeña un papel muy importante en la hidrogeología, ya que la velocidad de movimiento depende de la estructura y composición litológica de las formaciones, para que el agua pueda transitar por el subsuelo. Las diferentes formaciones poseen ciertas propiedades que son definitivas para poder constituir buenos acuíferos. Estas propiedades son la porosidad y la permeabilidad (o más estrictamente la conductividad hidráulica).

### **1.1.2.4.Vegetación.**

Es un factor que en partes topográficamente altas influye en la infiltración y, por lo tanto, contribuye a la recarga del agua subterránea. El suelo, hidrogeológicamente hablando, está estrechamente ligado con la cubierta vegetal. Las raíces de las plantas y los animales propios del suelo lo perforan haciéndolo más poroso y dándole así oportunidad al agua para pasar a través de él. La vegetación puede facilitar la infiltración aun en los suelos duros y arcillosos.

### **1.1.2.5.Movimiento o flujo del agua subterránea.**

Un sistema hidrológico en el que se considera que el agua subterránea fluye en forma horizontal, y en el cual normalmente la información hidrológica se utiliza para describir un

sistema estático en un medio geológico considerado equivalente a un medio granular con propiedades (porosidad y permeabilidad), cuyo valor es igual en todas direcciones; rara vez se presenta en el medio natural. (3)

### **1.1.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

El agua que se encuentra en la naturaleza contiene sales disueltas en proporción variable, puede también contener otras sustancias tales como materia en estado coloidal o disuelto, estas características le dan cierto aspecto de color, olor y turbiedad. No obstante, a pesar de lo anterior el agua contaminada se refiere básicamente cuando la composición natural es directa o indirectamente modificada por la actividad del hombre, en una medida en que su utilización se ve restringida para algunos usos para los que podría servir en su estado natural.

Las aguas subterráneas pueden verse seriamente afectadas a causa de la contaminación por diversas actividades del hombre; por ejemplo, los rellenos sanitarios producen lixiviados los cuales se infiltrarán en el terreno sino se han tomado las precauciones necesarias para evitar esta situación. Otra de las causas más comunes de contaminación de las aguas subterráneas es a través de los tanques sépticos, cuyos lixiviados se infiltran en el terreno provocando un aumento de nitratos, dado que los mismos no se degradan con el tiempo. También producto de derrames en estaciones de servicio se puede producir contaminación por hidrocarburos, así como la actividad de riego con pesticidas y fertilizantes representan un riesgo de contaminación de los acuíferos.

### **1.1.3.1.Principales agentes contaminantes.**

Se pueden establecer los siguientes grupos: Contaminantes químicos, contaminantes biológicos y contaminantes radioactivos. Los contaminantes químicos son muy variados y se pueden clasificar en iones normales, iones nitrogenados, materia orgánica, metales pesados y compuestos tóxicos.

El grupo genérico de iones normales comprende los iones cloruro, sulfato, bicarbonato, sodio, calcio, magnesio y los parámetros derivados: residuo seco y dureza. Un exceso general de sales en el agua de bebida, por encima de los 1500 mg/l prescritos en la RTS no suele acarrear graves consecuencias para un consumidor sano normal. No obstante, la presencia de ciertos iones a partir de determinadas concentraciones puede presentar inconvenientes de sabor con ciertos efectos fisiológicos y domésticos. Así, un exceso de cloruro, más de 300 mg/l, proporciona al agua sabor salado. El sulfato a elevada concentración da sabor amargo, al igual que el magnesio cuando aparece en concentraciones de varios centenares de mg/l.

Efectos laxantes suelen aparecer ligados a la asociación de sulfatos y magnesio o sodio en cantidades importantes. El principal efecto de la dureza en las aguas de uso doméstico es el incremento en el gasto de jabón, detergentes o productos de ablandamiento de las aguas para evitar incrustaciones, aparte de las dificultades en la cocción de verduras y otros alimentos. En cuanto a los iones nitrogenados, sobre todo se trata de los nitratos derivados de la utilización de fertilizantes. La presencia de nitritos y amonio puede indicar que proceden de la descomposición de la materia orgánica de algún vertido de residuos y que puede venir acompañada de organismos patógenos.

El principal problema que puede entrañar la contaminación microbiológica de las aguas subterráneas consiste en la posible propagación de enfermedades producidas por bacterias o virus que sean introducidas en el acuífero por los vertidos de productos fecales de origen humano o animal.

#### **1.1.3.2.Mecanismos de introducción y propagación de la contaminación en las aguas subterráneas.**

Los principales mecanismos de llegada de contaminantes son los de propagación a partir de la superficie, que incluyen los casos de arrastre de contaminantes desde la superficie del terreno por las aguas de infiltración (vertidos sobre el terreno, uso de fertilizantes, etc..) y los de infiltración de aguas superficiales contaminadas desde ríos, acequias, etc..., provocados por la acción humana; los de propagación desde la zona no saturada cuyos ejemplos más típicos son los derivados de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y de embalsamiento superficial de residuos líquidos de diversa procedencia y, finalmente, los de propagación originados en la zona saturada cuyos casos más típicos son los pozos de inyección y la progresión de la intrusión salina por alteración del régimen de flujo.

#### **1.1.3.3.Causas de contaminación.**

- por actividades urbanas
- por actividades agrícolas

- por actividades industriales
- por aguas salinas
- por actividades mineras
- por vertidos de origen urbano
- otros.

#### **1.1.3.4.Migración de contaminantes**

Es el conjunto de procesos de transporte, almacenamiento, intercambio y transformación (transferencia), que por causas físicas, químicas y biológicas afectan a los solutos en el suelo y las aguas subterráneas. El transporte de solutos o de contaminantes en medios porosos, saturados, homogéneos e isótropos está regido por una ecuación de conservación de masa, que tiene en consideración que el flujo está afectado por los siguientes mecanismos:

1. Movimiento convectivo (desplazamiento medio)
2. Dispersión aparente (difusión molecular y dispersión mecánica)
3. Reacciones geoquímicas (cambio iónico, adsorción,...)
4. Procesos bioquímicos, radiológicos (degradación biológica, decrecimiento radioactivo).

### 1.1.3.5. Transferencia de masas

Durante el transporte de las sustancias disueltas, potencialmente contaminantes, a lo largo del flujo subterráneo, éstas están sometidas a una serie de procesos que tienden a atenuar sus efectos (autodepuración del agua subterránea). Estos procesos de atenuación pueden ser de distinta naturaleza, actuar de manera preferente en una u otra parte del acuífero y ser de eficacia selectiva en relación con determinado tipo de contaminante. Los principales procesos que pueden tener lugar son:

#### 1.1.3.5.1. Procesos físicos

- ✚ **Dispersión.** Provoca la dilución de contaminantes. La capacidad de dispersión de un medio depende de su grado de heterogeneidad, velocidad del agua subterránea. En general, es inversamente proporcional a la porosidad.
- ✚ **Filtración.** Elimina virtualmente todos los sólidos en suspensión. No es efectiva frente a la mayoría de las especies químicas inorgánicas. Muy efectiva en medios arcillosos.
- ✚ **Circulación de gases.** Favorece la descomposición de sustancias orgánicas. La limitación de esta circulación puede provocar condiciones anaerobias. Volatilización y fuga en estado de gas pueden afectar a nitratos y sulfatos.

#### 1.1.3.5.2. Procesos geoquímicos

- ✚ **Formación de complejos y fuerza iónica.** Los complejos y pares iónicos se forman en su mayoría por combinación de iones polivalentes. La fuerza iónica es una

medida del total de iones disueltos. tanto una como otra hacen aumentar la cantidad de especies disueltas que estarían limitadas por oxidación, precipitación o adsorción.

✚ **Neutralización - reacciones ácido-base.** La mayoría de los constituyentes de las aguas subterráneas son más soluble y, por tanto, más móviles cuando el pH es bajo. En la mayoría de los casos este efecto no es importante si el pH de efluentes etc., oscila entre 6 y 9, pero es muy importante cuando se trata de residuos muy ácidos o muy básicos.

✚ **Oxidación - reducción.** Muchos elementos pueden presentar varios estados de oxidación estando su movilidad estrechamente ligada a dicho estado. En suelos no saturados y zonas de recarga de acuíferos suelen predominar condiciones oxidantes o parcialmente reductoras, mientras que en la zona saturada suelen predominar las reductoras, especialmente si existe materia orgánica.

✚ **Precipitación - disolución.** Teóricamente casi cualquier constituyente que se encuentre en solución puede precipitar. El calcio, magnesio, bicarbonatos y sulfatos, especialmente, pueden estar sometidos a estos procesos. Constituyentes traza como arsénico, boro, cadmio, cianuro, hierro, plomo, mercurio, presentan una notable capacidad de precipitación en ciertas condiciones.

✚ **Adsorción - desorción.** El proceso de intercambio iónico puede provocar la retención de cationes y aniones en la superficie de las arcillas. La cantidad de cationes metálicos adsorbidos aumenta con el pH. Los elementos adsorbidos pueden volver a la solución (desorción) cuando un agua con menor concentración de estos elementos entra en contacto con el material adsorbente. Este proceso es

probablemente uno de los más efectivos en la atenuación de la contaminación. Con excepción de los cloruros y, en menor proporción, nitratos y sulfatos, la mayoría de los contaminantes, en condiciones favorables, pueden ser adsorbidos y así, eliminados del agua subterránea.

#### **1.1.3.5.3. Procesos bioquímicos**

✚ **Degradación biológica y asimilación.** Muchas sustancias orgánicas pueden ser extraídas del agua por actividad biológica: sulfatos, nitratos, arsénico y mercurio pueden ser fijados biológicamente. El molibdeno es fuertemente asimilado y fijado por las plantas.

✚ **Síntesis celular.** El nitrógeno, carbono, azufre y fósforo, así como otras constituyentes trazas son necesarios para el crecimiento de los organismos y pueden, por consiguiente, ser retirados en su movimiento desde los emplazamientos de residuos.(4)

### **1.1.4. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA.**

#### **1.1.4.1. Aireación.**

En la aireación debe ponerse en contacto el agua cruda con el aire, con el propósito de modificar la concentración de sustancias volátiles contenidas en ella, la aireación se recomienda en los siguientes casos:

- ✓ Transferir oxígeno al agua y aumentar con ello el oxígeno disuelto.
- ✓ Disminuir la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- ✓ Remover el metano (CH<sub>4</sub>).
- ✓ Oxidar hierro (Fe) y manganeso (Mn).
- ✓ Remover compuestos orgánicos volátiles (COV).

#### **1.1.4.2.Filtración.**

Una de las primeras técnicas aplicadas para la depuración de las aguas fue la de filtros lentos de arena. Por medio de su utilización, fue posible eliminar impurezas existentes y reducir drásticamente la cantidad de personas padeciendo enfermedades como el cólera.

Este principio para el tratamiento de aguas ha sido adaptado para dar soluciones a pequeña escala, y de uso unifamiliar. De esta forma, aquellas aguas que tengan un aspecto turbio, podrán ser pasadas por materiales filtrantes y lograr mediante ese proceso mejores condiciones. En estos filtros, se desarrollan bacterias colaboradoras útiles para la eliminación de parásitos causantes de enfermedades que podrían tener las aguas turbias a filtrar.

#### **1.1.4.3.Desinfección.**

Sustancia química que es ampliamente usada para la desinfección del agua, por ejemplo en piscinas y en plantas de potabilización de agua. Es especialmente usual porque tiene un estable poder de secado y puede ser fabricado en pastillas. El cloro resulta un desinfectante bastante eficaz y económico para el tratamiento y potabilización de aguas, ya sea aportado

en forma gas disolviéndolo en el agua o bien aportándolo como hipoclorito sódico e hipoclorito cálcico. (5)

### **1.1.5. ACUÍFERO.**

Un acuífero es aquel estrato o formación geológica permeable que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus poros o grietas. Dentro de estas formaciones podemos encontrarnos con materiales muy variados como gravas de río, limo, calizas muy agrietadas, areniscas porosas poco cementadas, arenas de playa, algunas formaciones volcánicas, depósitos de dunas e incluso ciertos tipos de arcilla. El nivel superior del agua subterránea se denomina tabla de agua, y en el caso de un acuífero libre, corresponde al nivel freático (6).

#### **1.1.5.1. Tipos de acuíferos.**

Los tipos de acuíferos se clasifican en los siguientes:

**1.1.5.1.1. Acuífero libre:** Es aquel acuífero que se encuentra en directo contacto con la zona subsaturada del suelo. En este acuífero la presión de agua en la zona superior es igual a la presión atmosférica, aumentando en profundidad a medida que aumenta el espesor saturado.

**1.1.5.1.2. Acuífero confinado:** Es aquel acuífero que se encuentra cubierto por algún nivel relativamente impermeable o un acuitardo. En estos acuíferos la presión del agua es mayor que la presión atmosférica, y cuando son perforados por un pozo, el nivel de agua en este asciende por sobre el nivel

del acuífero. En los casos en que el nivel del agua asciende por sobre el nivel del suelo el pozo se denomina pozo artesiano .

**1.1.5.1.3. Acuífero semiconfinado:** es aquel que está limitado por estratos menos permeables que él, pero que pueden recibir o ceder cantidades significativas de agua.(7)

#### **1.1.5.2.Nivel freático.**

El nivel freático corresponde (en un acuífero libre) al lugar en el que se encuentra el agua subterránea. En éste nivel la presión de agua del acuífero es igual a la presión atmosférica. Al perforar un pozo de captación de agua subterránea en un acuífero libre, el nivel freático es la distancia a la que se encuentra el agua de la superficie del terreno. En el caso de un acuífero confinado, el nivel de agua que se observa en el pozo, corresponde al nivel piezométrico. (8)

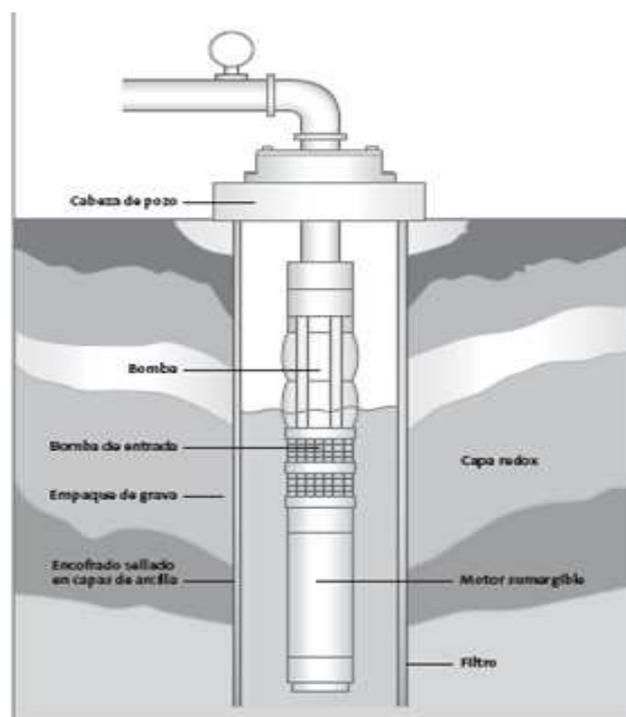
#### **1.1.6. POZOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.**

Lo ideal es que los sistemas de riego y de suministro de agua que suministren a un máximo de 500.000 consumidores e industrias adyacentes se abastezcan mediante aguas subterráneas. Los acuíferos libres de polución superiores a 600 km<sup>2</sup> son habituales. Entre 75 y 150 tomas de pozos repartidas por los diferentes acuíferos proporcionarán las fuentes de agua más seguras, fiables y respetuosas con el medioambiente.

En las plantas de tratamiento y depuración de aguas que abastezcan a más de 1 millón de consumidores, deberían considerarse fuentes adicionales tales como filtraciones de cauces fluviales, embalses fluviales o la desalinización. Al realizar extracciones de agua potable,

cada pozo se extenderá hacia aguas subterráneas más antiguas alcanzando profundidades libres de contaminación. Los pozos de riego pueden usar agua del acuífero superior (el acuífero secundario) con una calidad de agua ligeramente contaminada. El nivel de agua subterránea variará a lo largo de las estaciones, pero se respetará cada año, puesto que la cantidad máxima extraíble es similar a la generada anualmente. Si los niveles de agua subterránea se reducen constantemente, es de esperar que se produzca un desastre en el suministro de agua con un incremento en la salinidad y otras sustancias no deseadas.

**Fig. 1.** Pozo de agua con bomba sumergible.



**FUENTE:** [http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/\\_assets/downloads/bge/engineering-manual\\_bge.pdf](http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/_assets/downloads/bge/engineering-manual_bge.pdf)

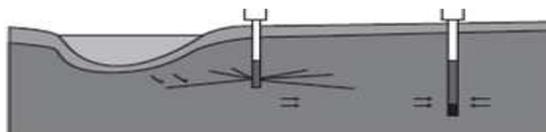
### 1.1.6.1. Pozos de filtración de cauces fluviales

En los pozos de filtración de cauces fluviales, los pozos están situados próximos a un río. Mediante este método, el agua del río se filtra a través del suelo. Este proceso supone una contribución natural a las plantas de entrada directas que requieren un incremento de capacidad.

El agua prefiltrada y fácil de limpiar requiere un menor tratamiento final y extrae agua del acuífero cuando el nivel del río es bajo. Tras cada periodo húmedo con niveles fluviales altos, el barro/estiércol/sedimentos del lecho del río son arrastrados corriente abajo y sustituidos parcialmente por sedimentos nuevos. Este proceso natural proporciona condiciones perfectas para una reducción del 90% de las encimas, virus, bacterias, patógenos, etc. humanos.

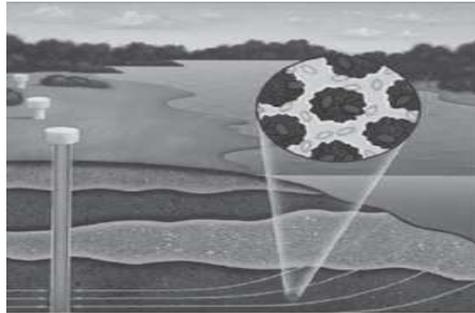
Los periodos húmedos con niveles de agua fluvial altos también rellenan los acuíferos cercanos al río con agua, en ellos ésta se almacena y está lista para abastecer los pozos del margen fluvial cuando el nivel del río desciende durante la estación seca. El almacenamiento de agua fluvial en acuíferos causa una menor sobrecarga hídrica en el río durante las temporadas secas.

**Fig. 2.** Instalaciones de pozos en lechos fluviales.



**FUENTE:** [http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/\\_assets/downloads/bge/engineering-manual\\_bge.pdf](http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/_assets/downloads/bge/engineering-manual_bge.pdf)

**Fig. 3.** Filtraciones desde el lecho fluvial.



**FUENTE:** [http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/\\_assets/downloads/bge/engineering-manual\\_bge.pdf](http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/_assets/downloads/bge/engineering-manual_bge.pdf)

#### **1.1.6.2. Rendimiento de los pozos y eficacia operativa**

Cada pozo tiene una capacidad específica, que consiste en los  $\text{m}^3/\text{h}$  por cada metro de descenso del nivel de agua bombeada. En función de su necesidad de agua bruta, podrá explotar cada pozo con el fin de obtener el menor descenso medio del nivel de agua que sea posible.

Cuanto menor sea el descenso del nivel, menor será la pérdida de carga total. Cuanto menor sea la caída de tensión en los cables eléctricos, mejor será el rendimiento de funcionamiento.

- Un bombeo excesivo tendrá como resultado un descenso importante del nivel de agua, lo que provocará la oxidación y la formación de ocre que puede obturar el filtro del pozo y la bomba, lo que supone un incremento en los costes de mantenimiento para la regeneración del pozo y posiblemente una reducción en la vida útil de éste.

- Un bombeo excesivo significa un descenso en el nivel de agua del acuífero, lo que puede provocar cambios químicos y la precipitación de metales pesados. Puede producirse una infiltración de nitrato y pesticidas en el agua, con el resultado del incremento de los costes para el tratamiento del agua.

Las causas más habituales del bombeo excesivo de pozos y acuíferos es el incremento en el consumo de agua, satisfecho mediante una mayor capacidad de bombeo o tiempos de funcionamiento prolongados de las bombas de aguas subterráneas sin que se produzca un incremento del área de captación ni del número de pozos.

#### **1.1.6.2.1. Carga acuífera**

Al bombear a una capacidad constante durante muchas horas, el nivel dinámico de agua en el pozo debería mantenerse relativamente constante. Si el nivel desciende considerablemente significa que la cantidad de agua bombeada supera el caudal de entrada. Si el nivel desciende año tras año, la cantidad de agua bombeada debería reducirse y utilizarse agua de otros acuíferos.

#### **1.1.6.2.2. Carga del pozo.**

Durante el bombeo de prueba, el volumen de agua bombeada se incrementa a intervalos fijos lo que, como resultado, reducirá el nivel dinámico de agua. Si se dibuja el descenso del nivel de agua en función del incremento en el bombeo, el resultado será una parábola aproximada.

### **1.1.6.2.3. Descenso lineal del nivel con flujos moderados.**

Con flujos moderados, el descenso lineal significa que, por lo general, un incremento del volumen de agua de  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  tendrá como resultado un incremento casi lineal en el descenso del nivel de agua de  $10 \text{ cm}/\text{m}^3$ .

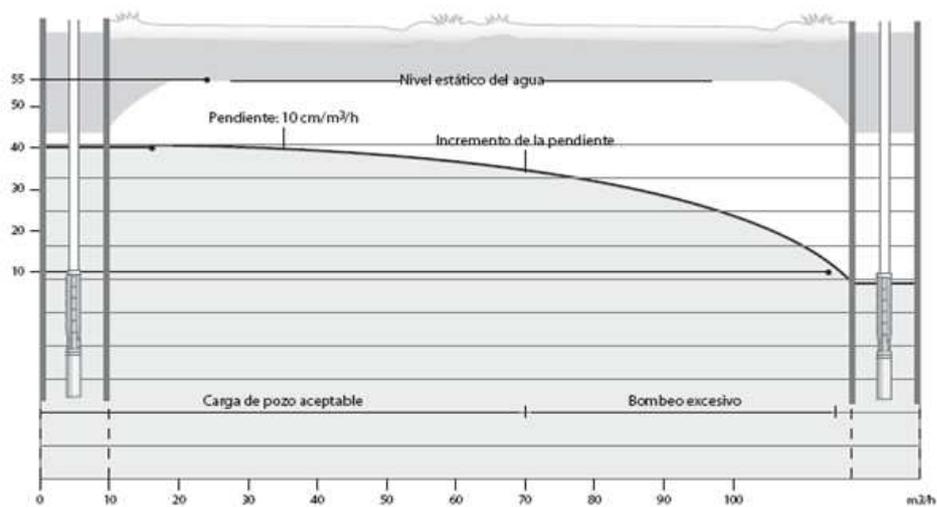
Por lo tanto, un incremento de  $10$  a  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  provocará un descenso del nivel de agua de aproximadamente  $1\text{m}$ . Un incremento de  $10$  a  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  supondrá un descenso del nivel de agua de aproximadamente  $2 \text{ m}$ . Con caudales moderados, la curva de descenso del nivel será más lineal puesto que el incremento en el descenso se debe a la resistencia del caudal en la configuración del filtro.

### **1.1.6.2.4. Descenso parabólico con grandes caudales**

Con caudales cada vez mayores, una resistencia de rozamiento continuamente creciente en la configuración de la pantalla y del acuífero generará una curva parabólica de descenso de nivel de segundo grado. Es decir, se producirá un descenso progresivo del nivel de agua en el pozo como resultado del incremento en el bombeo.

Un incremento de  $80$  a  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  supondrá un descenso adicional del nivel de aproximadamente  $5\text{m}$ , y de  $11 \text{ m}$  de  $80$  a  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  aproximadamente, es decir, mucho más que en el caso de caudales moderados. La carga de pozo más económica tiene lugar con un caudal en el que la curva de descenso del nivel de agua pasa de lineal a progresiva.

**Fig. 4.** Variaciones en el nivel dinámico del agua mediante bombes de prueba.



FUENTE: [http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/\\_assets/downloads/bge/engineering-manual\\_bge.pdf](http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/_assets/downloads/bge/engineering-manual_bge.pdf)

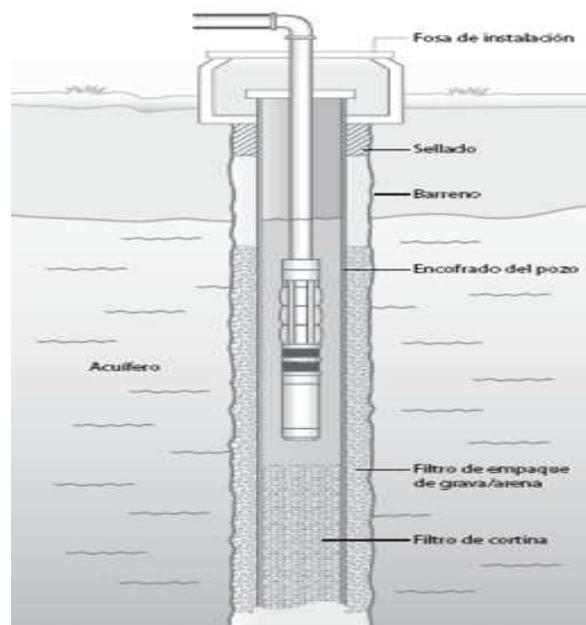
### 1.1.7. POZOS Y SUS CONDICIONES

Un pozo es un agujero que va desde la superficie de la tierra hasta el acuífero subterráneo, en el que se encuentra el agua subterránea. La profundidad del pozo puede variar desde unos cuantos metros hasta varios cientos de metros. Los pozos se excavan, generalmente, utilizando equipamiento de perforación especializado capaz de penetrar en las diversas capas del suelo, tales como arena, arcilla, lechos de roca, etc.

En el interior del agujero perforado se instala normalmente un encofrado (tubería) que evita que el pozo se derrumbe alrededor de la bomba. Debajo del encofrado y alineado con el acuífero, se encuentra otro “encofrado” con ranuras finas. Éste es el filtro del pozo, cuyas ranuras permiten que el agua se introduzca en el pozo y evitan la entrada de arena y partículas más grandes. Para mejorar la función de filtrado, el barrenado generalmente tiene

un diámetro aproximadamente entre 5 y 7,5 centímetros más grande que el encofrado. Se coloca un filtro de empaque de grava o arena fina entre el encofrado y el acuífero.

**Fig. 5.** componentes típicos de un pozo de agua subterránea.



**FUENTE:** [http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/\\_assets/downloads/bge/engineering-manual\\_bge.pdf\(9\)](http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/_assets/downloads/bge/engineering-manual_bge.pdf(9))

## 1.1.8. NOCIONES DE GEOHIDROLOGÍA

### 1.1.8.1. Porosidad (N)

Es un indicador del volumen de vacíos de una roca. Se define como:

$$n = \frac{V_v}{V_T} * 100$$

Siendo:

$N$  = porosidad

$V_v$  = volumen de vacios

$V_T$  = volumen total de la roca

### **1.1.8.2.Rendimiento específico**

Es el porcentaje de agua que está libre para drenar el acuífero bajo la influencia de la gravedad. El rendimiento específico no es igual a la porosidad debida que las fuerzas de tensión superficial y molecular en los espacios abiertos mantienen algo de agua disponible para el desarrollo.

### **1.1.8.3.Coeficiente de almacenamiento**

En un acuífero confinado  $S$ , es la cantidad de agua liberada por una columna de área horizontal unitaria y de altura igual al espesor saturado del acuífero, cuando la superficie piezometrica desciende una unidad. Los valores de  $S$  varían de  $1 \times 10^{-5}$  a  $1 \times 10^{-2}$  (a dimensional).

### **1.1.8.4.Gradientes hidráulico.**

Es la pendiente de la superficie piezometrica, la diferencia en elevación de un punto a otro a lo largo del gradiente hidráulico es una medida de presión. Esta diferencia de elevación se la denomina como carga.

#### **1.1.8.5. Permeabilidad (P)**

Es una medida de la facilidad de movimiento del agua subterránea a través de una roca. Esta propiedad depende de la porosidad y principalmente, de la interconexión de los intersticios, sus dimensiones son  $(LT^{-1})$ .

#### **1.1.8.6. Transmisibilidad (T)**

Es la capacidad de un acuífero para transmitir el agua a través de todo su espesor y es igual al producto del coeficiente de permeabilidad por el espesor saturado del acuífero. (10)

$$T = Pb (L^2T^{-1})$$

### **1.1.9. NOCIONES HIDROGEOLÓGICAS.**

#### **1.1.9.1. Caudal.**

El caudal o gasto volumétrico es la cantidad de un líquido que pasa por unidad de tiempo a través de una sección de control. Es un parámetro que se encuentra presente en cualquier problema asociado con el intercambio de líquidos entre dos o más recipientes.

#### **1.1.9.2. Presión.**

Es el parámetro que relaciona a una fuerza por unidad de área sobre la cual actúa. Generalmente, para el tipo de problemas asociados a saneamiento, la presión que se utiliza esta medida respecto de la presión atmosférica, por lo que es la llamada presión relativa. A

diferencia de la presión absoluta que tiene su punto de referencia en el vacío absoluto. Sabemos que un líquido en reposo o circulando a cielo abierto sometido a la presión atmosférica tiene una presión relativa igual a cero. Pero si medimos la presión absoluta esta sería de 1,02 bar ó bien  $1,033 \text{ kg/cm}^2$  (absolutos).

#### **1.1.9.3. Altura manométrica de una bomba.**

Relacionada con el concepto de altura de columna de líquido, expresa la energía de presión que una bomba debe aportar para elevar un líquido hasta alcanzar el nivel deseado. Su origen está relacionado con la ecuación de Bernoulli que expresa el principio de conservación de la energía para todo fluido que circula en un conducto cerrado. El término altura manométrica representa en esa ecuación la cantidad de energía que es necesario aportar a un kilogramo de líquido para que se cumpla el principio de igualdad energética cuando la energía entre dos puntos de control tomados arbitrariamente (a un lado y a otro de la bomba) no es la misma.

#### **1.1.9.4. Altura de columna de líquido.**

Este parámetro que se encuentra directamente relacionado a la presión, nos dice cual sería la altura que alcanzaría una columna de líquido alojada dentro de un tubo vertical conectado a un conducto o recipiente presurizado. Al estar bajo presión, parte del líquido contenido en él sube por el tubo hasta ocupar una posición fija, en tanto no varía la presión. La altura de la columna de líquido es directamente proporcional a la presión dentro del recipiente e inversamente proporcional al peso específico.

#### **1.1.9.5.Línea piezométrica.**

Es la línea que conecta los puntos a los que el líquido puede subir en distintos lugares a lo largo de la tubería o conducción, si se insertasen tubos piezométricos. Es una medida de la altura de carga hidrostática disponible en distintos puntos; en el caso de agua que fluye por un canal, contrariamente a lo que ocurre con el flujo en una conducción bajo carga, la línea piezométrica se corresponde con el perfil de la superficie del agua.

#### **1.1.9.6.Línea de energía.**

La energía total del flujo en cualquier sección respecto a una de referencia dada es la suma de la altura de elevación "z", la altura de carga correspondiente a la altura de presión dinámica " $V^2/2g$ ". Generalmente a la pérdida de carga entre dos secciones se denomina hl.

#### **1.1.9.7.Energía específica.**

La energía específica o altura de carga es la suma de la altura piezométrica y la altura de presión dinámica " $V^2/2g$ ", medida respecto del fondo del canal. Este concepto de energía específica se usa en análisis de flujos en canales.

#### **1.1.9.8.Flujo permanente.**

Un movimiento es permanente, cuando las partículas que se suceden en un mismo punto presentan, en este punto, la misma velocidad, poseen la misma densidad y están sujetas a la

misma presión. Ósea, el flujo permanente tiene lugar cuando el caudal en cualquier sección transversal es constante.

#### **1.1.9.9. Flujo uniforme y no uniforme.**

Existe flujo uniforme cuando el calado, área de sección transversal y otros elementos del flujo son constantes de sección a sección.-El flujo es no uniforme cuando la pendiente, el área de sección transversal y la velocidad, cambian de una sección a otra.

#### **1.1.9.10. Flujo variado.**

El flujo de un canal se considera variado si el calado cambia a lo largo del canal.

#### **1.1.9.11. Nivel estático.**

Es el nivel de agua presente en la formación acuífera antes de comenzar el bombeo. Este nivel se ve afectado por efectos meteorológicos (precipitación, infiltración) estacionales o por cargas adicionales (edificaciones), o por la descarga producida por pozos cercanos.

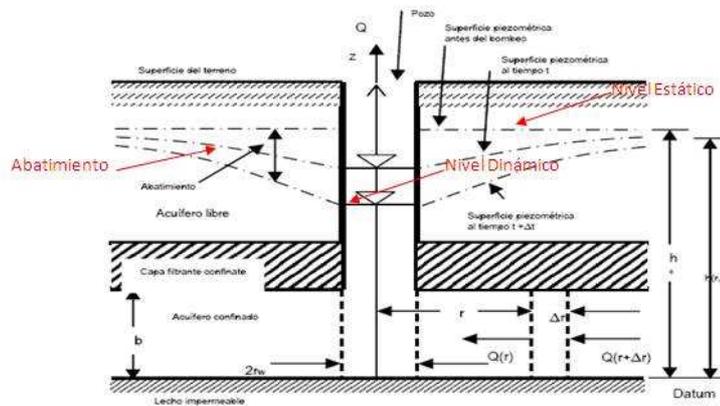
#### **1.1.9.12. Nivel dinámico.**

También llamada nivel de bombeo, porque es producido cuando comienza la descarga del acuífero por el pozo. Este nivel depende del caudal de bombeo, del tiempo de bombeo y de las características hidrogeológicas del acuífero. También se debe tener en cuenta la técnica desarrollada en el diseño de pozo.

### 1.1.9.13. Abatimiento.

Bajo condiciones de extracción o inyección de un pozo, la carga hidráulica inicial en cualquier punto del acuífero cambia. En condiciones de extracción de un pozo, la distancia vertical entre la carga hidráulica inicial en un punto en el acuífero y la posición baja de la carga hidráulica para el mismo punto es llamado abatimiento. Para un acuífero libre el nivel del agua en el nivel freático está determinado por la distancia  $s(x,y,z,t)$ , la cual es el abatimiento. Para el caso del acuífero confinado, el abatimiento es definido con respecto a la superficie piezométrica. Este descenso de niveles, define la curva de abatimiento, por o tanto es claro que el abatimiento presente su menor valor en lejanías del pozo y el mayor valor en el pozo. La dimensión del abatimiento es la longitud [l]. El abatimiento es generalmente expresado en metros de agua.

**Fig. 6.** Esquema representativo del bombeo de un pozo.

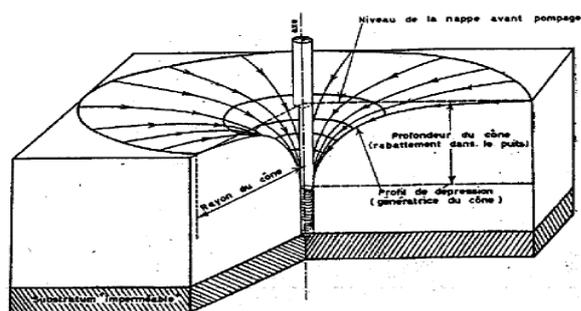


Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_subterr%C3%A1nea](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_subterr%C3%A1nea)

#### 1.1.9.14. Conos de depresión (conos de descenso)

Forma tomada por el agua subterránea por su comportamiento cuando se bombea en un sondeo vertical. Al momento que empezamos a bombear en un acuífero libre cuya superficie freática inicial si fuese horizontal. El agua comienza a fluir radialmente hacia el sondeo, y, transcurrido un tiempo, la superficie freática habría adquirido la forma de un cono (figura siguiente), denominada cono de descensos. Esto puede apreciarse realmente si en los alrededores del sondeo que bombea existen otros sondeos para observación de los niveles.

**Fig. 7.** Esquema de un cono de descenso alrededor de un sondeo bombeando.



**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_subterr%C3%A1nea\(11\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_subterr%C3%A1nea(11))

**CAPÍTULO II**

**PARTE**

**EXPERIMENTAL**

## **CAPÍTULO II**

### **2. PARTE EXPERIMENTAL.**

#### **2.1.MUESTREO**

Se lo realiza de la siguiente manera:

1. Se realiza una planificación del recorrido tomando en cuenta el acceso y la factibilidad de la toma de muestra. Debido al uso que tendrá el agua de nuestro análisis será necesario tomar muestras cada dos semanas por lo menos 1 vez, 2 por mes en un periodo de 2 meses para que de esta manera realizar un control adecuado de la eficiencia de cada proceso de potabilización y calidad del agua de la fuente.
2. Llevamos la ropa adecuada y los materiales necesarios para la toma de muestras del agua.
3. Una vez en el lugar, las muestras serán recogidas en envases de plásticos, debidamente esterilizados y con tapa rosca etiquetado y de fácil manejo.
4. Al recoger la muestra se lo hace en los dos puntos de recolección como son el pozo 1 y pozo 2 de agua subterránea de manera que sea lo más homogénea posible, con el objeto de tener datos lo más exacto posible y tratando de tener en cuenta el estado del tiempo.
5. Las muestras de agua lo almacenamos en un compartimiento ambientado a una temperatura ambiental constante para preservar las características de la muestra.
6. En el laboratorio realizamos análisis físico-químicos y bacteriológicos priorizados para su caracterización.

### **2.1.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación para el desarrollo del diseño de un sistema de potabilización a partir de aguas subterráneas se lo realiza en la planta de tratamiento de agua potable “LOS ÁLAMOS” de la ciudad de Francisco de Orellana, provincia Orellana, lugar donde se encuentran ubicados los dos pozos de agua subterránea.

### **2.2.METODOLOGÍA**

- **Metodología de trabajo**

Se recogió dos muestras por mes a lo largo de 2 meses a las muestras se les dio el código P1 y P2. Las muestras fueron trasladadas el mismo día en un lapso de 12 horas con los respectivos cuidados y requerimientos que se necesita para trasladar con el fin de no alterar sus parámetros las cuales fueron llevadas al laboratorio de ANÁLISIS TÉCNICOS y laboratorio de ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS ubicado en la Facultad de Ciencias en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para su debido análisis.

- **Tratamientos de muestras**

A las muestras recolectadas se realizaron las siguientes caracterizaciones físico-químico que está dada por 17 parámetros: pH, temperatura, turbiedad, conductividad, alcalinidad, dureza, calcio, magnesio, cloruros, sulfatos, amonios, bicarbonatos, sólidos totales, sólidos disueltos, hierro, nitritos, nitratos. Además se realizo la caracterización microbiológica que está dada por dos parámetros: Coliformes totales, Coliformes fecales. Para el diseño de un

sistema de potabilización se tomo en cuenta otros parámetros de suma importancia para la realización de esta tesis, estos parámetros son el caudal y la temperatura.

## 2.2.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS

### 2.2.2.1.Métodos

Los análisis se realizaran mediante espectrofotometría de UV visible, para metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica; para acidez, cloruros, calcio, alcalinidad, dureza por volumetría; para sulfatos, fosfatos, nitritos, nitratos, hierro, por espectrofotometría de UV visible; para turbiedad por nefelometría; para olor umbral del olor. Los métodos que se utilizaran están adaptados al manual “Standard Methods for the Eximination of Water and Wastewater” (Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potables y Residuales).

**TABLA 2.2.2.1-1**

Descripción del método de análisis.

| DETERMINACION           | MÉTODO         | DESCRIPCION  |
|-------------------------|----------------|--|
| RECOLECCIÓN DE MUESTRAS |                | Recoger muestras de agua en los lugares previamente determinados (pozos subterráneos), en un volumen aproximado a 1000 ml. |
| TURBIEDAD               | Nefelométrico  | Utilizar el Turbidímetro para el análisis  |
| COLOR                   | Comparativo    | Observación a través del comparador de color   |
| pH                      | Electrométrico | En este ensayo se hace uso del electrodo de cristal.   |

|               |                     |   |
|---------------|---------------------|---|
| ALCALINIDAD   | Volumétrico         | 25 ml de muestra + 2 gotas de Fenolftaleína (rosado) titular con $H_2SO_4$ hasta incoloro (pH=6,1) + 3 gotas de naranja de metilo titular con $H_2SO_4$ de naranja rosado (pH=8).         |
| DUREZA        | Volumétrico         | 25 ml de muestra + 1 ml de KCN + 2 ml de buffer pH 10 + indicador Negro de Eriocromo T (Eriochromschwarz) Titular con EDTA (0,02M) de rojo azul.  |
| CONDUCTIVIDAD | Electrométrico      | Tomar el dato luego de la lectura con el conductímetro.   |
| CLORUROS      | Volumétrico         | 25 ml de muestra + 4 gotas de $K_2CrO_7$ Titular con $AgNO_3$ (0,01N) de amarillo/ladrillo.   |
| CALCIO        | Volumétrico         | 25 ml de muestra + 1 ml de KCN + 1 ml de NaOH (1N) + indicador Murexida, Titular con EDTA (0,02N) de rosado/lila.   |
| AMONIOS       | Espectrofotométrico | En un balón de 50 ml, colocamos 25 ml de muestra + 1 ml de NaK tartrato + 2 ml de sol. Nessler (color amarillo), se afora con la muestra, medir en e fotómetro a 425 nm.                  |
| FOSFATOS      | Espectrofotométrico | En un balón de 100 ml, colocamos 50 ml de muestra + 4 amonio molibdato + 0,5 de cloruro estañoso (glicerina), cambia a color azul, aforar con la muestra, medir en el fotómetro a 650 nm. |
| SULFATOS      | Espectrofotométrico | En un balón de 100 ml, colocamos una porción de muestra + 2 ml de solución acondicionadora + 1g de $BaCl_2$   |

|                 |                     |   |
|-----------------|---------------------|---|
|                 |                     | aproximadamente, aforar con la muestra, medir en el fotómetro a 410 nm.   |
| HIERRO          | Espectrofotométrico | En un erlenmeyer de 125 ml colocamos 50 ml de muestra + 1 ml de cloruro de hidroxil-amina + ml de Acido clorhídrico concentrado y someter a reducción hasta un volumen de 15 a 20 ml aproximadamente y dejar enfriar.<br>Una vez frio añadir 8 ml de buffer pH 5.5 + 2 ml de solución fenantrolina y agregar 50 ml de la misma muestra, dejar descansar por 15 minutos, medir en el fotómetro a 510 nm. |
| NITRITOS        | Espectrofotométrico | En un balón de 50 ml, colocar 25 ml de muestra + 2 ml de solución A + 2 ml de reactivo B, aforar con la misma muestra, dejar reposar durante 30 minutos, medir en el fotómetro a 520 nm.  |
| SÓLIDOS TOTALES | Gravimétrico        | Pesar una caja petri, colocar 25 ml de muestra en la caja, someter a baño María hasta sequedad, introducirla en la estufa, colocarla en el desecador por aproximadamente 15 minutos y pesarla.  |
| CONTAMINACIÓN   | Sembrado            | Luego de esterilizar el equipo microbiológico de filtración por membranas, se siembra y se toma la lectura a las 24 horas, se realiza el conteo de las colonias si las hubiere.   |
|                 |                     | Se recolecto una cantidad del líquido y a la  |

|         |          |   |
|---------|----------|---|
| CAUDAL  | Practico | vez se midió el tiempo en el cual se capto la muestra. Dividir el volumen para el tiempo. |
| PRESIÓN | Practico | Se toma el dato registrado por el manómetro.  |

**Fuente:** Técnicas de laboratorio de análisis técnicos.

## **2.2.2.2. Técnicas**

### **2.2.2.2.1. Potencial de Hidrogeno (pH)**

- Es un parámetro que nos indica la alcalinidad o acidez del agua, en una escala de 1 a 14, para lo cual se utiliza las soluciones buffer pH 4, pH 7 y pH 10 acompañado con el pHmetro, Colocar el electrodo dentro del vaso. Leer directamente el valor en el equipo.

### **2.2.2.2.2. Conductividad**

- Es la capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica depende de la presencia de los iones y concentración total para esto se utiliza el equipo llamado conductímetro, Colocamos la muestra problema en un vaso de precipitación y vertimos en el recipiente que trae el conductímetro es de lectura directa.

### **2.2.2.2.3. Turbidez**

- Mide la intensidad del color del agua que se obtiene en la captación del agua cruda además identifica todas las impurezas que se encuentran en el agua de origen orgánico e inorgánico, se utiliza el equipo turbidímetro y un reactivo llamado agua problema es de lectura rápida.

#### **2.2.2.2.4. Alcalinidad total**

- La alcalinidad del agua es la capacidad para neutralizar los ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables, el valor medido puede variar significativamente con el pH, el procedimiento que se sigue es el siguiente: 25 ml de muestra + 2 gotas de fenolftaleína (rosado) titular con  $H_2SO_4$  hasta incoloro (pH = 6.1) + 3 gotas de Naranja de Metilo titular con  $H_2SO_4$  de naranja / rosado (pH = 8).

#### **2.2.2.2.5. Dureza**

Tomar 25 ml de muestra

Añadir 1 ml de KCN.

Añadir 2 ml de buffer pH 10.

Añadir indicador Negro de EriocromoT.

Titular con EDTA (0,02M) de rojo/ azul

#### **2.2.2.2.6. Color**

- El color causado por la presencia de sólidos suspendidos.

Tomar la muestra en un vaso de precipitación y colocar en la celda.

Colocar la rueda colorimétrica de aguas crudas y leer comparativamente.

Anotar la lectura directamente, material coloidal y sustancias en solución los reactivos utilizados son Colorímetro HACH y vaso de precipitado de 250 ml.

#### **2.2.2.2.7. Sólidos totales disueltos**

- Los sólidos totales es la cantidad de materia disuelta en un volumen de agua.

Pesar una caja petri.

Colocar 25 ml de muestra en la caja petri.

Someter a baño maría hasta sequedad.

Introducirla en la estufa.

Colocarla en el desecador.

Pesar.

#### **2.2.2.2.8. Hierro**

- En un Erlenmeyer de 125 ml colocamos 50 ml de muestra + 1 ml de Cloruro de hidroxil-amina + 2 ml de Acido clorhídrico concentrado y somete a reducción con ayuda del reverbero hasta que quede un volumen de 15 a 20 ml aproximadamente y dejar enfriar. Una vez frío añadir 8 ml de buffer pH 5.5 + 2 ml de solución fenantrolina y agregar 50 ml de la misma muestra, dejar descansar por 15 minutos, medir en el fotómetro a 510 nm.

#### **2.2.2.2.9. Cloruros**

- El cloruro en la forma de iones  $\text{Cl}^-$  es uno de los principales aniones presentes en el lodo. Tomar 25 ml de la muestra en un Erlenmeyer.

Agregar unas gotas de indicador de dicromato de potasio, el cual nos dará una coloración amarilla.

Titular con  $\text{AgNO}_3$  (0.01N) de amarillo / ladrillo.

#### **2.2.2.2.10. Nitritos y Nitratos**

Colocar 10 ml de muestra de agua cruda con el reactivo NitriVer en la celda del HACH.

Colocar la celda en el HACH 2004.

Leer el valor directamente.

#### **2.2.2.2.11. Calcio.**

Colocar 25 ml de muestra.

Añadir 1 ml de KCN.

Añadir 1 ml de NaOH (1N).

Añadir 1g de indicador Murexida.

Titular con EDTA (0,02M).

#### **2.2.2.2.12. Sulfatos**

Colocar una porción de muestra en un balón de 100 ml.

Añadir 2 ml de solución acondicionadora.

Añadir 1g de  $\text{BaCl}_2$ .

Aforar con la muestra.

Medir en el fotómetro a 410 nm.

### **2.2.2.2.13. Amonios**

- En un balón de 50 ml, colocamos 25 ml de muestra + 1 ml de NaK tartrato + 2 ml de sol. Nessler (color amarillo), se afora con la muestra, medir en el fotómetro a 425 nm.

## **2.3. DATOS EXPERIMENTALES**

### **2.3.1. DIAGNÓSTICO.**

La planta de Agua potable “LOS ÁLAMOS”, de la ciudad de Francisco de Orellana se abastece actualmente del agua proveniente del río “COCA” ubicado cerca del sector, lo que se potabiliza en esta planta tiene un excelente tratamiento por lo cual se encuentran en óptimas condiciones para su consumo. Además se realizó el estado actual del agua proveniente de los pozos subterráneos se realizó el análisis físico-químico y microbiológico, para realizar su respectivo diseño de potabilización.

#### **2.3.1.1. Determinación del estado actual de los acuíferos (pozos de agua subterránea)**

Los acuíferos están ubicados en el sector LOS ÁLAMOS dentro del área que comprende la planta de tratamiento a una distancia aproximada de unos 100 metros del río del cual el agua es captada para la debida potabilización.

La ubicación del sitio para la construcción del pozo, se lo realizó entre los sondajes N°-1 y N°-2, esto es en el interior de la planta de tratamiento, sector donde se halla conformados por depósitos aluviales Para la construcción del pozo exploratorio se utilizó un equipo a

rotación directa, se inicio con una broca de  $\theta 6''$  el cual alcanzo 40 metros de profundidad, por lo que se procedió a la toma del registro eléctrico del pozo, con la finalidad de definir su revestimiento de su análisis se desprende rimar hasta los 36 m de profundidad con broca de  $12''$  .Y posteriormente con broca de  $\theta 16''$ .Durante este proceso se utilizo bentonita para impedir derrumbes en el proceso de su construcción.

### **2.3.2. DATOS.**

#### **2.3.2.1.Caracterización del Agua Subterránea.**

Las muestras de agua fueron tomadas en la fuente misma de extracción como son los dos pozos de agua. Los análisis de caudal, temperatura se realizaron en el sitio donde se encuentran ubicados los acuíferos y los demás parámetros en el Laboratorio de Análisis Técnicos y Análisis Microbiológicos de la Facultad de Ciencias en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <sup>1</sup>

Al analizar los datos se trabajo con el promedio de todas las muestras tratadas, es decir 2 muestras tomadas por mes, es decir 4 muestras durante dos meses de trabajo de campo, da como resultado 8 muestras por los dos pozos de agua subterráneas.

---

<sup>1</sup> Valores obtenidos en el Laboratorio de Análisis Técnico y Microbiológico de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

## 2.4. DATOS ADICIONALES

### 2.4.1. TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGUA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LOS 2 POZOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.

TABLA N° 2.4.1-1

Datos promedio de caracterización físico-química del pozo 1.

| PARÁMETROS        | UNIDAD | A <sub>1</sub><br>21/07/2010 | A <sub>2</sub><br>02/09/2010 | A <sub>3</sub><br>15/09/2010 | PROMEDIO |
|-------------------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------|
| pH                | Unit   | 7.07                         | 7.35                         | 7.06                         | 7.16     |
| Conductividad     | mS     | 214.0                        | 190.0                        | 184.0                        | 196.0    |
| Turbiedad         | UNT    | 10.4                         | 2.0                          | 6.4                          | 6.26     |
| Cloruros          | mg/l   | 34.0                         | 26.9                         | 28.4                         | 29.76    |
| Dureza            | mg/l   | 152.0                        | 120.0                        | 112.0                        | 124.6    |
| Calcio            | mg/l   | 22.4                         | 24.0                         | 25.6                         | 24       |
| Magnesio          | mg/l   | 23.3                         | 14.6                         | 11.7                         | 16.53    |
| Alcalinidad       | mg/l   | 150.0                        | 220.0                        | 260.0                        | 210      |
| Bicarbonatos      | mg/l   | 153.0                        | 224.4                        | 265.2                        | 214.2    |
| Sulfatos          | mg/l   | 8.6                          | 8.5                          | 7.4                          | 8.16     |
| Amonios           | mg/l   | 0.019                        | 0.012                        | 0.015                        | 0.015    |
| Nitritos          | mg/l   | 0.004                        | 0.002                        | 0.002                        | 0.0026   |
| Nitratos          | mg/l   | 1.834                        | 1.498                        | 2.380                        | 1.904    |
| Hierro            | mg/l   | 0.419                        | 0.070                        | 0.710                        | 0.399    |
| Fosfatos          | mg/l   | 0.131                        | 0.095                        | 0.107                        | 0.111    |
| Sólidos Totales   | mg/l   | 284.0                        | 172.0                        | 156.0                        | 204.0    |
| Sólidos Disueltos | mg/l   | 132.7                        | 117.8                        | 113.8                        | 121.43   |

Fuente: Datos obtenidos en el Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias.

**TABLA N° 2.4.1-2**

Análisis promedio de caracterización físico-química del pozo 2.

| <b>PARÁMETRO S</b>       | <b>UNIDA D</b> | <b>A<sub>1</sub><br/>21/07/201<br/>0</b> | <b>A<sub>2</sub><br/>02/09/201<br/>0</b> | <b>A<sub>3</sub><br/>15/09/201<br/>0</b> | <b>PROMEDI O</b> |
|--------------------------|----------------|--|--|--|------------------|
| <b>pH</b>                | <b>Unit</b>    | 7.62                                     | 7.33                                     | 6.97                                     | 7.30             |
| <b>Conductividad</b>     | <b>mS</b>      | 182                                      | 189                                      | 201                                      | 196.66           |
| <b>Turbiedad</b>         | <b>UNT</b>     | 2.6                                      | 1.4                                      | 13.2                                     | 5.73             |
| <b>Cloruros</b>          | <b>mg/l</b>    | 26.9                                     | 15.6                                     | 26.9                                     | 23.13            |
| <b>Dureza</b>            | <b>mg/l</b>    | 120.0                                    | 136.0                                    | 136.0                                    | 130.66           |
| <b>Calcio</b>            | <b>mg/l</b>    | 25.6                                     | 24.0                                     | 28.8                                     | 26.13            |
| <b>Magnesio</b>          | <b>mg/l</b>    | 13.6                                     | 18.5                                     | 15.6                                     | 15.9             |
| <b>Alcalinidad</b>       | <b>mg/l</b>    | 120.0                                    | 210.0                                    | 300.0                                    | 210              |
| <b>Bicarbonatos</b>      | <b>mg/l</b>    | 122.4                                    | 214.2                                    | 306.0                                    | 214.2            |
| <b>Sulfatos</b>          | <b>mg/l</b>    | 10.6                                     | 9.8                                      | 6.9                                      | 9.1              |
| <b>Amonios</b>           | <b>mg/l</b>    | 0.018                                    | 0.011                                    | 0.060                                    | 0.029            |
| <b>Nitritos</b>          | <b>mg/l</b>    | 0.007                                    | 0.001                                    | 0.004                                    | 0.004            |
| <b>Nitratos</b>          | <b>mg/l</b>    | 0.294                                    | 1.470                                    | 1.078                                    | 0.94             |
| <b>Hierro</b>            | <b>mg/l</b>    | 0.653                                    | 0.090                                    | 0.637                                    | 0.46             |
| <b>Fosfatos</b>          | <b>mg/l</b>    | 0.327                                    | 0.213                                    | 0.269                                    | 0.269            |
| <b>Sólidos Totales</b>   | <b>mg/l</b>    | 168.0                                    | 156.0                                    | 268.0                                    | 197.33           |
| <b>Sólidos Disueltos</b> | <b>mg/l</b>    | 113.0                                    | 117.1                                    | 124.6                                    | 118.23           |

**Fuente:** Datos obtenidos en el Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias

## ➤ APENDICE B

### CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

#### 2.4.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

##### 2.4.2.1. Fundamento del Método MF

El método MF se basa en hacer pasar la muestra de agua problema a través de un filtro de membrana microporosa, en cuya superficie quedan retenidos los microorganismos.

Habitualmente se utiliza membranas Milipore tipo HA, que tiene un tamaño de poro de 0,45  $\mu\text{m}$  ya que la mayoría de los microorganismos a analizar tienen un diámetro superior a 0,45  $\mu\text{m}$ .

Las membranas Milipore tipo HA coincide con las especificaciones de la Legislación española con las normas ISO citadas en la directiva europea 98/83/CE y las normas de los EEUU.

Bastaría incubar la membrana sobre un medio de cultivo adecuado, a la temperatura y durante el tiempo necesario, para posteriormente contar directamente las colonias sobre la superficie de las membranas.

Para asegurar la fiabilidad y la reproducibilidad de los resultados, Milipore dispone de un programa de control de calidad que le permite certificar sus membranas de microbiología de acuerdo con los "STANDARD METHODS" y las Normas EPA.

#### **2.4.2.2. Técnicas de análisis y recomendaciones generales de calidad del agua. Guía general de recuentos sobre microorganismos sobre medio de cultivo**

Algunos aspectos básicos y técnicas relacionadas con la filtración de membrana son:

##### **a. Diluyente.**

Pueden usarse: agua peptona, solución salina peptonada, solución Ringer, tampón fosfato, agua destilada, siempre distribuido en recipientes limpios y estériles.

##### **b. Preparación y esterilización de los equipos de filtración.**

Los equipos y materiales no suministrados estériles deben ser esterilizados mediante:

- ✓ Calor seco a 160 °C +/- 2°C mediante una hora.
- ✓ Calor húmedo en autoclave a 121 °C +/- 1°C durante 20 min.

##### **c. Preparación de muestras.**

#### **PRECAUCIONES:**

- ✓ Neutralizar cualquier agente desinfectante residual. Para aguas cloradas se utiliza 0,1ml de una solución estéril de Tiosulfato sódico al 1,8% por cada 100ml de muestra.
- ✓ La muestra debe ser añadida en cada toma de muestra antes de ser esterilizadas.
- ✓ La muestra debe ser procesada de inmediata o antes de que transcurra 6 horas desde su recogida.

#### **d. Procedimientos.**

La filtración por membrana es el método oficial de la Directiva de aguas de consumo humano.

##### **2.4.2.3. Filtración por membrana.**

Para algunos microorganismos puede ser necesaria la filtración por 0,22 micras de tamaño de poro. Puede ser necesario diluir la muestra original para obtener recuentos no superiores a 100-150 ufc sobre una membrana de 47mm de diámetro.

###### **2.4.2.3.1. Filtración.**

Con la válvula de vacío cerrada, dispersar la muestra en el embudo:

- ✓ El volumen total, nunca menor de 20 ml.
- ✓ Si el volumen es menor de 20 ml, añadir el volumen necesario de diluyente hasta alcanzarlo, medido con una pipeta estéril y homogenizado con la misma pipeta.
- ✓ Abrir la válvula, aplicando un vacío de aprox. 525 mm de Hg.

###### **2.4.2.3.2. Transferencia de la membrana.**

Después de quitar el embudo, se debe transferir la membrana con unas pinzas estériles a un medio de cultivo, procurando que no queden burbujas de aire atrapadas entre la membrana y el medio:

- ✓ Bien un agar semi-sólido.

- ✓ Bien un cartón absorbente embebido en el medio.

Para diferentes volúmenes de la misma muestra, el embudo puede reutilizarse sin necesidad de volver a esterilizar. Para filtrar otra muestra se debe utilizar otro sistema de filtración estéril.

Durante la filtración de diferentes muestras el soporte del aparato no necesita estar esterilizado, excepto cuando se contamina o la membrana se daña. La filtración de muestras desconocidas contaminadas no debe ser alterada con otras de agua tratada. Como alternativa, puede usarse un sistema de filtración para aguas cloradas y otro diferente para aguas contaminadas.

#### **2.4.2.3.3. Incubación.**

Las placas sembradas deben incubarse invertidas. Las placas con las membranas y el cartón absorbente deben incubarse en un contenedor de cierre hermético para evitar la desecación del medio de cultivo. Con las placas Petri de Milipore no es necesario, ya que son de cierre hermético.

#### **2.4.2.3.4. Selección del volumen a filtrar; dilución de las muestras.**

El volumen de muestras a filtrar es generalmente de 100 ml, excepto para aguas envasadas, en las que se recomienda analizar muestras de 250 ml. Sin embargo en aguas superficiales y en general en aguas sin tratar, el número de bacterias en 100 ml puede variar desde pocas decenas hasta cientos de millares. En este último de los casos, deben emplearse volúmenes

de muestra más pequeños. La siguiente tabla nos proporciona unos datos que pueden servir de orientación en el caso de que no tengamos historial de una muestra.

**TABLA 2.4.3.4-1**

Volúmenes de muestra orientativos.

| VOLÚMENES DE MUESTRA ORIENTATIVOS |   |  |
|-----------------------------------|---|--|
| Tipos de Agua                     | Coliformes Totales                          | Coliformes fecales                         |
| Potable consumo publico           | 100 ml                                      | 100 ml                                     |
| Natural envasada                  | 250 ml                                      | 250 ml                                     |
| Manantiales                       | 15;60;100 ml                                | 30;100 ml                                  |
| Lagos depósitos                   | 4;15;60;100 ml                              | 10 ; 30 ; 100 ml                           |
| Acometidas                        | 0,08 ; 0,15 ; 0,5 ; 1,4 ml                  | 0,1 ; 0,3 ; 1,3 ; 10 ml                    |
| De playa                          | 0,08 ; 0,15 ; 0,5 ; 1,4 ml                  | 0,1 ; 0,3 ; 1,3 ; 10 ml                    |
| De ríos                           | 0,003 ; 0,01 ; 0,02 ; 0,08 ml               | 0,1 ; 0,03 ; 0,1 ;0,3 ; 1 ml               |
| Residuales cloradas               | 0,003 ; 0,01 ; 0,02 ; 0,08 ml               | 0,1 ; 0,03 ; 0,1 ;0,3 ; 1 ml               |
| Residuales sin tratar             | 0,0001 ; 0,0003 ; 0,001 ;<br>0,003 ;0,01 ml | 0,0003 ; 0,001 ; 0,003 ; 0,01<br>; 0,03 ml |

**Fuente:** <http://www.manual milipore.com>

Las muestras comprendidas entre 30 ml y 250 ml se añaden directamente al embudo de filtración. Para muestras entre 1 a 30 ml, se añade primero al embudo 20-30 ml de solución tamponada estéril y, encima de ella, se vierte la muestra inferior a filtrar. Para todas las muestras menores a 1 ml, es preciso realizar previamente diluciones con solución tamponada estéril. Es conveniente, en los análisis de muestras que contengan microorganismos, usar como guía los siguientes números máximos y mínimos de colonias por cada membrana, adecuando en consecuencia el volumen de muestra:

**TABLA 2.4.3.4-2**

Número máximos y mínimos de colonias por membrana.

| MICROORGANISMO        | COLONIAS/MEMBRANA |
|-----------------------|-------------------|
| Bacterias Totales     | Entre 20 y 200    |
| Coliformes Totales    | Entre 20 y 80     |
| Coliformes Fecales    | Entre 20 y 60     |
| Estreptococos Fecales | Entre 10 y 20     |

**Fuente:** <http://www.manual.milipore.com>

#### **2.4.2.4.Preparación de las placas de Petri**

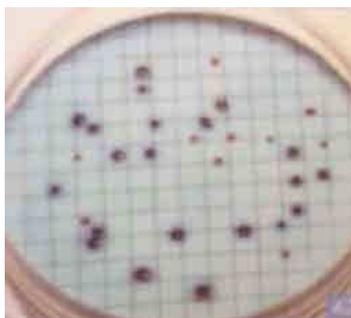
El análisis se inicia preparando el número de placas de Petri con medio de cultivo.

1. Abra la placa PetriPad Milipore con la ayuda de unas piezas.
2. Abra una ampolla de 2 ml del medio adecuado y viértalo sobre el cartón absorbente, distribuyéndole por toda la superficie. Cierre la placa de Petri y márkelo adecuadamente para su posterior identificación.
3. Prepare el sistema de filtración.
4. Tenga las pinzas sumergidas en alcohol y flamee sus bordes antes de manejar la membrana. Coloque una membrana S-Pak (estéril), centrada y con la cuadrícula hacia arriba, sobre la base del porta filtros.
5. Agite la muestra en su propio recipiente y añádala al porta filtros. Vierta siempre un volumen conocido de muestra, con la mayor precisión posible.
6. Conecte al vacío y filtre la muestra.

7. Lave las paredes del embudo con 30 ml de solución tamponada estéril y deje filtrar esta solución.
8. Desconecte el vacío y retire el embudo. Tome la membrana con las pinzas flameadas, y colóquela con la cuadrícula hacia arriba en la placa de Petri, preparada en el punto 1. Cierre la placa Petri.
9. Invierta la caja Petri (para evitar que el vapor condensado caiga sobre la superficie de la membrana) e incúbela durante el tiempo y a la temperatura adecuada.
10. Extraiga la placa Petri de la estufa incubadora y cuente las colonias que presenten el aspecto característico de cada tipo de microorganismo. Puede utilizar una lupa de mano con iluminación incandescente, o una lupa estereoscópica, con fuente de luz fluorescente sobre el filtro. Exprese siempre los resultados en número de colonias por cada 100ml de muestra original.
11. Esterilice o desinfecte de nuevo las portas filtros antes de colocar una nueva membrana y filtrar la siguiente muestra.

#### 2.4.2.5. Detección y recuento de e-coli y bacterias coliformes.

**Fig.8** Método de filtración por membranas.



**Fuente:** <http://www.manual milipore.com>

El medio ColiBlue 24, permite la retención simultanea en 24 H de Escherichia coli y bacterias coliformes; método aceptado y recomendado por la EPA. El medio de cultivo m-Colibblue 24 permite la detección simultanea de Escherichia coli y coliformes totales. Este caldo contiene un indicador de alta sensibilidad a E-coli (1 ufc/100 ml.), evitando la necesidad de posteriores pasos confirmación. Se pueden identificar al menos un 95% de todas las colonias de E- Coli en 24 H. Además contiene inhibidores de crecimiento para bacterias no coliformes. Incubación de 24 +/- 4 H a 35°C +/- 0.5°C.

El aspecto de las colonias viene determinado por una combinación de indicadores, E-Coli forma colonias de color azul y para el recuento de colonias totales hay que sumar las colonias azules mas las colonias rojas.

### 2.4.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

**TABLA 2.4.3-1**

Datos promedio de los análisis microbiológicos del primer pozo de agua subterránea.

| PARÁMETROS         | UNIDADES   | A <sub>1</sub>  | A <sub>2</sub>  | A <sub>3</sub>    | PROMEDIO          |
|--------------------|------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
|                    |            | 21/07/2010      | 02/09/2010      | 15/09/2010        |                   |
| COLIFORMES FECALES | UFC/100 ml | $6 \times 10^2$ | $3 \times 10^3$ | $1,8 \times 10^3$ | $1,8 \times 10^3$ |
| COLIFORMES TOTALES | UFC/100 ml | $1 \times 10^4$ | $1 \times 10^4$ | $1 \times 10^4$   | $1 \times 10^4$   |

**Fuente:** Datos obtenidos en el Laboratorio de Microbiología.

**TABLA 2.4.3-2**

Datos promedio de los análisis microbiológicos del segundo pozo de agua subterránea.

| PARÁMETROS         | UNIDADES   | A <sub>1</sub>  | A <sub>2</sub>  | A <sub>3</sub>    | PROMEDIO          |
|--------------------|------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
|                    |            | 21/07/2010      | 02/09/2010      | 15/09/2010        |                   |
| COLIFORMES FECALES | UFC/100 ml | $5 \times 10^2$ | $1 \times 10^2$ | $3 \times 10^2$   | $3 \times 10^2$   |
| COLIFORMES TOTALES | UFC/100 ml | $5 \times 10^3$ | $4 \times 10^3$ | $4,5 \times 10^3$ | $4,5 \times 10^3$ |

**Fuente:** Datos obtenidos en el Laboratorio de Microbiología.

# **CAPÍTULO III**

## **DISEÑO.**

### **3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.**

#### **INFORMACIÓN GENERAL DEL POZO N- 1.**

##### **➤ Situación geográfica.**

La investigación se realizó en la planta de tratamiento de agua potable que sirve a la ciudad del Coca, la misma que se localiza al nor este de la ciudad y en la margen derecha del río Coca, sus coordenadas geográficas 00°26' 48" Latitud sur y 76°59' 22" Longitud occidental. Su relieve se caracteriza por ser irregular sub horizontal y ubicado muy cerca a las orillas del río Coca, pertenece al gran sistema hidrográfico de toda la región que se suman a estos los ríos de gran magnitud Napo y Paya minó. El clima en la zona se manifiesta como tropical lluvioso, su temperatura promedio de 28°C, con una vegetación de selva pluvial Meso térmica. De acuerdo al balance hídrico mantiene una precipitación de 2500 mm, la humedad atmosférica es de 89%.

##### **➤ Perforación del pozo**

La ubicación del sitio para la construcción del pozo, se lo realizó entre los sondeos N°-1 y N°-2, esto es en el interior de la planta de tratamiento, sector donde se halla conformados por depósitos aluviales. Para la construcción del pozo exploratorio se utilizó un equipo a rotación directa, se inició con una broca de  $\theta$  6" el cual alcanzó 40m de profundidad, por lo que se procedió a la toma del registro eléctrico del pozo, con la finalidad de definir su revestimiento de su análisis se desprende rimar hasta los 36 m de profundidad con broca de 12" .Y posteriormente con broca de  $\theta$  16".Durante este proceso se utilizó bentonita para impedir derrumbes en el proceso de su construcción.

### ➡ Descripción litológica

En el transcurso de la perforación del pozo se recolectaron muestras del subsuelo con intervalos de un metro, con el propósito de elaborar el perfil litológico.

### ➡ Perfil litológico del pozo

Desde:

**TABLA 3.1.**

Perfil litológico del pozo.

|                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| 00.00 a 04.0 m  | Suelo, arenoso- arcilloso    |
| 04.00 a 09.00 m | Arenas finas                 |
| 09.00 a 18.00 m | Arenas de grano fino a medio |
| 18.00 a 25.00 m | Graves, arenas finas         |
| 25.00 a 28.00 m | Arcillas % bajo de limos     |
| 28.00 a 33.00 m | Arenas arcillosas            |
| 33.00 a 40.00 m | Arcillas plásticas           |

**Fuente:** Información detallada por el Informe Técnico de Perforación de los pozos N° por el Ing. Ernesto F. Beltrán C.

### ➡ Registro eléctrico.

Una vez que el pozo exploratorio llegó a la profundidad recomendada, se procedió a correr el registro eléctrico, el mismo que consiste en la toma de varios perfiles; el potencial espontáneo (SP) y de resistividades Normal Corta y Normal Larga (N-16'' – N-64''), de los distintos extractos atravesados durante la perforación, perfiles que son atrasados en función

de la profundidad. Esta tarea se la efectuó, con la finalidad de diferenciar los depósitos asentados en dicha localidad y diseñar lo más óptimo del pozo.

### ➡ **Diseño del pozo.**

El diseño se establece de acuerdo a lo recomendado y descrito en el informe técnico del registro eléctrico, en el cual se define el horizonte de interés a ser captado, cuyo revestimiento de la tubería PVC a presión y su ranurado será de acuerdo al siguiente detalle.

**TABLA 3.2.**

Diseño del pozo.

| <b>PROFUNDIDAD</b> | <b>DESCRIPCION</b>                      |
|--------------------|---|
| 00.60 a 10.00 m    | Tubería de PVC $\theta$ 10"             |
| 10.00 a 26.00 m    | Tubería de PVC ranurada en $\theta$ 10" |
| 26.00 a 36.00 m    | Tubería de PVC $\theta$ 10" (ancla)     |

**Fuente:** Información detallada por el Informe Técnico de Perforación de los pozos N° por el Ing. Ernesto F. Beltrán C.

### ➡ **Instalación del filtro de grava**

Después de instalar la tubería, se introdujo en el espacio anular entre la pared del pozo y la tubería el empaque de grava seleccionada y homogénea, especial de aristas redondeadas de 2 a 4 mm de diámetro, su objetivo principal es crear un filtro artificial a fin de estabilizar las paredes del pozo y evitar que las partículas finas ingresen al interior del mismo.

### ➡ **Labores de limpieza**

Esta fase tiene que ver con la limpieza del pozo y su desarrollo para desalojar los lodos de perforación, hasta que quede listo para ser operado y consta de dos partes. La primera, inyectando agua limpia a presión dirigida hacia los filtros, la segunda fase, con aire comprimido para remover el todo el material fino que se encuentra tras las rejillas de la formación acuífera, trabajos que tuvieron duración suficiente hasta conseguir que el agua salga completamente limpia y libre de impurezas.

### ➡ **Ensayo por bombeo.**

Con el propósito de determinar los parámetros hidráulicos del pozo profundo construido y establecer la real producción a obtenerse del mismo se llevo a cabo un ensayo por bombeo, cuyas características son las siguientes.

**TABLA 3.3.**  
Ensayo por bombeo

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| Fecha de ensayo             | 27 – 03 – 2010            |
| Duración                    | 600 minutos               |
| Nivel estático              | 4.10 m                    |
| Caudal de bombeo            | 4.0 l/s                   |
| Nivel de bombeo             | 4.89 m                    |
| Abatimiento del ensayo      | 0.79 m                    |
| Transmisibilidad ( bombeo ) | 526.7 m <sup>2</sup> /día |

**Fuente:** Información detallada por el Informe Técnico de Perforación de los pozos N° por el Ing. Ernesto F. Beltrán C.

➡ **Cálculos de producción - Capacidad específica.**

**TABLA 3.4.**  
Capacidad específica

|   |            |
|---|------------|
| Caudal de bombeo                        | 4.0 l/s    |
| Nivel estático                          | 4.10 m     |
| Abatimiento disponible                  | 5.90 m     |
| Capacidad específica                    | 5.10 l/s/m |
| Caudal máximo de explotación            | 30.1 l     |
| Caudal recomendado                      | 25.0 l     |
| Abatimiento para caudal recomendado     | 4.90 m     |
| Nivel de bombeo para caudal recomendado | 9.00 m     |

**Fuente:** Información detallada por el Informe Técnico de Perforación de los pozos N° por el Ing. Ernesto F. Beltrán C.

➡ **Tabla de agua**

**TABLA 3.5.**  
Tabla de agua.

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| Tipo de acuífero                  | Libre    |
| Nivel estático                    | 4.10 l/s |
| Caudal de bombeo                  | 4.0 l/s  |
| Abatimiento para 48 h.            | 0.79 m   |
| Espesor saturado del acuífero     | 15.9 m   |
| Abatimiento disponible            | 10.6 m   |
| Caudal máximo de explotación 100% | 35.6 l/s |

**Fuente:** Información detallada por el Informe Técnico de Perforación de los pozos N° por el Ing. Ernesto F. Beltrán C.

## **INFORMACION GENERAL DEL POZO N-2.**

Con los resultados adquiridos del primer pozo y en vista que se requiere alcanzar mayor caudal y abastecer a la planta de tratamiento los ÁLAMOS se realiza la investigación general del pozo N-2.

### **➤ Perforación del pozo**

La ubicación del sitio para la construcción del pozo, se lo realizo muy cerca al sondaje N-1, su distancia es aproximadamente de 33m., sus coordenadas geográficas son 00° 24' 4" Latitud sur y 76° 59' 21" Longitud occidental. En idéntica forma que la construcción del pozo anterior se inicio con el equipo a rotación directa, arrancando con una broca de  $\theta$  6" el cual alcanzo 37 m. de profundidad.

### **➤ Descripción Litológica**

En el transcurso de la perforación del pozo se recolectaron muestras del subsuelo con un intervalo de 1 m. con el propósito de laborar un perfil litológico, a continuación se detalla:

### **➤ Perfil Litológico del pozo**

Desde:

**TABLA 3.6.**

Perfil litológico del pozo.

|                  |                              |
|------------------|------------------------------|
| 00.00 a 03.00 m. | Suelo, arenoso-arcilloso     |
| 03.00 a 06.00 m. | Arenas finas                 |
| 06.00 a 18.00 m. | Arenas de grano fino a medio |
| 18.00 a 26.00 m. | Gravas, arenas finas         |

|                  |                                   |
|------------------|-----------------------------------|
| 26.00 a 29.00 m. | Arenas arcillosas % bajo de limos |
| 29.00 a 31.00 m. | Arcillas % bajo de arenas finas   |
| 31.00 a 37.00 m. | Arcillas plásticas                |

**Fuente:** Información detallada por el Informe Técnico de Perforación de los pozos N° por el Ing. Ernesto F. Beltrán C.

### ➡ Registro eléctrico

Una vez que el pozo exploratorio llegó a la profundidad recomendada, se procedió a correr el registro eléctrico, el mismo que consiste en la toma de varios perfiles; el potencial espontáneo (SP) y de resistividades Normal Corta y Normal Larga (N-16"- N-64").

### ➡ Diseño del pozo

El diseño se establece de acuerdo a lo recomendado y descrito en el informe técnico del registro eléctrico, en el cual se define el horizonte de interés a ser captado, cuyo revestimiento de la tubería de PVC a presión y su ranurado será de acuerdo al siguiente detalle:

**TABLA 3.7.**

Diseño del pozo.

| <b>PROFUNDIDAD</b> | <b>DESCRIPCION DEL DISEÑO</b>           |
|--------------------|---|
| 00.60 a 12.00 m.   | Tubería de PVC $\theta$ 10"             |
| 12.00 a 26.00 m.   | Tubería de PVC ranurada en $\theta$ 10" |
| 26.00 a 36.00 m.   | Tubería de PVC $\theta$ 10" (ancla)     |

**Fuente:** Información detallada por el Informe Técnico de Perforación de los pozos N° por el Ing. Ernesto F. Beltrán C.

### ➡ **Instalación del filtro de grava**

Después de instalar la tubería, se introdujo en el espacio anular entre la pared del pozo y la tubería el empaque de grava seleccionada y homogénea, especial de aristas redondeadas de 2 a 4 mm de diámetro, su objetivo principal es crear un filtro artificial a fin de estabilizar las paredes del pozo y evitar que las partículas finas ingresen al interior del mismo.

### ➡ **Labores de limpieza y desarrollo**

Esta fase tiene que ver con la limpieza del pozo y su desarrollo para desalojar los lodos de perforación, hasta que quede listo para ser operado y consta de dos partes. La primera, inyectando agua limpia a presión dirigida hacia los filtros, la segunda fase, con aire comprimido para remover el todo el material fino que se encuentra tras las rejillas de la formación acuífera, trabajos que tuvieron duración suficiente hasta conseguir que el agua salga completamente limpia y libre de impurezas.

### ➡ **Ensayo por bombeo.**

Con el propósito de determinar los parámetros hidráulicos del pozo profundo construido y establecer la real producción a obtenerse del mismo se llevo a cabo un ensayo por bombeo, cuyas características son las siguientes.

**TABLA 3.8.**

Ensayo por bombeo.

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| Fecha de ensayo             | 27 – 03 – 2010            |
| Duración                    | 600 minutos               |
| Nivel estático              | 4.32 m                    |
| Caudal de bombeo            | 4.0 l/s                   |
| Nivel de bombeo             | 5.23 m                    |
| Abatimiento del ensayo      | 0.91 m                    |
| Transmisibilidad ( bombeo ) | 395.0 m <sup>2</sup> /día |

**Fuente:** Información detallada por el Informe Técnico de Perforación de los pozos N° por el Ing. Ernesto F. Beltrán C.

➡ **Cálculos de producción - Capacidad específica.**

**TABLA 3.9.**

Capacidad específica.

|   |            |
|---|------------|
| Caudal de bombeo                        | 4.0 l/s    |
| Nivel estático                          | 4.32 m     |
| Abatimiento disponible                  | 7.68 m     |
| Capacidad específica                    | 4.39 l/s/m |
| Caudal máximo de explotación            | 33.7 l     |
| Caudal recomendado                      | 25.0 l     |
| Abatimiento para caudal recomendado     | 5.69 m     |
| Nivel de bombeo para caudal recomendado | 10.01 m    |

**Fuente:** Información detallada por el Informe Técnico de Perforación de los pozos N° por el Ing. Ernesto F. Beltrán C.

➡ **Tabla de agua**

**TABLA 3.10.**

Tabla de agua.

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| Tipo de acuífero                  | Libre    |
| Nivel estático                    | 4.32 l/s |
| Caudal de bombeo                  | 4.0 l/s  |
| Abatimiento para 48 h.            | 0.91 m   |
| Espesor saturado del acuífero     | 17.68 m  |
| Abatimiento disponible            | 11.79 m  |
| Caudal máximo de explotación 100% | 35.6 l/s |

**Fuente:** Información detallada por el Informe Técnico de Perforación de los pozos N° por el Ing. Ernesto F. Beltrán C.<sup>2</sup>

➤ **CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO.**

En base a las caracterizaciones físicas-químicas y microbiológicas del agua se determina que el tratamiento necesario para que el agua sea apta para el consumo humano es un tratamiento convencional de una planta de potabilización que será capaz de remover: hierro, Coliformes fecales, Coliformes totales, turbiedad, bacterias, entes patógenos.

Por lo cual se adopta:

- 🚰 **Sistema de captación:** Un sistema de captación de agua consiste en la recolección o acumulación y el almacenamiento de agua para cualquier uso.

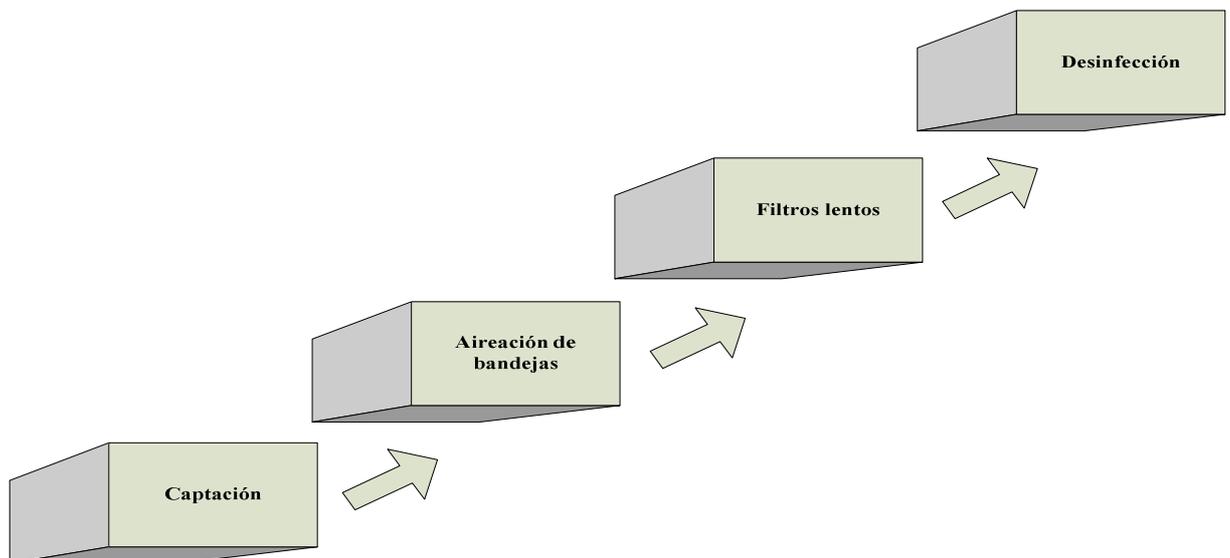
---

<sup>2</sup> Información detallada por el Informe Técnico de Perforación de los pozos N° 1 y N° 2 realizados en la Planta de Tratamiento los ÁLAMOS para la ciudad de ORELLANA por el Ing. Ernesto F. Beltrán C.

- ✚ **Sistema de aireación de bandejas:** Esta unidad está destinada para la remoción del hierro a través de la aeración, se hizo necesario disponer de esta unidad debido a que en exámenes realizados se pudo observar que el agua presentaba hierro fuera del límite permisible.
- ✚ **Sistema de filtros lentos:** Esta unidad está destinada para la remoción de color y turbiedad del agua, su principal función es reducir los valores de Coliformes fecales y totales para que estos sean lo más pequeños posibles y brinde una calidad de agua excelente.
- ✚ **Sistema de desinfección:** Esta unidad está destinada para la remoción de entes patógenos y bacterias para lograr que el agua no sea dañina para la salud de los habitantes de la población de Francisco de Orellana.

### Grafico 1.

Sistema propuesto para la potabilización a partir de aguas subterráneas.



**Fuente:** Mauricio Biron Narváez Hernández.

### **3.1.CÁLCULOS.**

#### **3.1.1 CAPTACIÓN**

##### **3.1.1.1.Cálculo de la potencia de la bomba sumergible**

###### **Altura estática**

Es la columna de líquido que se encuentra presente en una instalación de tuberías sin que el fluido tenga movimiento.

$$Z = 30 \text{ m.}^3$$

$$Q = 25 \text{ l/s caudal de diseño.}$$

#### **CÁLCULO DE PÉRDIDAS PRIMARIAS.**

- **Cálculo del diámetro interno de la tubería.**

Donde:

$D_i$  = diámetro interno

$D_e$  = diámetro externo (110mm) = (0.110m)

$e$  = rugosidad absoluta (0.0015)<sup>4</sup>

$$D_i = D_e - 2e$$

$$D_i = 0.110 - 2 * 0.0015$$

---

<sup>3</sup> Altura estática recomendada para instalar la bomba sumergible en base a la información detallada por el informe técnico de perforación de los pozos realizados por el Ing. Ernesto. F Beltrán C.

<sup>4</sup> Rugosidad absoluta para materiales <http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga>.

$$D_i = 0.107 \text{ m}$$

- **Cálculo de la velocidad.**

Donde:

$$Q = 0.025 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$D_i$  = diámetro interno 0.107 m

$$v = \frac{4 Q}{\pi D_i^2}$$

$$v = 2.78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Cálculo de número de Reynolds.**

Donde:

$$v = 2.78 \text{ m/s}.$$

$$D_i = 0.107 \text{ m}.$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0.001 \text{ kg/m*s}$$

$$N_{RE} = \frac{\rho * v * D_i}{\mu}$$

$$N_{RE} = 297460$$

- **Calculo de fanning.**

Donde:

$\varepsilon$  = rugosidad relativa 0.0015

$$N_{RE} = 297460$$

f = ecuación para calcular el valor de fanning (expresión de Moody)<sup>5</sup>

$$f = 0.001375 \left[ 1 + \left( 200 \varepsilon_r + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right]$$

$$f = 0.0021$$

- **Cálculo de pérdidas primarias.**

Donde:

$$f = 0.0021$$

$$v = 2.78 \text{ m/s}$$

$$L = 30 \text{ m.}$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}$$

$$D_i = 0.107 \text{ m}$$

$$hf = f \frac{L * v^2}{D_i * 2g}$$

$$hf = 0.232 \text{ m}$$

- **Cálculos de pérdidas secundarias.**

| Accesorio       | Unidades | Valor de la constante ( K) <sup>6</sup> | Total de pérdidas de los accesorios |
|-----------------|----------|---|-------------------------------------|
| Codo 90°        | 1        | 0.9                                     | 0.9                                 |
| Uniones         | 3        | 0.04                                    | 0.12                                |
| Válvula Check   | 1        | 10                                      | 10                                  |
| Válvula de bola | 1        | 70                                      | 70                                  |

<sup>5</sup>[http://www.unioviado.es/Areas/Mecanica.Fluidos/docencia/\\_asignaturas/mecanica\\_de\\_fluidos/07\\_08/MF07\\_Perdidascarga.pdf](http://www.unioviado.es/Areas/Mecanica.Fluidos/docencia/_asignaturas/mecanica_de_fluidos/07_08/MF07_Perdidascarga.pdf)

<sup>6</sup> Tomado los datos de las constantes del libro de operaciones unitarias del Ing Hannibal Brito M.

Donde:

k = constante de accesorios

v = 2.78 m/s

g = 9.8 m/s

$$h_m = \sum k \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = 31.94 \text{ m}$$

- **Pérdidas totales.**

$$h_T = h_f + h_m$$

$$h_T = 32.18 \text{ m}$$

- **Ecuación de Bernoulli.**

Donde:

v = 2.78 m/s

z<sub>1</sub> = 10 m

z<sub>2</sub> = 40 m

h<sub>f</sub> = 0.232m

H = ecuación de bernoulli

$$\left( \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) + (Z_2 - Z_1) + \left( \frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + \sum h_T = H$$

$$H = 30.62 \text{ m}$$

**Cálculo de la eficiencia de la bomba.**

- **Cálculo de W (flujo másico).**

Donde:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 25 \text{ l/s}$$

$$W = \rho * Q$$

$$W = 25 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- **Cálculo de la potencia de la bomba.**

Donde:

$$H = 30.62 \text{ m}$$

$$W = 25 \text{ kg/s}$$

$$H_p = \frac{H * W}{75 * 0.75}$$

$$H_p = \frac{30.62 * 25}{75 * 0.75}$$

$$H_p = 13.60 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

$$H_p = 15 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} \quad (\text{Hp})$$

### 3.1.1.2. Diseño tanque de almacenamiento repartidor de caudales

El tanque será para un caudal de 50 l/s, el mismo que será utilizado para almacenar el agua necesaria para ingresar a la planta de potabilización debido a que el terreno donde se va hacer el diseño para la propuesta de implementar este proyecto de tesis es plano y tiene los accesos necesarios. El agua será impulsada por la bomba y a su vez repartida a todas las unidades de aireación.

$$V_{\text{tanque}} = Q * t_r \quad \text{Ec} - 3.2$$

Donde:

Caudal de diseño :  $Q = 0.050 \text{ m}^3/\text{s}$   
Tiempo de retención :  $t_r = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$ <sup>7</sup>  
Volumen del tanque :  $V_{\text{tanque}}$

Reemplazando los datos en la ecuación 3-2 tenemos:  $V_{\text{tanque}} = 30 \text{ m}^3$

Asumimos una base cuadrada de  $16 \text{ m}^2$

$$ht = \frac{V_{\text{tanque}}}{4 * 4}$$

$ht = 1.9 = 2$  tomamos  $ht = 2.5 \text{ m}$

$ht =$  altura del tanque

Los 50 cm tomamos como superficie libre.

---

<sup>7</sup> Se adopta  $t_r = 10 \text{ min}$  para que el volumen calculado sea capaz de abastecer y mantener la planta funcionando si se requiere realizar alguna reparación en la conducción.

### 3.1.1.3. Diseño de bomba del tanque repartidor de caudales

$$Q_i = 50 \text{ l/s}$$

#### ► Tubería de impulsión

Velocidad se encuentra entre 0.6 – 2 m/s <sup>8</sup> se toma la velocidad de 2 m/s.

Donde:

$$Q_i = 50 \text{ l/s} = 0.050 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q_i}{v * \pi}} \quad \text{Ec} - 3.3$$

$$D = 0.178 \text{ m}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 3-3 tenemos: **D = 0.17 m**

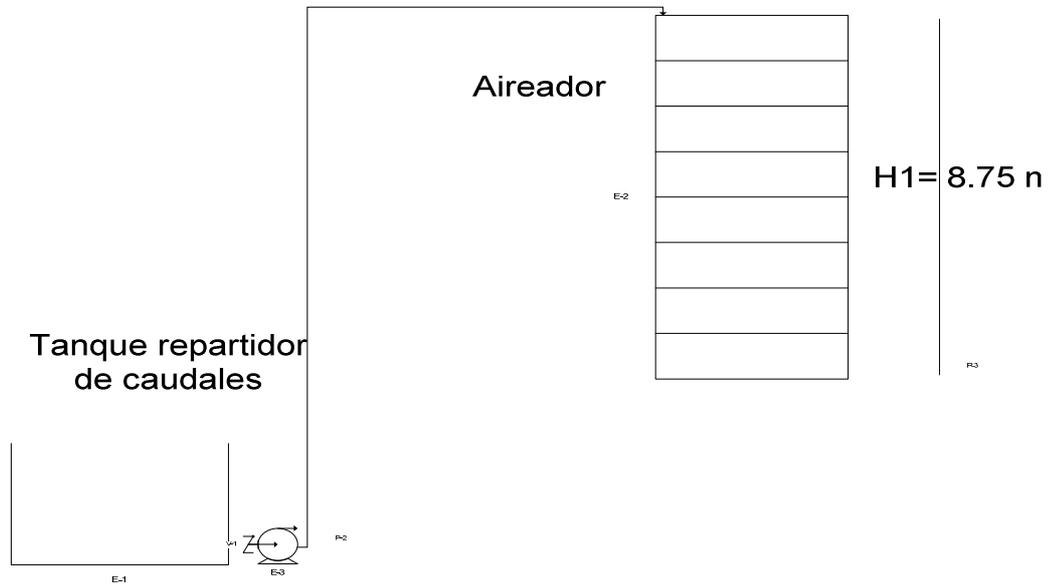
Se adopta un  $D_{\text{com}} = 200 \text{ mm} = 0.200 \text{ m}$

---

<sup>8</sup> [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/Ingenie/Choy\\_B\\_V/cap5.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/Ingenie/Choy_B_V/cap5.htm)

## Grafico 2.

Sistema de aireación propuesto.



Fuente: Mauricio Biron Narváez Hernández.

### ► Altura estática de bombeo $H_1$

$$h_T = 2.5 \text{ m}$$

$$h_A = 6 \text{ m}$$

$$H_1 = 8.5 \text{ m}$$

### ► Pérdida por fricción $H_2$ en tubería de impulsión <sup>9</sup>

$$H_2 = 10.674 * \left( \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * L \quad \text{Ec} - 3.4$$

Donde:

<sup>9</sup> Formula de Hazen Williemis, <http://www.afthap.com/descargas/perdidas%20carga.pdf>

Caudal de diseño :  $Q = 0,050 \text{ m}^3/\text{s}$

Coefficiente de Hazen Williams :  $C = 150$

Diámetro tubería impulsión :  $D = 0.200 \text{ m}$

Longitud tubería impulsión :  $L = 32 \text{ m}^{10}$

Reemplazando los datos en la ecuación 3-4 tenemos:  $H_2 = 0.32 \text{ m}$

### ► Perdida por accesorios $H_3$

| Accesorios                  | Cantidad | Long Eq. En #<br>diámetro | Diámetro<br>mm  | Long T.E<br>m |
|-----------------------------|----------|---------------------------|-----------------|---------------|
| Codo 90°                    | 7        | 5.4                       | 200             | 37.80         |
| Válvula compuerta bronce    | 5        | 1.2                       | 200             | 6.00          |
| Válvula check bronce        | 2        | 13.9                      | 200             | 27.80         |
| Unión adaptador HG –<br>PVC | 1        | 2.6                       | 200             | 2.60          |
| Universal                   | 7        | 2.6                       | 200             | 18.20         |
| <b>Total</b>                |          |                           | <b>Longitud</b> | <b>92.40</b>  |
| <b>equivalente</b>          |          |                           |                 |               |

$$H_2 = 10.674 * \left( \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * L \quad \text{Ec - 3.4b}$$

Caudal de diseño :  $Q = 0.050 \text{ m}^3/\text{s}$

Coefficiente de Hazen Williams :  $C = 150$

Diámetro tubería impulsión :  $D = 0.200 \text{ m}$

<sup>10</sup> Distancia requerida a utilizar para el diseño de la planta de potabilización.

Longitud tubería impulsión :  $L = 92.40 \text{ m}$

Reemplazando los datos en la ecuación 3.4b tenemos:  $H_3 = 0.91 \text{ m}$

$$ADT = H_1 + H_2 + H_3 \quad \text{Ec} - 3.5$$

Donde:

Altura dinámica de bombeo :  $ADT$

Altura estática de bombeo :  $H_1 = 8.5 \text{ m}$

Perdidas por fricción :  $H_2 = 0.32 \text{ m}$

Perdidas por accesorios :  $H_3 = 0.91 \text{ m}$

Reemplazando los valores en la ecuación 3-5 tenemos:  $ADT = 9.73 \text{ m}$

- **Cálculo de W (flujo másico).**

Donde:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 50 \text{ l/s}$$

$$W = \rho * Q$$

$$W = 50 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- **Cálculo de la potencia de la bomba**

$$H_p = \frac{W * ADT}{75 * 0.75} \quad \text{Ec} - 3.6$$

Donde:

$$w = 50 \text{ kg/s}$$

$$ADT = 9.73 \text{ m} \text{ altura total de bombeo}$$

Hp= potencia

Reemplazando los datos en la ecuación 3-6 tenemos: **Hp = 8.64 kg.m/s = 10 kg.m/s (Hp)**

Se adopta una bomba de con una eficiencia de teórica del 60%.

### 3.1.2. DISEÑO DE AIREADOR DE BANDEJAS.

La aireación es el proceso de tratamiento mediante el cual se incrementa el área de contacto del agua con el aire para facilitar el intercambio de gases y sustancias volátiles y a su vez remover sustancias como hierro.- El aireador será diseñado para un caudal de 50 l/s, el mismo que será utilizado para incorporar oxígeno al agua para oxidar los compuestos ferrosos.

#### ► Carga hidráulica

La carga hidráulica del aireador T.A es de 6 l/s\*m<sup>2</sup>, valor recomendado para remover hierro con una eficiencia del 70 al 80 % y con una efectividad del 80 al 90 %.<sup>11</sup>

Donde:

At: Área total de aireación

T.A = 6 l/s\*m<sup>2</sup> carga hidráulica.

$$T.A = 6 \frac{l}{s * m^2} * \frac{m^3}{1000l} * \frac{86400 s}{dia} = 518,40 \frac{m^3}{m^2 * dia}$$

$$At = \frac{Q}{T.A} = \frac{50 \frac{l}{s} * \frac{86400}{dia} * \frac{m^3}{1000l}}{518.40 \frac{m^3}{m^2 * dia}} \quad Ec - 3.9$$

<sup>11</sup> Tomado tesis TESO19P del Ing. Jorge Montero Oxidación de hierro por medio de aireadores a gravedad de bandejas múltiples capítulo 5.2.2.

$$A_t = 8.33\text{m}^2$$

### ► **Altura Total**

La altura total recomendada para la remoción de hierro se encuentra entre 2-2.5 m, recomendado para una eficiencia del 90 % que se adopte una altura de 2 m. <sup>12</sup>

### ► **Área de aireación**

Asumiendo bandejas cuadrados de aireación de 1.20 m de lado.

$$A_i = 1,2 * 1,2 = 1,44\text{m}^2$$

### ► **Número de unidades de aireación requerida**

$$N = \frac{A_t}{A_i} \quad \text{Ec - 3.11}$$

Donde:

Área total de aireación :  $A_t = 8.33 \text{ m}^2$

Área de cada unidad de aireación :  $A_i = 1,44 \text{ m}^2$

Reemplazando datos en la ecuación 3-11 tenemos:  $N = 5.78 = 6$

### ► **Número de bandejas y separación entre bandejas**

El número de bandejas recomendado es de 6 unidades a una separación entre bandejas de 40cm. <sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Tomado tesis TESO19P del Ing. Jorge Montero Oxidación de hierro por medio de aireadores a gravedad de bandejas múltiples capítulo 5.2.1.

### ► Tiempo de exposición (t)

$$t = \sqrt{\frac{2 * H * n}{g}} \quad \text{Ec - 3.10}$$

Donde:

Altura total de aireación : H= 2m

Número de bandejas : n= 6

Gravedad : g= 9.8 m/s<sup>2</sup>

Reemplazando datos en la ecuación 3-10 tenemos: **t = 1,56 s.**

### 3.1.3. DISEÑO DE FILTROS LENTOS DE ARENA

La filtración del agua consiste en hacerla pasar por sustancias porosas que puedan retener o remover algunas de sus impurezas. Por lo general, se utiliza como medio poroso la arena soportada por capas de piedras, debajo de las cuales existe un sistema de drenaje. Con el paso del agua a través de un lecho de arena se produce lo siguiente:

- La remoción de materiales en suspensión y sustancias coloidales;
- La reducción de las bacterias presentes;
- La alteración de las características del agua, inclusive de sus características químicas.

---

<sup>13</sup> Tomado tesis TESO19P del Ing. Jorge Montero Oxidación de hierro por medio de aireadores a gravedad de bandejas múltiples capítulo 5.2.3.

Los filtros lentos de arena serán diseñados para un caudal de 50 l/s, el mismo que será utilizado para filtrar el agua que ingresa después de salir del Aireador. Se ha elegido una carga superficial para el diseño de los filtros lentos de  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$  tomado de Criterios y Bases de Diseño de Potabilización del Ing. Milton Silva en donde establece que la Tasa de Filtración para estos tipos de filtros se encuentra entre  $2\text{-}8\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{día}$ .

### ► Superficie filtrante:

Datos:

$$Q = 50 \text{ l/s} = 4320 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Tasa de filtración} = 5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$$

$$\text{Área filtro} = \frac{Q}{\text{tasa de filtracion}} \quad \text{Ec} - 3.12$$

$$\text{Área filtro} = \frac{4320 \text{ m}^3/\text{día}}{5 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{día}}$$

$$\text{Área filtro} = \mathbf{864 \text{ m}^2}$$

### ► Número de filtros

El número de filtros lentos se escoge en base a la tabla 3.11, dependiendo del área de filtración calculada.

**TABLA 3.15**

Número (N) y tamaño óptimo de filtros lentos

| Área m <sup>2</sup> | Número de filtros | Dimensiones |       |
|---------------------|-------------------|-------------|-------|
|                     |                   | Longitud    | Ancho |
| 300                 | 3                 | 12.24       | 8.10  |
| 400                 | 3                 | 14.14       | 9.34  |
| 500                 | 3                 | 15.88       | 11.65 |
| 600                 | 3                 | 17.31       | 11.43 |
| 700                 | 3                 | 18.70       | 12.34 |
| 800                 | 3                 | 20.00       | 13.20 |
| 864                 | 3                 | 20.71       | 13.90 |
| 900                 | 3                 | 21.21       | 14    |
| 1000                | 3                 | 22.36       | 14.75 |

**Fuente:** Libro “Purificación del Agua” – Jairo Alberto Romero Rojas-primera Edición- Pág.245

Teniendo una área de filtración de

$$\text{Área por filtro} = \frac{864 \text{ m}^2}{3}$$

$$\text{Área por filtro} = 288 \text{ m}^2$$

► **Ancho y largo del filtro:**

Se adopta:

Ancho = 13.90 m

A = 288m<sup>2</sup>

$$\text{largo} = \frac{A}{\text{ancho}}$$

$$\text{largo} = \frac{288 \text{ m}^2}{13.90 \text{ m}}$$

$$\text{largo} = 20.71 \text{ m}$$

### ► Tubería de entrada al filtro

Velocidad se encuentra entre 0.6 – 2 m/s <sup>14</sup> se toma la velocidad de 2m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q_i}{v * \pi}} \quad \text{Ec} - 3.13$$

Donde:

Caudal de diseño :  $Q_i = 0.050 / 3 = 0.017 \text{ m}^3/\text{s}$

Velocidad en la tubería de impulsión :  $v \leq 2 \text{ m/s}$

Diámetro de la tubería : D

Reemplazando en la ecuación 3-13 tenemos: **D = 0.103 m**

Se adopta un D = 0.110 m

### ► Sistema de drenaje

El sistema de drenaje sirve para dar soporte al medio filtrante y evitar que este sea acarreado con el agua filtrada y asegurar una tasa de filtración uniforme sobre toda el área filtrante.

---

<sup>14</sup> [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/Ingenie/Choy\\_B\\_V/cap5.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/Ingenie/Choy_B_V/cap5.htm)

Para el diseño de drenaje cuando se utilizan tubos perforados se utilizan los parámetros de la siguiente tabla.

**TABLA 3.16**

Parámetros de diseño para drenajes por tuberías.

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| Velocidad máxima en el distribuidor                                 | 0.3 m/s                        |
| Velocidad máxima en los laterales                                   | 0.3 m/s                        |
| <u>Área total de orificio</u><br>Área del lecho                     | $(1.5 \text{ a } 5) * 10^{-3}$ |
| <u>Área del principal</u><br>Área del lateral                       | 1.5 a 3                        |
| <u>Área del lateral</u><br>Área de orificios servida por el lateral | 2 a 4                          |

**Fuente:** “Potabilización” – Ing. Milton Silva – Capítulo 6.5.2

**TABLA 3.17**

Parámetros de diseños laterales.

|   |                  |
|---|------------------|
| Espaciamiento de los laterales                  | 1.2 m            |
| Diámetro de los orificios de los laterales      | 6.5 mm – 15.8 mm |
| Espaciamiento de los orificios de los laterales | 7.5 cm – 25 cm   |
| Altura entre tubo y fondo del filtro            | 3.5 cm           |
| Velocidad en orificio                           | 3 – 5 m/s        |

**Fuente:** “Teoría y práctica de la purificación del Agua” – Ing. Jorge Arboleda valencia – Pág. 480.

### ➡ Diámetro de los orificios laterales

Se asume un diámetro de 10 mm y velocidad en orificio de 3 m/s

$$A_0 = \frac{\pi * D^2}{4} \quad \text{Ec - 3.14}$$

Donde:

Diámetro asumido de orificio :  $D = 0.01 \text{ m}$

Área de cada orificio :  $A_0$

Reemplazando en la ecuación 3-15 tenemos:  $A_0 = 0.000078 \text{ m}^2 = 0.0785 \text{ cm}^2$

$$Q_0 = A_0 * v_0 \quad \text{Ec - 3.15}$$

Donde:

Velocidad en orificio :  $v_0 = 3 \text{ m/s}$  (ver en la tabla 3.3)

Área de cada orificio :  $A_0 = 0.0000785 \text{ m}^2$

Caudal que ingresa a cada orificio :  $Q_0$

Reemplazando los valores en la ecuación 3-16 tenemos:  $Q_0 = 0.0002356 \text{ m}^3/\text{s}$

Tomando una separación de 1 m entre laterales tomado de la tabla 3.3 tenemos:

$$\# \text{ lat} = n * \frac{L}{el} \quad \text{Ec - 3.17}$$

Donde:

Longitud total del filtro :  $L = 20.71 \text{ m}$

Separación entre laterales :  $el = 1 \text{ m}$

Número de laterales :  $\# \text{ lat}$

Número de laterales por lado :  $n = 2$

Reemplazando los valores en la ecuación 3-17 tenemos: **# lat = 41**.

Tomando una separación entre orificios de 8 cm de los rangos de la tabla 3.3 tenemos:

$$\# \text{orif/lateral} = 2 * \frac{Ll}{e} \quad \text{Ec} - 3.18$$

Donde:

Longitud de cada lateral :  $Ll = 563 \text{ cm}$

Separación entre orificios :  $e = 8 \text{ cm}$

Número de laterales :  $\# \text{ lat} = 2$

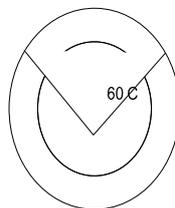
Número de orificios por lateral :  $\# \text{ orif/lat}$

Reemplazando los valores en la ecuación 3-18 tenemos: **#orif/lat = 141**

Nota: se multiplica por 2 debido a que se realiza dos orificios en la misma vertical formando  $60^\circ$  entre sí como consta en la grafica 3.1

### Grafica 3.1

Detalles de perforaciones en laterales.



**Fuente:** “Teoría y práctica de la Purificación del Agua” – Ing. Jorge Arboleda – Pág. 480.

$$\# \text{ Total orif} = \# \text{ lat} * \# \frac{\text{orif}}{\text{lateral}} \quad \text{Ec} - 3.19$$

Donde:

Número de laterales : # lat = 41

Número de orificios por lateral : # orif/lateral = 141

Número total de orificios : # Total orif

Reemplazando datos en la ecuación 3-19 tenemos: **Total orif = 5781**

$$A_{to} = A_o * \# \text{ Total orif} \quad \text{Ec} - 3.20$$

Donde:

Área total de orificios :  $A_{to}$

Área de cada orificio :  $A_o = 0.0000785 \text{ m}^2$

Número total de orificios : # Total orif = 5781

Reemplazando los datos en la ecuación 3-20 tenemos:  **$A_{to} = 0.454 \text{ m}^2$**

$$\frac{\text{Área total de orificios}}{\text{Área total de filtracion}} = \frac{0.454 \text{ m}^2}{288 \text{ m}^2}$$

$$\frac{\text{Área total de orificios}}{\text{Área total de filtracion}} = 0.0015$$

Se encuentra dentro de los parámetros (0.0015 a 0.005) de la tabla 3.2

➡ **Diámetro del lateral.**

$$A_{\text{total}} = A_0 * \# \text{orif/lateral} \quad \text{Ec-3.21}$$

Donde:

Área total de orificios en un canal :  $A_{\text{total}}$

Área de cada orificio :  $A_0 = 0.0000785 \text{ m}^2$

Numero de orificios por lateral :  $\# \text{ orif/lateral} = 141$

Reemplazando los valores en la ecuación 3-21 tenemos:  $A_{\text{total}} = 0.01105 \text{ m}^2$

$$\frac{A \text{ tubo lateral}}{A_{\text{orif/lateral}}} = 2 - 4 \text{ ver en la tabla 3.2}$$

Asumimos = 2

$$A \text{ tubo lateral} = 2 * A_{\text{total}} \quad \text{Ec - 3.22}$$

$$A \text{ tubo lateral} = 2 * 0.01105 \text{ m}^2$$

$$A \text{ tubo lateral} = 0.022 \text{ m}^2$$

$$\phi_i = \sqrt{\frac{4 * a \text{ tubo lateral}}{\pi}} = 1000 \quad \text{Ec - 3.23}$$

Donde:

$$\text{Área del lateral} = A \text{ tubo lateral} = 0.022 \text{ m}^2$$

Diámetro interno del lateral =  $\phi_i$

Reemplazando los valores en la ecuación 3-23 tenemos:  $\phi_i = 167.78 \text{ mm}$

Tomamos una tubería de diámetro nominal de 200 mm y un diámetro interno de 187.6 mm para una presión de trabajo de 0.80 Mpa.

$$A_{\text{tubo lateral real}} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{\text{tubo lateral real}} = \frac{\pi \left(\frac{187.6}{2}\right)^2}{4}$$

$$A_{\text{tubo lateral real}} = 0.0276 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_{\text{tubo lateral real}}}{A_{\text{total}}} = \frac{0.0276}{0.01105}$$

$$\frac{A_{\text{tubo lateral}}}{A_{\text{total}}} = 2.5$$

Se encuentra dentro de la norma de 2-4 (ver tabla 3.2).

#### ◆ Diámetro del colector principal.

Tomamos dos laterales por ramal para el colector por lo tanto:

$$A_{\text{lateral}} = 2 * A_{\text{tubo lateral}}$$

$$A_{\text{lateral}} = 2 * 0.0276$$

$$A_{\text{lateral}} = 0.0553 \text{ m}^2$$

$$\frac{A \text{ tubo colector}}{a \text{ lateral}} = 1.5 - 3 \text{ ver tabla 3.2}$$

Asumimos = 2

$$A \text{ tubo colector} = 2 * A \text{ lateral}$$

$$A \text{ tubo colector} = 2 * 0.0553 \text{ m}^2$$

$$A \text{ tubo colector} = 0.111 \text{ m}^2$$

$$\varnothing i = \sqrt{\frac{4 * a \text{ tubo colector}}{\pi}} = 1000$$

$$\varnothing i = 375.20 \text{ mm}$$

Tomamos una tubería de diámetro nominal de 400 mm y un diámetro interno de 375.20 mm para una presión de trabajo de 0.80 Mpa.

$$A \text{ tubo colector} = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$A \text{ tubo colector} = \frac{\pi * \left(\frac{375.20}{2}\right)^2}{4}$$

$$A \text{ tubo colector} = 0.1106 \text{ m}^2$$

$$\frac{A \text{ tubo lateral}}{A \text{ lateral}} = \frac{0.1106}{0.0553}$$

$$\frac{A \text{ tubo lateral}}{A \text{ orif/lateral}} = 2$$

Se encuentra dentro de la norma de 1.5 – 3 (ver en la tabla 3.3)

➡ **Composición del lecho filtrante.**

El lecho filtrante estará compuesto de 1.4 m de arena con un TE entre 0.15 a 0.35 mm y un CU=2-3 tomado de la tabla 3.4 en lo que respecta a la capa de grava este será de 35 cm, tomado de la tabla 3.5 para cuatro camadas.

La altura de agua sobrenadante se adopta de 1.5m tomada de la tabla

**TABLA 3.18**

Parámetros de diseño del lecho filtrante.

|  |                           |
|--|---------------------------|
| Altura de agua sobrenadante                | 1 – 1.5 m                 |
| Profundidad del medio filtrante (arena)    | 1 – 1.4 m                 |
| Profundidad del sistema de drenaje (grava) | 0.3 – 0.5 m               |
| Granulometría del medio filtrante          | $d_{10} = 0.15 - 0.35$ mm |
|  | CU = 2-3                  |

**Fuente:** “Potabilización” – Ing. Milton Silva – Capitulo 6.5.2

**TABLA 3.19**

Tamaño de grava.

| Tres camadas   |         | Cuatro camadas    |         |
|----------------|---------|-------------------|---------|
| $3/4 - 2''$    | 0.175 m | $3/4'' - 2''$     | 0.175 m |
| $3/8 - 2''$    | 0.175 m | $3/8'' - 3/4''$   | 0.075 m |
|                | 0.175 m | $3/16'' - 3/8''$  | 0.050 m |
| $3/16 - 3/8''$ |         | $3/32'' - 3/16''$ | 0.050 m |

**Fuente:** “Potabilización” – Ing. Milton Silva – Capitulo 6.5.2

➡ **Calculo de pérdidas de carga en lecho filtrante.**

a) En la arena

$$Hf_{\text{arena}} = f \frac{L\lambda}{g} v \frac{(1 - P_0)^2}{P_0^3} \left[ \frac{6}{C_e D_c} \right]^2 \quad \text{Ec - 3.24}$$

Donde:

Coefficiente de Kozeny :  $f = 5^{15}$

Altura del lecho :  $L = 140 \text{ cm}$

Gravedad :  $g = 981 \text{ cm/s}^2$

Viscosidad cinemática :  $\gamma = 1.054 \text{ E}^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$

Porosidad :  $P_0 = 0.355$  (ver tabla 3.6)

Coefficiente de esfericidad :  $C_e = 0.95$  ( Para partículas esféricas)

Diámetro de arena :  $D_c = 0.022 \text{ cm}$  (ver en la tabla 3.4 lecho filtrante)

Velocidad de filtración :  $v = 0.0058 \text{ cm/s}$

Reemplazando los valores en la ecuación 3-24 tenemos:  $Hf_{\text{arena}} = 48.81 \text{ cm}$ .

**TABLA 3.20**

Factores de esfericidad y forma de los materiales granulares y porosidades típicas.

| Ítem | Descripción | Esfericidad (Ce) | Factor de forma (s) | Porosidad (Po) |
|------|-------------|------------------|---------------------|----------------|
| 1    | Esféricos   | 0.95             | 6                   | 0.355          |
| 2    | Desgastados | 0.94             | 6.1                 | 0.375          |
| 3    | Redondeados | 0.82             | 6.4                 | 0.400          |
| 4    | Agudos      | 0.81             | 7.4                 | 0.415          |

<sup>15</sup> Constante experimental y a dimensional igual a 5, Referencia .Libro de José Arboleda CEPIS.

|   |            |      |     |       |
|---|------------|------|-----|-------|
| 5 | Angulares  | 0.78 | 7.7 | 0.430 |
| 6 | Triturados | 0.7  | 8.5 | 0.480 |

Fuente: Libro de Tratamiento de aguas residuales – UNI.

**b) En la grava ( capa inferior )**

$$Hf_{\text{grava}} = f \frac{L\lambda}{g} v \frac{(1 - P_0)^2}{P_0^3} \left[ \frac{6}{C_e D_c} \right]^2 \quad \text{Ec - 3.25}$$

Donde:

Coefficiente de Kozeny :  $f = 5^{16}$

Altura del lecho :  $L = 17.5 \text{ cm}$  (ver en la tabla 3.5)

Gravedad :  $g = 981 \text{ cm/s}^2$

Viscosidad cinemática :  $\gamma = 1.054 \text{ E}^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$

Porosidad :  $P_0 = 0.355$  (ver tabla 3.6)

Coefficiente de esfericidad :  $C_e = 0.82$  (Para partículas esféricas)

Diámetro de arena :  $D_c = 3.49 \text{ cm}$  (ver en la tabla 3.4 lecho filtrante)

Velocidad de filtración :  $v = 0.0058 \text{ cm/s}$

Reemplazando los valores en la ecuación 3-25 tenemos:  **$Hf_{\text{arena}} = 0.0002 \text{ cm}$**

**c) En la grava (capa intermedia).**

$$Hf_{\text{grava}} = f \frac{L\lambda}{g} v \frac{(1 - P_0)^2}{P_0^3} \left[ \frac{6}{C_e D_c} \right]^2 \quad \text{Ec - 3.26}$$

<sup>16</sup> Constante experimental y a dimensional igual a 5, Referencia. Libro de José Arboleda CEPIS.

Donde:

Coefficiente de Kozeny :  $f = 5$ <sup>17</sup>

Altura del lecho :  $L = 7.5$  cm (ver en la tabla 3.5)

Gravedad :  $g = 981$  cm/s<sup>2</sup>

Viscosidad cinemática :  $\gamma = 1.054 \text{ E}^{-2}$  cm<sup>2</sup>/s

Porosidad :  $P_o = 0.4$  (ver tabla 3.6)

Coefficiente de esfericidad :  $C_e = 0.82$  (Para partículas esféricas)

Diámetro de arena :  $D_c = 2.86$  cm (ver en la tabla lecho filtrante 3.5)

Velocidad de filtración :  $v = 0.0058$  cm/s

Reemplazando los valores en la ecuación 3-26 tenemos:  **$Hf_{\text{grava}} = 0.00013$  cm**

**d) En la grava (superior)**

$$Hf_{\text{grava}} = f \frac{L\lambda}{g} v \frac{(1 - P_o)^2}{P_o^3} \left[ \frac{6}{C_e D_c} \right]^2 \quad \text{Ec} - 3.26b$$

Donde:

Coefficiente de Kozeny :  $f = 5$

Altura del lecho :  $L = 5$  cm (ver en la tabla 3.5)

Gravedad :  $g = 981$  cm/s<sup>2</sup>

Viscosidad cinemática :  $\gamma = 1.054 \text{ E}^{-2}$  cm<sup>2</sup>/s

Porosidad :  $P_o = 0.4$  (ver tabla 3.6)

Coefficiente de esfericidad :  $C_e = 0.82$  (Para partículas esféricas)

---

<sup>17</sup> Constante experimental y a dimensional igual a 5 Referencia. Libro de José Arboleda CEPIS.

Diámetro de arena :  $D_c = 0.36 \text{ cm}$  (ver en la tabla lecho filtrante)

Velocidad de filtración :  $v = 0.0058 \text{ cm/s}$

Reemplazando los valores en la ecuación 3-26c tenemos:  $H_{f_{\text{grava}}} = 0.0053 \text{ cm}$

### 3.1.4. DESINFECCIÓN

Para efecto de estudio de la demanda se considera como dosis necesaria:

**TABLA 3.21**  
Demanda de cloro para aguas

|               |                 |
|---------------|-----------------|
| Aguas claras  | <b>0,3 mg/l</b> |
| Aguas turbias | <b>1.5 mg/l</b> |

**Fuente:** Muños M. Balarezo A., (1992)

La dosificación de cloro que se utilizara para la desinfección del agua obtenida del afluyente de filtros de arena que tiene un caudal de 50 l/s. La desinfección del agua se realizara directamente en el tanque de reserva, mediante la aplicación de hipoclorito de sodio, con una concentración 1.5 mg/l, <sup>18</sup> para lo cual se dispondrá una caseta de cloración con su respectivo tanque hipoclorador, construido sobre la losa de tanque de reserva, desde donde se inyectara la solución de cloro para la reserva.- en nuestro caso, en vista de que el agua proviene de una fuente subterránea, se utilizara la dosificación de 1.5 mg/l de hipoclorito de sodio ya que el agua se encuentra parcialmente contaminada.

---

<sup>18</sup> Fuente: Muños M Balarezo.,(1992) Demanda de cloro para aguas.

➡ **Peso de cloro necesario:**

$$P = \frac{Q * D * T}{1000 * I}$$

Donde:

Caudal de diseño : Q = 50 l/s

Dosis de cloro necesaria : D = 1.5 mg/l

Periodo de almacenamiento de la solución : T = 24 h = 86400 s

Peso molecular de cloro : I = 70% = 0.7

Peso de cloro necesario a utilizar : P =

Reemplazando datos en la ecuación 3-27 tenemos: **P = 9.25 kg.**

➡ **Volumen del hipoclorador:**

$$v = \frac{P}{5 * C} \quad \text{Ec - 3.28}$$

Donde:

Concentración de la solución : C = 5<sup>19</sup>

Peso de cloro necesario : P = 9.25 Kg

Reemplazando datos en la ecuación 3-28 tenemos: **V = 0.370 m<sup>3</sup>**

Se adopta un tanque hipoclorador con un volumen de 400 litros, con una dosificación de 1.5 mg/l de hipoclorito de sodio, con una concentración de cloro en la solución del 5% y con un tiempo de duración de 24 horas.

---

<sup>19</sup> Fuente Jaramillo .C (2009) concentración de hipoclorito de sodio similar al cloro doméstico

### ► Diseño tanque de contacto para mezcla de cloro

El tanque será diseñado para un caudal de 50 l/s, el mismo que será utilizado para almacenamiento de agua.

$$V_{\text{tanque}} = Q * t_r \quad \text{Ec} - 3.29$$

Donde:

Caudal de diseño :  $Q = 0,050 \text{ m}^3/\text{s}$

Tiempo de retención :  $t_r = 1,5 \text{ min} = 90 \text{ s}$ <sup>20</sup>

Volumen del tanque :  $V_{\text{tanque}}$

Reemplazamos datos en la ecuación 3-29 tenemos:  $V_{\text{tanque}} = 4.5 \text{ m}^3$

Se toma un valor de  $5 \text{ m}^3$

Asumimos una base cuadrada de  $2.1 \text{ m} \times 1.8 \text{ m}$

### ► Altura del tanque

Donde:

$H_T$  = altura del tanque

$$H_T = \frac{V_{\text{tanque}}}{2.1 * 1.8}$$

$$H_T = 1.32 \text{ m} \text{ tomanos } h_t = 1.63 \text{ m}$$

Dejamos 31 cm de superficie libre.

---

<sup>20</sup> Se adopta  $t_r=1.5 \text{ min}$ , para obtener un volumen suficiente para el tanque de cloración.

### 3.2. RESULTADOS.

#### 3.2.1. CAPTACIÓN ( BOMBAS )

**TABLA 3.2.1-1**  
RESULTADOS DE LAS BOMBAS.

| <b>CÁLCULOS</b>                                    | <b>SIMBOLO</b>  | <b>VALOR</b> | <b>UNIDADES</b> |
|--|-----------------|--------------|-----------------|
| Caudal   | Q               | 25           | l/s             |
| Velocidad  | v               | 2.78         | m/s             |
| Número de Reynolds                                 | N <sub>RE</sub> | 297460       | -               |
| Fanning  | f               | 0.0021       | -               |
| Pérdidas primarias                                 | hf              | 0.232        | m               |
| Pérdidas secundarias                               | hm              | 31.93        | m               |
| Cálculo del flujo másico                           | W               | 25           | kg/s            |
| Cálculo de Bernoulli                               | H               | 30.62        | m               |
| Potencia de la bomba                               | Hp              | 13.60        | kgm/s           |
| Eficiencia   | E               | 75           |                 |
| <b>Diseño tanque de almacenamiento de caudales</b> |                 |              |                 |
| Volumen del tanque                                 | V <sub>t</sub>  | 30           | m <sup>3</sup>  |
| Altura del tanque                                  | h <sub>t</sub>  | 2.5          | m               |
| Diámetro de tubería de imp                         | D               | 0.170        | mm              |
| Altura estática de bombeo                          | H <sub>1</sub>  | 8.5          | m               |
| Pérdida por fricción en tubería de imp             | H <sub>2</sub>  | 0.32         | m               |
| Pérdida por accesorios                             |                 | 0.91         | m               |
| Altura dinámica de bombeo                          | ADT             | 9.73         | m               |
| Cálculo del flujo másico                           | W               | 50           | kg/s            |
| Potencia de la bomba                               | Hp              | 8.64         | kgm/s           |

**Fuente:** Mauricio Biron Narváez Hernández.

### 3.2.2. AIREADOR DE BANDEJAS

**TABLA 3.2.2-1**  
RESULTADOS DE AIREADOR DE BANDEJAS.

| <b>CÁLCULOS</b>           | <b>SIMBOLO</b> | <b>VALOR</b> | <b>UNIDADES</b>    |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------------|
| Carga hidráulica          | T.A            | 6            | l/s*m <sup>2</sup> |
| Efectividad               | %              | 80 – 90      | %                  |
| Área total de aireación   | At             | 8.33         | m <sup>2</sup>     |
| Área de cada bandeja      | Ai             | 1.44         | m <sup>2</sup>     |
| Altura total de aireación | H              | 2            | m                  |
| Número de bandejas        | N              | 6            | -                  |
| Separación entre bandejas | Sb             | 40           | cm                 |
| Tiempo de exposición      | T              | 1,56         | s                  |

**Fuente:** Mauricio Biron Narváez Hernández.

### 3.2.3. FILTROS LENTOS

**TABLA 3.2.3-1**  
RESULTADOS DE FILTROS.

| <b>CÁLCULOS</b>           | <b>SIMBOLO</b> | <b>VALOR</b> | <b>UNIDADES</b>                     |
|---------------------------|----------------|--------------|-------------------------------------|
| Tasa de filtración        | Tf             | 5            | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día |
| Área de filtros           | A              | 864          | m <sup>2</sup>                      |
| Número de filtros totales | N <sub>F</sub> | 3            | -                                   |
| Área por filtro           | Af             | 288          | m <sup>2</sup>                      |
| Ancho de cada filtro      | A              | 13.90        | m                                   |
| Largo de cada filtro      | L              | 20.71        | m                                   |
| Tubería entrada al filtro | Te             | 0.103        | m                                   |
| Diámetro de los orificios | Ao             | 0.785        | cm                                  |

|  |          |           |                   |
|--|----------|-----------|-------------------|
| Caudal que ingresa a cada orif               | Qo       | 0.0002356 | m <sup>3</sup> /s |
| Total de orificios                           | T orif   | 5781      | -                 |
| <b>Perdidas de carga del lecho filtrante</b> |          |           |                   |
| En la arena                                  | Hf arena | 48.81     | cm                |
| En la grava inferior                         | Hf grava | 0.0002    | Cm                |
| En la grava intermedia                       | Hf grava | 0.00013   | Cm                |
| En la grava superior                         | Hf grava | 0.0053    | Cm                |

**Fuente:** Mauricio Biron Narváez Hernández.

### 3.2.4. DESINFECCIÓN

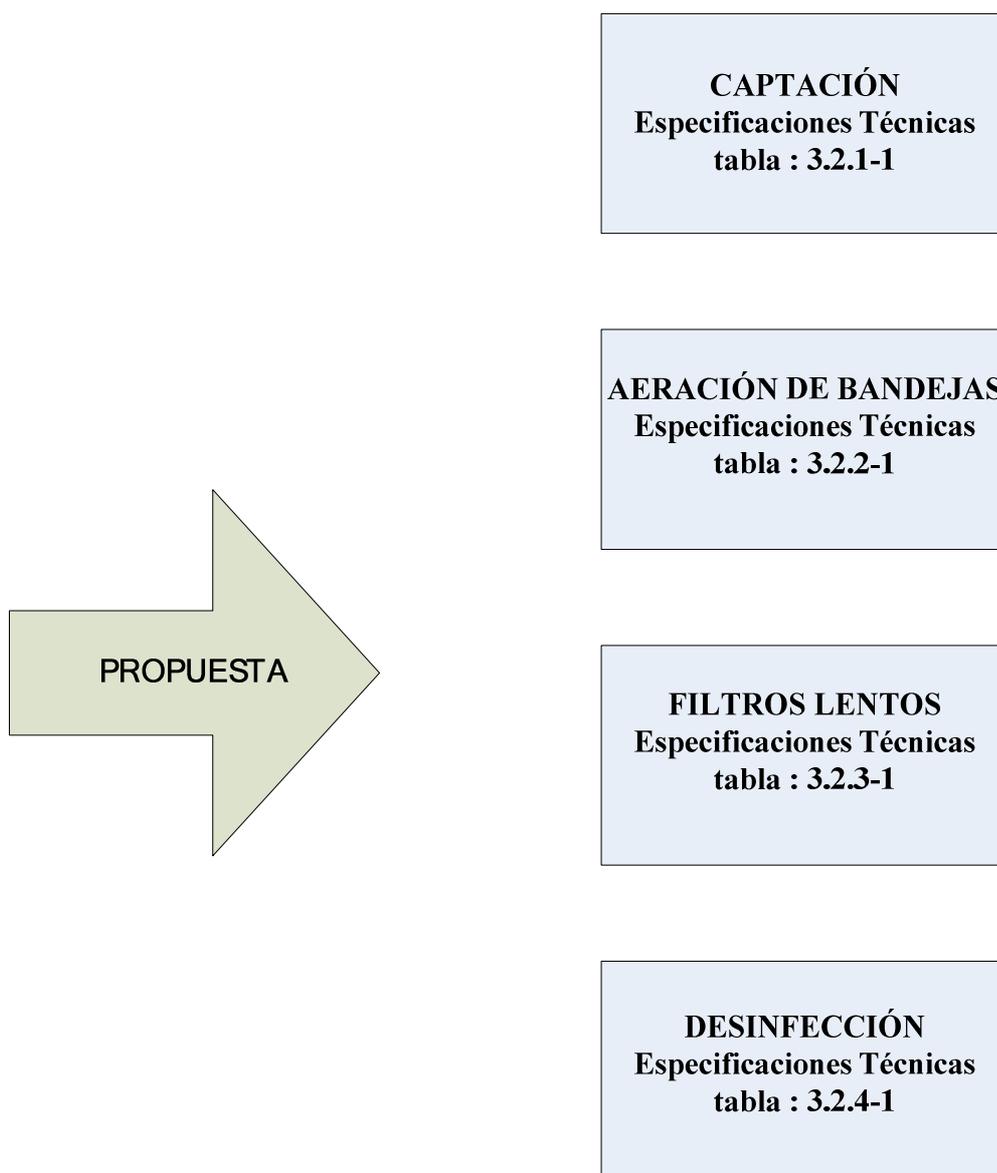
**TABLA 3.2.4-1.**  
RESULTADOS DESINFECCIÓN.

| CÁLCULOS                                  | SIMBOLO        | VALOR | UNIDADES       |
|---|----------------|-------|----------------|
| Caudal de diseño                          | Q              | 50    | l/s            |
| Dosis del cloro necesario (aguas turbias) | D              | 1.5   | mg/l           |
| Periodo de almacenamiento del cloro       | T              | 24    | horas          |
| Peso molecular del cloro                  | I              | 70    | g/mol          |
| Concentración del cloro                   | C              | 5     | %              |
| Peso del cloro necesario                  | P              | 9.25  | kg             |
| Volumen del hipoclorador                  | Vh             | 0,370 | m <sup>3</sup> |
| Volumen del tanque                        | V <sub>t</sub> | 4,5   | m <sup>3</sup> |
| Altura del tanque                         | H <sub>T</sub> | 1,65  | m              |

**Fuente:** Mauricio Biron Narváez Hernández.

### 3.3. PROPUESTA.

En vista de las caracterizaciones físicas-químicas y bacteriológicas que se realizaron a las muestras tomadas de los pozos de agua subterránea se plantea la siguiente propuesta para el diseño de potabilización.



### 3.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante la caracterización físico-química y microbiológica realizada a las aguas subterráneas se determinó que la mayoría de los parámetros físico-químicos realizados se encontraron dentro de los límites permisibles de la Norma INEN 1108 a excepción del hierro y la turbiedad que era variable por factores climáticos, por lo cual para la discusión de los resultados se consideraran solo 8 parámetros de los totales realizados.

#### Determinación de las Propiedades Físico – Químicas del agua subterránea

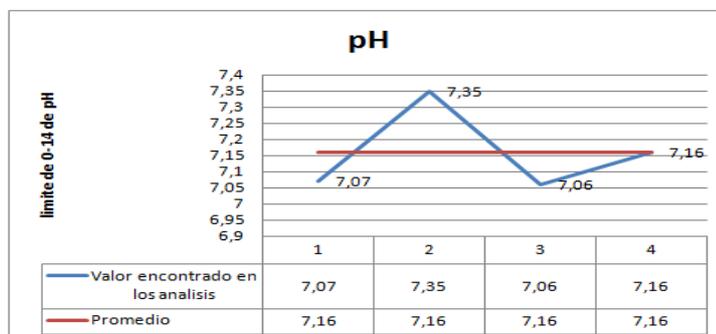
##### 3.4.1. Determinación del pH del agua de pozo 1 y 2.

**TABLA 3.5.1-1**

Determinación del pH del agua subterránea del pozo 1.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | PH   | LÍMITE ÓPTIMO | LÍMITE NORMA |
|-------------------|----------------|------|---------------|--------------|
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 7,07 | 7 - 7,5       | 6,5 – 8,5    |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 7,35 |               |              |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 7,06 |               |              |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 7,16 |               |              |

**Gráfica 3.5.1-1**



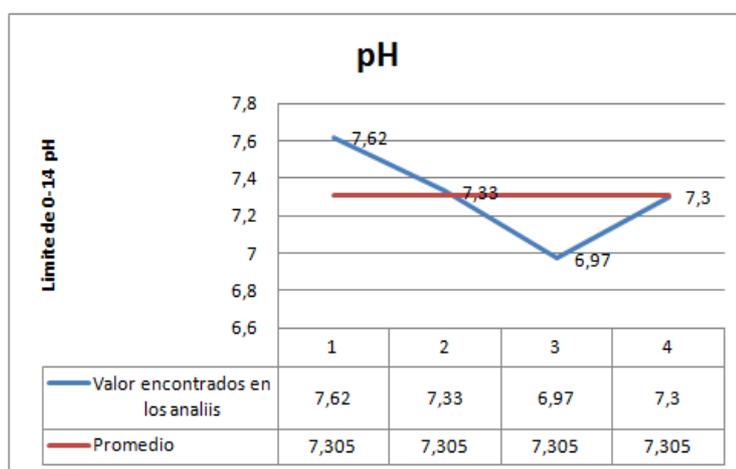
El valor de pH expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución la normativa indica que el agua debe poseer un pH entre 6,5 y 8,5 como se realizo por semanas los análisis se pudo ver que el segundo análisis realizado presento el valor más alto, mientras que el tercer análisis tuvo un valor considerablemente bajo esto se debe a épocas lluviosas presentadas en la zona lo cual hace pensar que cambia considerablemente los valores de pH. Por lo cual podemos indicar que el agua en esta zona es neutra.

**TABLA 3.5.1-2**

Determinación del pH del agua subterránea del pozo 2.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | PH   | LÍMITE ÓPTIMO | LÍMITE NORMA |
|-------------------|----------------|------|---------------|--------------|
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 7,62 | 7 -7,5        | 6,5 – 8,5    |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 7,33 |               |              |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 6,97 |               |              |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 7,30 |               |              |

**Gráfica 3.5.1-2**



De la misma manera se puede discutir que los análisis realizados por semanas se vio afectado el primer análisis dio como resultado un valor alto mientras que el tercer análisis

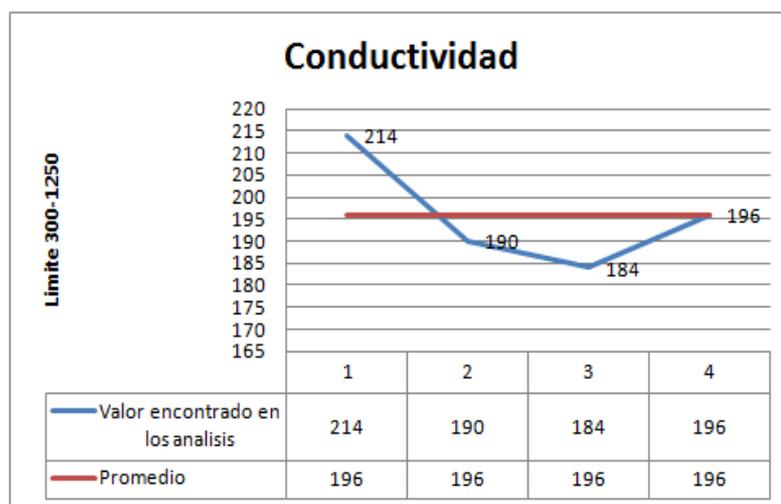
dio un valor bajo como resultado podemos decir que el agua de esta zona es neutra y se encuentra dentro de los límites permisibles de la norma.

**TABLA 3.5.2-1**

Determinación de conductividad del agua subterránea del pozo 1.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | CONDUCTIVIDAD (m/S) | LÍMITE ÓPTIMO (m/S) | LÍMITE NORMA (m/S) |
|-------------------|----------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 214,0               | 300                 | <1250              |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 190,0               |                     |                    |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 184,0               |                     |                    |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 196,0               |                     |                    |

**Gráfica 3.5.2-1**



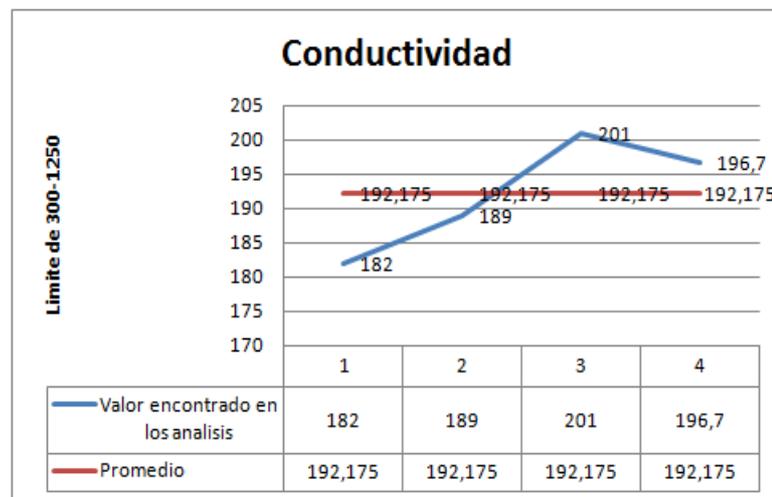
Todos los datos se encuentran dentro de los límites de la norma por lo cual se puede decir que el agua está en buenas condiciones para su tratamiento, pero cabe destacar que el primer análisis realizado fue el valor más elevado que se registro durante todos los análisis.

**TABLA 3.5.2-2**

Determinación de conductividad del agua subterránea del pozo 2.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | CONDUCTIVIDAD (m/S) | LÍMITE ÓPTIMO (m/S) | LÍMITE NORMA (m/S) |
|-------------------|----------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 182,0               | 300                 | <1250              |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 189,0               |                     |                    |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 201,0               |                     |                    |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 196,7               |                     |                    |

**Gráfica 3.5.2-2**



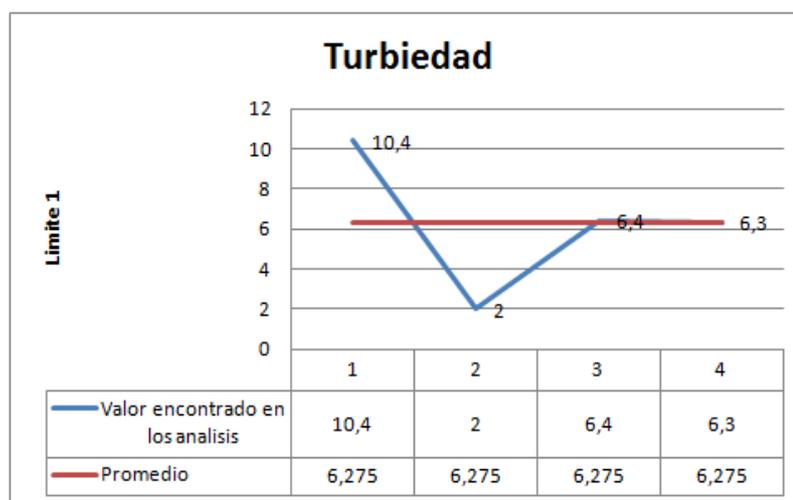
De la misma manera se dice que los valores todos los datos se encuentran dentro de los límites de la norma por lo cual se puede decir que el agua está en buenas condiciones para su tratamiento, pero cabe destacar que el tercer análisis realizado fue el valor más elevado que se registro durante todos los análisis.

**TABLA 3.5.3-1**

Determinación de turbiedad del agua subterránea del pozo 1.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | TURBIEDAD (NTU) | LÍMITE ÓPTIMO (NTU) | LÍMITE NORMA (NTU) |
|-------------------|----------------|-----------------|---------------------|--------------------|
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 10,4            | 0,7 – 0,8           | 1                  |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 2,0             |                     |                    |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 6,4             |                     |                    |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 6,3             |                     |                    |

**Gráfica 3.5.3-1**



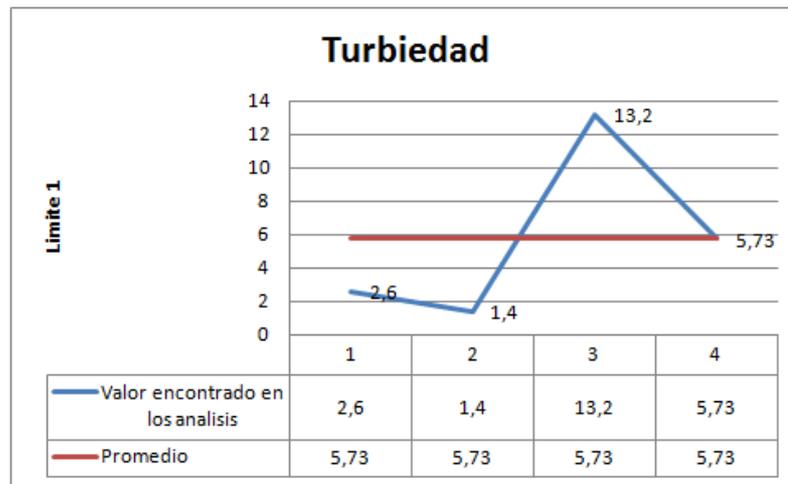
En este parámetro de la caracterización del agua se presentó el problema, los datos obtenidos de los análisis se encuentran fuera de los límites permisibles de la norma esto se deberá a que es una agua subterránea la cual puede contener minerales que hacen que el agua se encuentre en un elevado estado de turbidez.

**TABLA 3.5.3-2**

Determinación de turbiedad del agua subterránea del pozo 2.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | TURBIEDAD (NTU) | LÍMITE ÓPTIMO (NTU) | LÍMITE NORMA (NTU) |
|-------------------|----------------|-----------------|---------------------|--------------------|
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 2,6             | 0,7 – 0,8           | 1                  |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 1,4             |                     |                    |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 13,2            |                     |                    |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 5,73            |                     |                    |

**Gráfica 3.5.3-2**



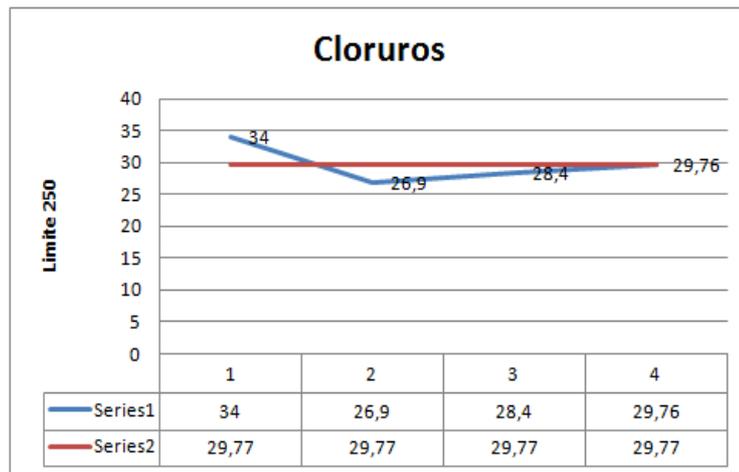
De igual manera se puede acotar que los análisis del pozo 2 presentaron problemas, los datos obtenidos de los análisis se encuentran fuera de los límites permisibles de la norma esto se deberá a que es una agua subterránea la cual puede contener minerales que hacen que el agua se encuentre en un elevado estado de turbidez.

**TABLA 3.5.4-1**

Determinación de cloruros del agua subterránea del pozo 1.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | CLORUROS<br>(mg/l) | LÍMITE ÓPTIMO<br>(mg/l) | LÍMITE NORMA<br>(mg/l) |
|-------------------|----------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 34,0               | 20 -25                  | 250                    |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 26,9               |                         |                        |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 28,4               |                         |                        |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 29,76              |                         |                        |

**Gráfica 3.5.4-1**



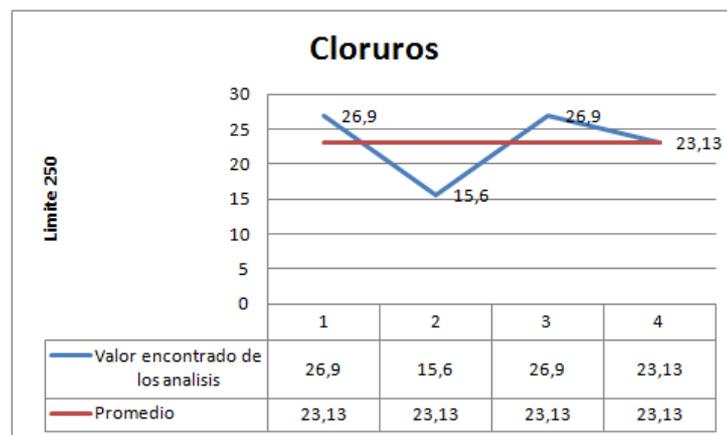
Los datos de cloruros en esta zona se encuentran dentro del límite de la norma, su presencia nos indica que existe una gran concentración de sales, una vez mas es necesario decir que los límites de la norma son muy altos y se pueden ajustar a las características del agua previa un tratamiento.

**TABLA 3.5.4-2**

Determinación de cloruros del agua subterránea del pozo 2.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | CLORUROS<br>(mg/l) | LÍMITE ÓPTIMO<br>(mg/l) | LÍMITE NORMA<br>(mg/l) |
|-------------------|----------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 26,9               | 20 – 25                 | 250                    |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 15,6               |                         |                        |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 26,9               |                         |                        |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 23,13              |                         |                        |

**Gráfica 3.5.4-2**



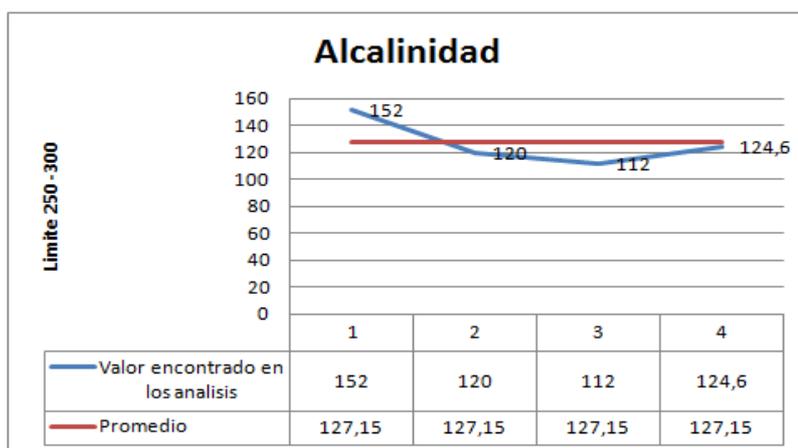
Podemos discutir que la presencia de los cloruros en este pozo son menos que la del anterior se encuentran dentro del límite de la norma, una vez mas es necesario decir que los límites de la norma son muy altos y se pueden ajustar a las características del agua previo un tratamiento.

**TABLA 3.5.5-1**

Determinación de alcalinidad del agua subterránea del pozo 1.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | ALCALINIDAD<br>(mg/l) | LÍMITE ÓPTIMO<br>(mg/l) | LÍMITE NORMA<br>(mg/l) |
|-------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 152,0                 | 250 -270                | 300                    |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 120,0                 |                         |                        |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 112,0                 |                         |                        |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 124,6                 |                         |                        |

**Gráfica 3.5.5-1**



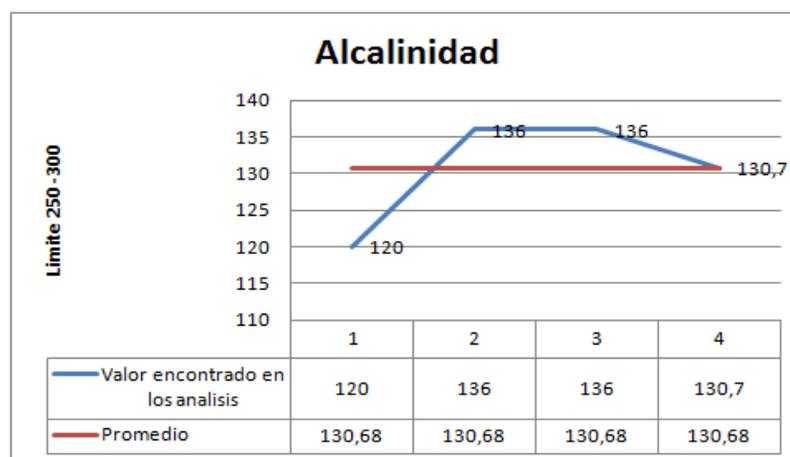
De este pozo todos los datos registrados mediante los análisis se encuentran dentro de los límites de la norma por lo cual podemos decir que el agua está acorde para darle un tratamiento de potabilización.

**TABLA 3.5.5-2**

Determinación de alcalinidad del agua subterránea del pozo 2.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | ALCALINIDAD<br>(mg/l) | LÍMITE ÓPTIMO<br>(mg/l) | LÍMITE NORMA<br>(mg/l) |
|-------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 120,0                 | 250 – 270               | 300                    |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 136,0                 |                         |                        |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 136,0                 |                         |                        |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 130,7                 |                         |                        |

**Gráfica 3.5.5-2**



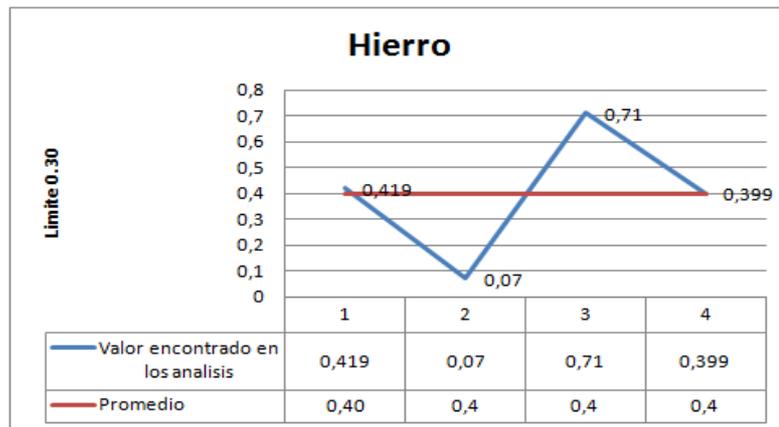
Los datos de este segundo pozo se registraron menor a los datos del primer pozo en análisis esto nos da una idea que el agua se encuentra en optimas condiciones para su tratamiento.

**TABLA 3.5.6-1**

Determinación de hierro del agua subterránea del pozo 1.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | HIERRO<br>(mg/l) | LÍMITE ÓPTIMO<br>(mg/l) | LÍMITE NORMA<br>(mg/l) |
|-------------------|----------------|------------------|-------------------------|------------------------|
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 0,419            | 0,05                    | 0,8                    |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 0,070            |                         |                        |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 0,710            |                         |                        |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 0,399            |                         |                        |

**Gráfica 3.5.6-1**



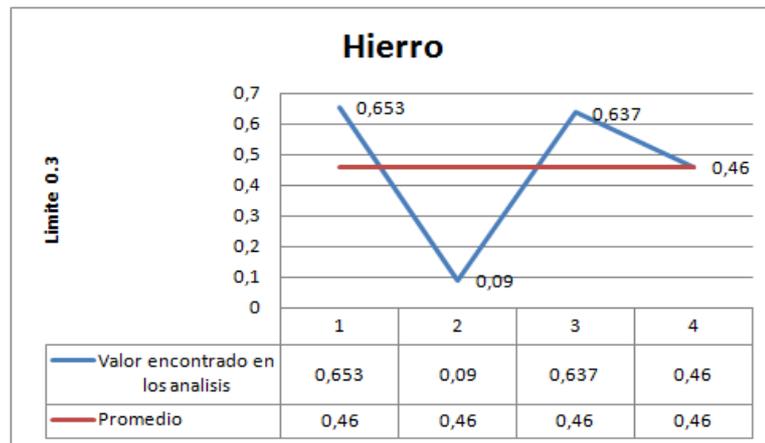
Este parámetro de los análisis realizados tuvo como problema estar fuera de los límites de la norma pero cabe destacar que como se trata de una agua subterránea es rica en minerales por lo cual esto se ve afectada y por ende se debe aplicar un diseño acorde a la eliminación del hierro.

**TABLA 3.5.6-2**

Determinación de hierro del agua subterránea del pozo 2.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | HIERRO<br>(mg/l) | LÍMITE ÓPTIMO<br>(mg/l) | LÍMITE NORMA<br>(mg/l) |
|-------------------|----------------|------------------|-------------------------|------------------------|
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 0,653            | 0,05                    | 0,8                    |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 0,090            |                         |                        |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 0,637            |                         |                        |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 0,460            |                         |                        |

**Gráfica 3.5.6-2**



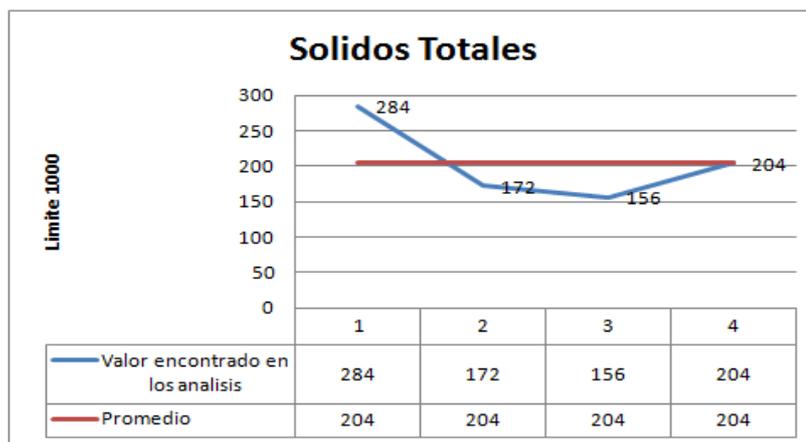
Los valores registrados del análisis del pozo 2 comparado al primer pozo se nota un aumento considerable pero también se encuentra fuera de los límites de la norma pero cabe destacar que como se trata de una agua subterránea es rica en minerales por lo cual esto se ve afectada.

**TABLA 3.5.7-1**

Determinación de sólidos totales del agua subterránea del pozo 1

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | Sólidos T (mg/l) | LÍMITE ÓPTIMO (mg/l) | LÍMITE NORMA (mg/l) |
|-------------------|----------------|------------------|----------------------|---------------------|
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 284,0            | 260 -280             | 1000                |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 172,0            |                      |                     |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 156,0            |                      |                     |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 204,0            |                      |                     |

**Gráfica 3.5.7-1**



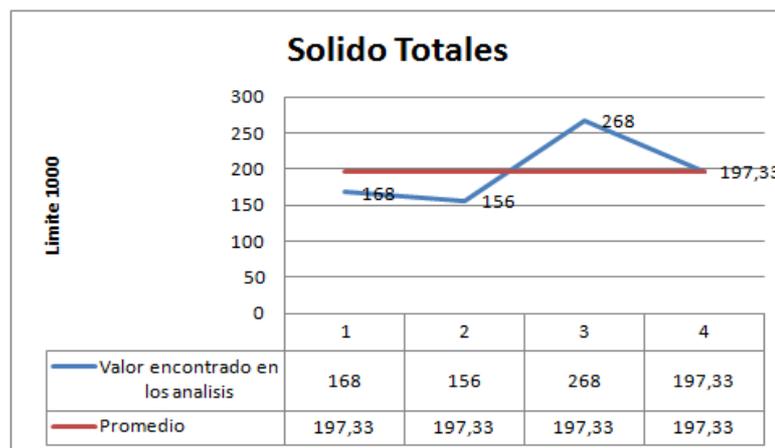
Los datos de los análisis que se registraron se encuentran dentro de los parámetros de la norma la presencia de sólidos totales en el agua es el resultado de la acumulación de sedimentos esto se debe a que es una agua proveniente de la filtración o acumulación subterránea.

**TABLA 3.5.7-2**

Determinación de sólidos totales del agua subterránea del pozo 2.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | Sólidos T (mg/l) | LÍMITE ÓPTIMO (mg/l) | LÍMITE NORMA (mg/l) |
|-------------------|----------------|------------------|----------------------|---------------------|
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 168,0            | 260 – 280            | 1000                |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 156,0            |                      |                     |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 268,0            |                      |                     |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 197,33           |                      |                     |

**Gráfica 3.5.7-2**



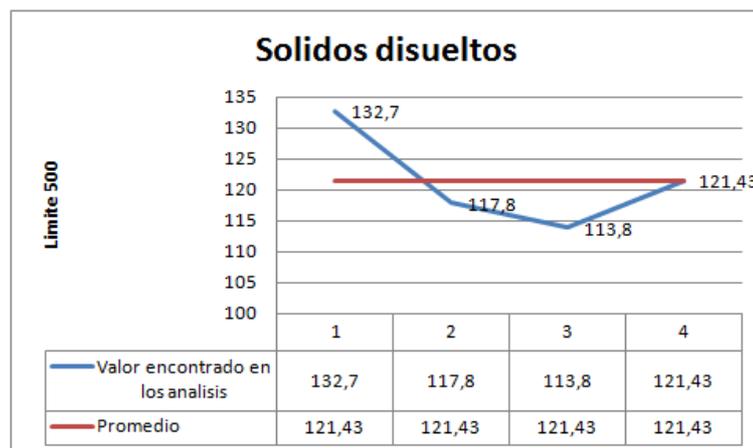
Los datos de los análisis que se registraron en el segundo pozo de agua subterránea se encuentran dentro de los parámetros de la norma pero en menor presencia del primer pozo, los sólidos totales en el agua es el resultado de la acumulación de sedimentos esto se debe a que es una agua proveniente de la filtración o acumulación subterránea.

**TABLA 3.5.8-1**

Determinación de sólidos disueltos del agua subterránea del pozo 1.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | Sólidos D (mg/l) | LÍMITE ÓPTIMO (mg/l) | LÍMITE NORMA (mg/l) |
|-------------------|----------------|------------------|----------------------|---------------------|
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 132,7            | 180 – 190            | 500                 |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 117,8            |                      |                     |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 113,8            |                      |                     |
| Pozo 1            | P <sub>1</sub> | 121,43           |                      |                     |

**Gráfica 3.5.8-1**



Al igual que los sólidos totales, la presencia de sólidos disueltos está dentro de la normativa, pero la presencia de estos sólidos se debe a los sedimentos problema causado por el estacionamiento del agua subterránea y la variación de los datos reportados se halla un incremento considerable en épocas lluviosas.

**TABLA 3.5.8-2**

Determinación de sólidos disueltos del agua subterránea del pozo 2.

| LUGAR DE MUESTREO | CÓDIGO         | Sólidos D (mg/l) | LÍMITE ÓPTIMO (mg/l) | LÍMITE NORMA (mg/l) |
|-------------------|----------------|------------------|----------------------|---------------------|
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 113,0            | 180 – 190            | 500                 |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 117,1            |                      |                     |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 124,6            |                      |                     |
| Pozo 2            | P <sub>2</sub> | 118,23           |                      |                     |

**Gráfica 3.5.8-2**



De igual manera los análisis realizados al segundo pozo de agua subterránea son considerablemente menores al del primer pozo, los sólidos disueltos se encuentran dentro de la normativa, pero la presencia de estos sólidos se debe a los sedimentos problema causado por el estacionamiento del agua subterránea y la variación en los datos reportados se incrementan en épocas lluviosas lo cual afectan al resultado final de los análisis.

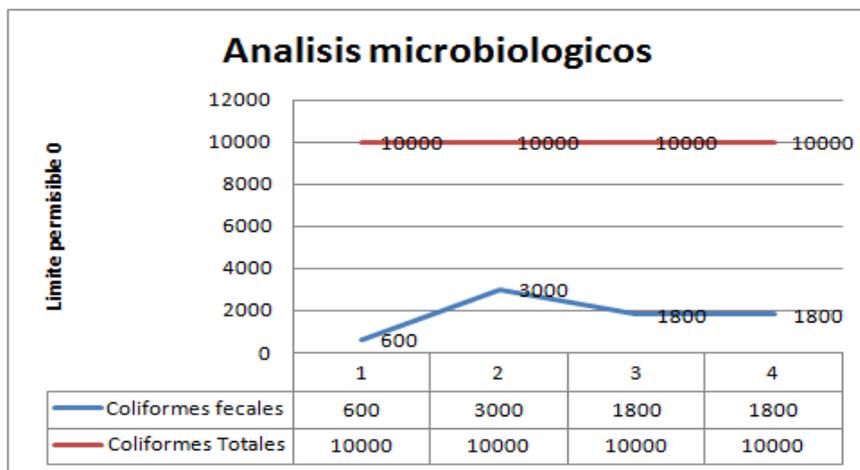
### 3.4.2. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

**TABLA 3.5.2-1**

Datos de los Análisis Microbiológicos del primer pozo de agua subterránea.

| PARÁMETROS         | UNIDADES  | Valores R | A <sub>1</sub>  | A <sub>2</sub>  | A <sub>3</sub>    | A <sub>4</sub>    |
|--------------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| COLIFORMES FECALES | UFC/100ml | Ausencia  | $6 \times 10^2$ | $3 \times 10^3$ | $1,8 \times 10^3$ | $1,8 \times 10^3$ |
| COLIFORMES TOTALES | UFC/100ml | Ausencia  | $1 \times 10^4$ | $1 \times 10^4$ | $1 \times 10^4$   | $1 \times 10^4$   |

**Grafica 3.5.2-1**



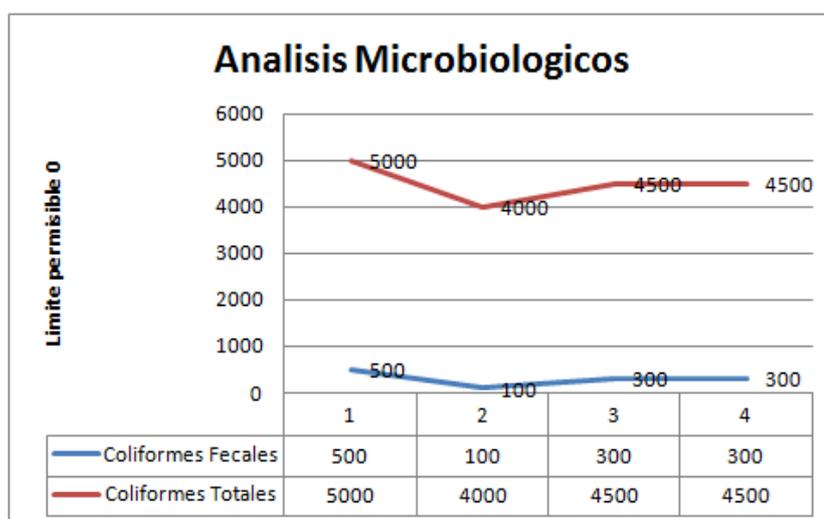
Mediante el análisis microbiológico realizado se puede dar cuenta que tiene un elevado índice de contaminación de Coliformes fecales y más aun de Coliformes totales, por ende se encuentra fuera de los límites permisibles de la norma por lo cual se provee diseñar un adecuado sistema de potabilización sobre todo en lo que concierne la etapa de desinfección que sería la más importante para eliminar todos los entes patógenos.

**TABLA 3.5.2-2**

Datos de los Análisis Microbiológicos del segundo pozo de agua subterránea.

| PARÁMETROS         | UNIDADES  | Valores R | A <sub>1</sub>  | A <sub>2</sub>  | A <sub>3</sub>    | A <sub>4</sub>    |
|--------------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| COLIFORMES FECALES | UFC/100ml | Ausencia  | $5 \times 10^2$ | $1 \times 10^2$ | $3 \times 10^2$   | $3 \times 10^2$   |
| COLIFORMES TOTALES | UFC/100ml | Ausencia  | $5 \times 10^3$ | $4 \times 10^3$ | $4,5 \times 10^3$ | $4,5 \times 10^3$ |

**Grafica 3.5.2-2**



Cabe señalar que los valores registrados aunque se encuentra fuera de los límites permisibles de la norma el análisis microbiológico de este pozo se ve menor afectado que el primero, por lo cual se provee diseñar un adecuado sistema de potabilización sobre todo en lo que concierne la etapa de desinfección que sería la más importante para eliminar todos los entes patógenos.

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1.CONCLUSIONES

Una vez realizado la caracterización y el estudio de la posibilidad del diseño, principales problemas y posibles soluciones a los mismos durante el desarrollo de este tema, se puede concluir lo siguiente:

- ✚ En base al análisis físico- químico y microbiológico de caracterización del agua de los pozos subterráneos, los datos de los análisis se encuentran dentro de la norma INEN NTE 1108, con excepción del valor de turbiedad con un valor de 6.26 NTU para el pozo N°1 y 5.73 NTU para el pozo N°2 fuera de limite permisible requerido por la norma y hierro se encontró con un valor de 0.399 mg/l para el pozo N°1 y 0.46 mg/l para el pozo N°2 fuera del límite permisible y una proliferación microbiológica principalmente de E. Coli. Totales de 10000 UFC/100ml y E. Coli. Fecales de 1800 UFC/100ml para el pozo N°1 y para el pozo N°2 E. una proliferación de Coli. Totales de 4500 UFC/100ml y E. Coli. Fecales de 3000 UFC/100ml encontrándose fuera del límite permisible.
- ✚ Las condiciones del agua subterránea en Orellana son cambiantes debido a que en temporadas de lluvia se ve afectado por la presencia de hierro y mayor turbidez, esto es producido debido a que los pozos se encuentran cubiertos con la tapas plásticas lo cual produciría que el agua que existe alrededor de los pozos se filtren por los lados de la tubería del pozo originando la contaminación directa.

✚ El diseño del sistema de potabilización se efectúa con base a la remoción de turbidez color, hierro y microorganismos para un caudal de 50 l/s. (4320 m<sup>3</sup>/día). La captación se realiza mediante la extracción del agua subterránea de los pozos para lo cual se requerirá dos bombas sumergibles de 13.6 Hp de potencia con un tanque de almacenamiento de caudal de 30 m<sup>3</sup>. El sistema de aireación contará con lo siguiente una altura total de aireación de 2 m, carga hidráulica de 6 l/s\*m<sup>2</sup>, tiempo de exposición de 1.56 s, y 6 bandejas con una altura de separación de 40 cm. El sistema de filtración lenta de arena contará con lo siguiente 3 filtros y una tasa de filtración de 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*día. Por último el sistema de desinfección contará con una dosis de hipoclorito de sodio 1.5 mg/l para un caudal de tratamiento de 4320 m<sup>3</sup>/día se utilizará 9.25 kg de cloro con una concentración del 5%.

#### **4.2.RECOMENDACIONES**

- ✚ Aplicar el estudio realizado para así mejorar el abastecimiento en la población del Cantón Francisco de Orellana sobre todo la zonas urbanas marginales, además permitirá utilizar los recursos hídricos como son los acuíferos de agua subterránea donde todavía no existe contaminación alguna por lo cual es de facilidad ejecutar este Proyecto de Tesis.
- ✚ Es recomendable equipar un laboratorio de control de calidad con los equipos básicos para monitorear constantemente el agua que ingresa a la planta y el agua que sale después del tratamiento realizado.

- ✚ Se recomienda realizar análisis de metales pesados en la fuente de abastecimiento que servirá para la potabilización como son los dos pozos de agua subterránea para descartar cualquier posibilidad de contaminación de metales pesados.
  
- ✚ Se debe hacer un plan de concienciación a la ciudadanía para enseñarle a usar de forma óptima el agua y así poder cuidar nuestro recurso natural más valorado que es el agua.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1. ARBOLEDA VALENCIA JORGE**, Teoría y Práctica de la purificación del agua 3<sup>ra</sup> edición .México; Mc Graw-Hill. pp. 5-20, 34, 38,44-56,67-74.
- 2. CASTELLAN**, Físico-Química. México: fondo educativo interamericano, 1976. pp. 56-59.
- 3. WHITTEN K**, y otros. Química General. 5<sup>ta</sup> ed. Barcelona: MCGRAW-HILL, 1999. Pp. 12, 28,33-55.56.
- 4. SKOOG D**, y otros. Principios de Química Instrumental 5<sup>ta</sup> ed. Barcelona: MCGRAW-HILL, 2001. pp. 20-22,56.
- 5. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)**. Técnicas para el Análisis del Agua. Quito- Ecuador: INEN, 2006 (NTE INEN 1108, Segunda Revisión, Agua Potable, Requisitos).
- 6. ROMERO J**. Calidad del agua; Escuela Colombiana de Ingeniería; Colombia 2002. Pp. 53, 80, 93, 102, 103, 112, 118, 126, 127,133.
- 7. APHA, AWWA, WPCF**, Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales; Ed. Díaz de Santos; Madrid España 1992. Pp. 2-12,2-14,2-39,2-58,2-81,4-78, 4107,4-126, 4, 145, 4, 149,4-229.

## **INTERNET**

### **1. AGUA SUBTERRÁNEA.**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_subterr%C3%A1nea](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_subterr%C3%A1nea).

(2010-05-08)

### **2. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA.**

[http://es.wikipedia.org/wiki/caracteristicasAguasubterraneas%da\\_proceso](http://es.wikipedia.org/wiki/caracteristicasAguasubterraneas%da_proceso).

(2010-05-10)

### **3. FACTORES QUE CONDICIONAN LA PRESENCIA Y EL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA.**

<http://es.wikipedia.org/wiki/factoresdelagua-subterraneas%>.

(2010-05-12)

### **4. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA.**

[http://.25749/DA\\_PROCESO\\_07-1-25749\\_285325011\\_304356.pd](http://.25749/DA_PROCESO_07-1-25749_285325011_304356.pd).

(2010-05-16)

### **5. ACUÍFERO**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Acu%C3%ADfero>

(2010-06-03)

### **6. TIPOS DE ACUÍFEROS.**

<http://www.geologiaperu.com/tipos-de-acuiferos.htm>

(2010-06-07)

## **7. NIVEL FREÁTICO.**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Nivel\\_fre%C3%A1tico](http://es.wikipedia.org/wiki/Nivel_fre%C3%A1tico).

(2010-06-14)

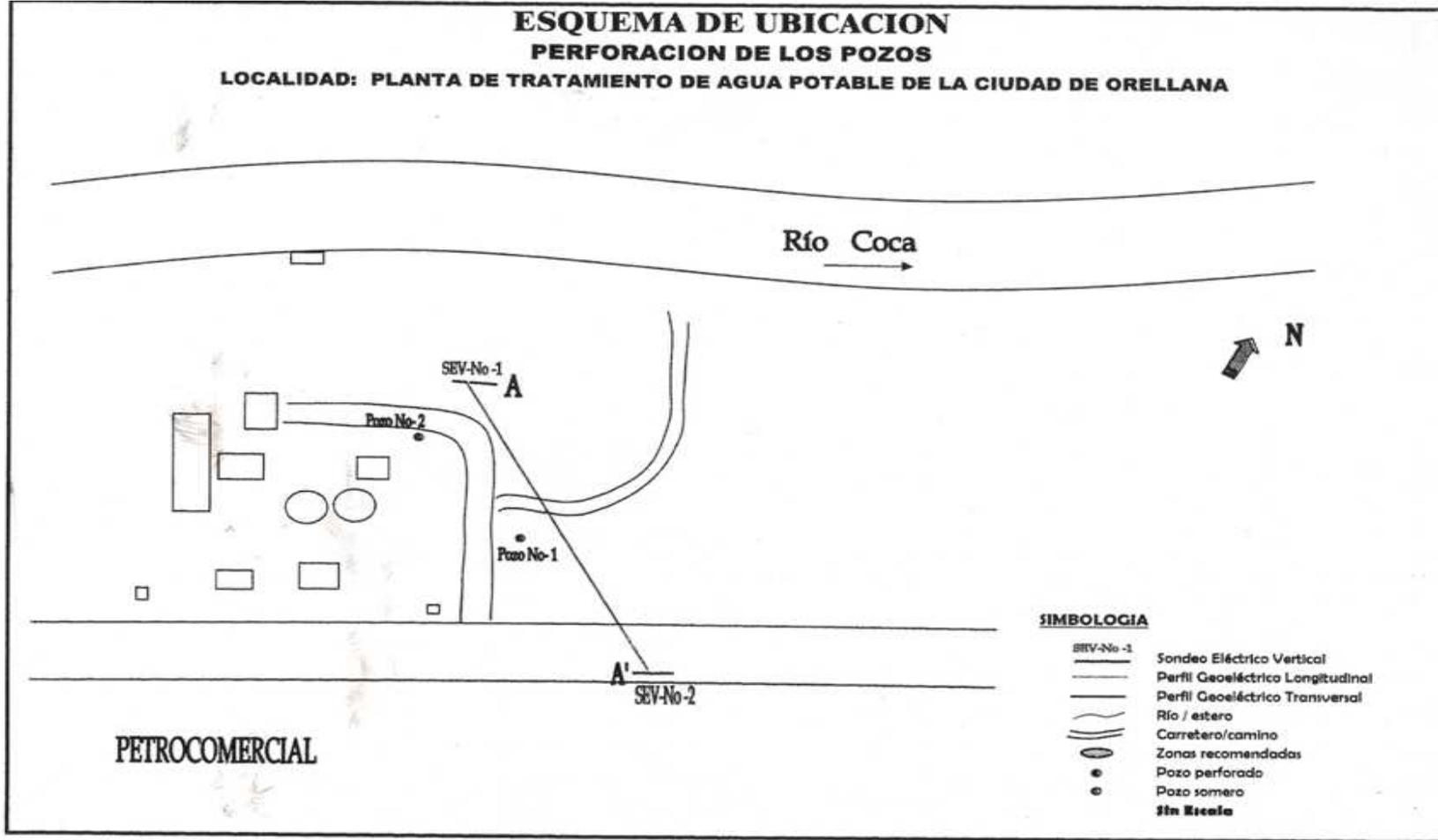
## **8. POZO DE AGUA SUBTERRÁNEA.**

[http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/\\_assets/downloads/bge/engineering-manual\\_bge.pdf](http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/_assets/downloads/bge/engineering-manual_bge.pdf).

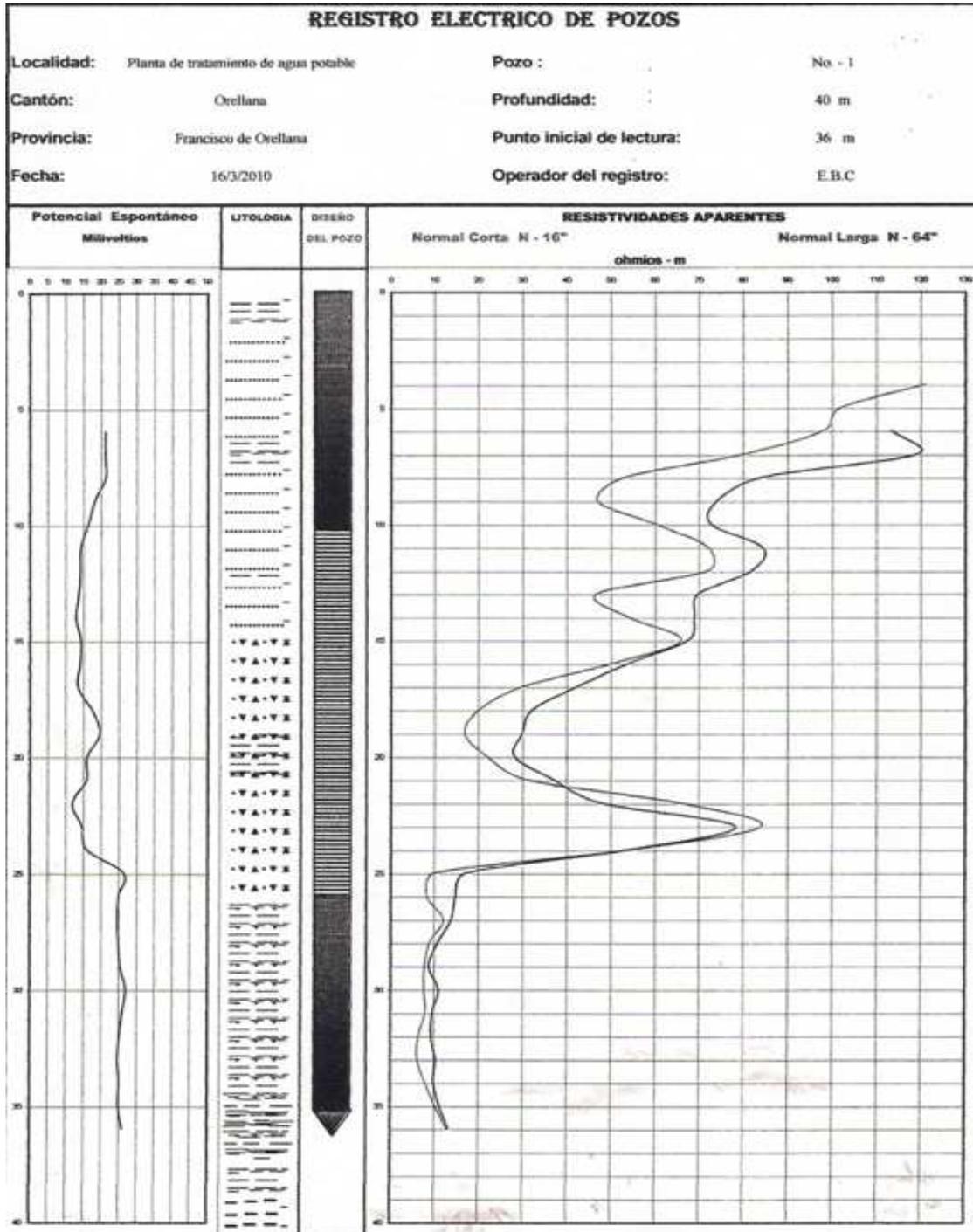
(2010-06-25)

# **ANEXOS**

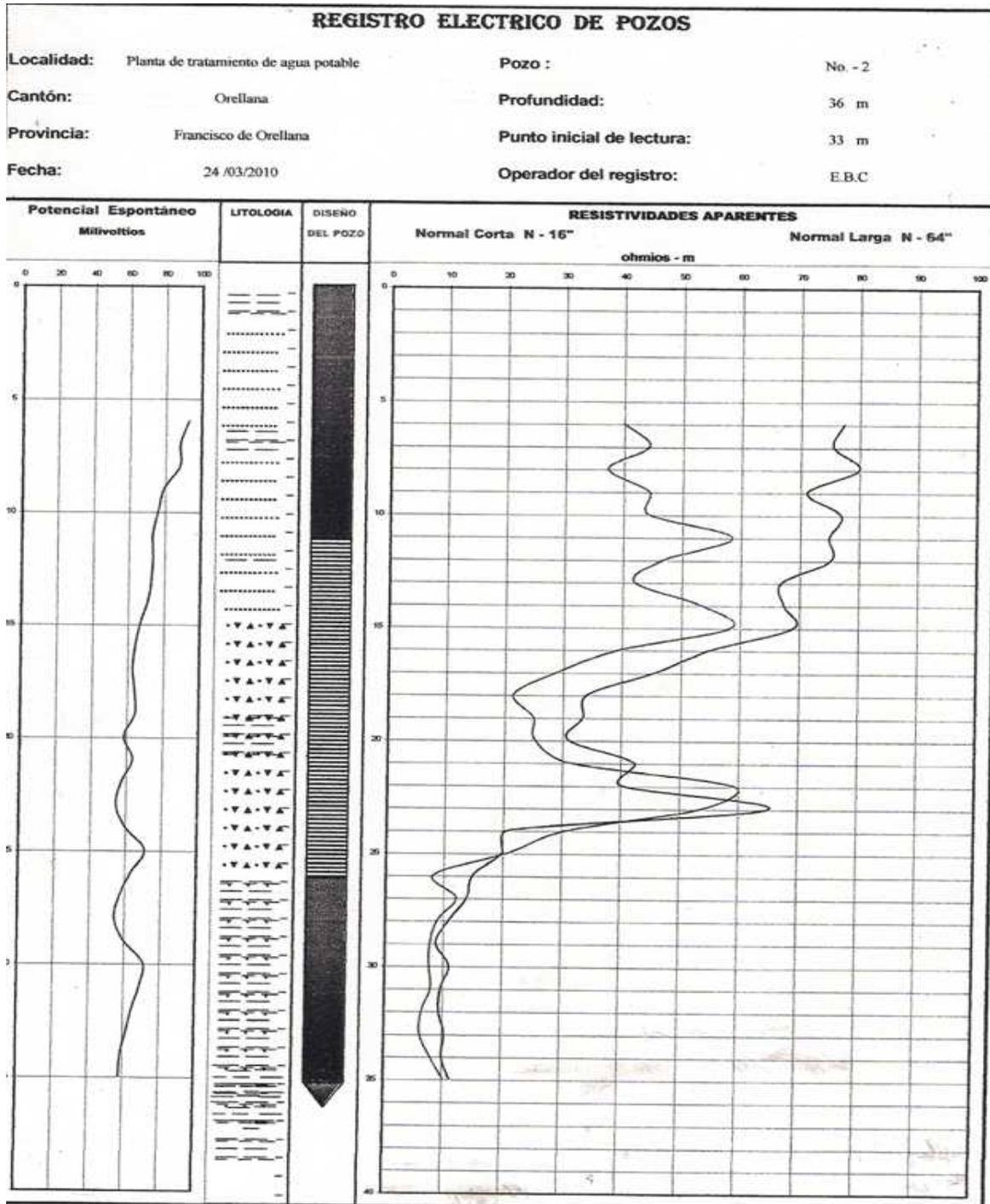
**ANEXO A**  
**ESQUEMA DE UBICACIÓN DE PERFORACIÓN DE LOS POZOS**



## ANEXO B REGISTRO ELÉCTRICO DEL POZO 1



## ANEXO C REGISTRO ELÉCTRICO DEL POZO 2



## ANEXO D ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO POZO 1

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  <p style="text-align: center;"><b>LABSU</b><br/>Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p> | VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO<br>Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka<br>E-mail: labsu@andinanet.net<br>Coca, Provincia de Orellana - Ecuador<br>Telefax: (593)06- 2881105 |  |  <p style="text-align: center;"><b>oae</b><br/>Organismo de Acreditación Ecuatoriana</p> <p style="text-align: center;">ENSAYOS<br/>No OAE LE 2C 07-003</p> |
|  | <b>INFORME DE<br/>ENSAYO N°: 38 644</b>  |  |  |
| SPS: 10 - 1 413  | Análisis de agua   |  |  |

Coca, 05 de abril de 2010

**Ing. Ernesto Beltrán.**

Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por.....Ing. Ernesto Beltrán.  
 Fecha hora de toma de muestra.....2 010 03 27 12:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio .....2 010 03 27 16:30.  
 Fecha del análisis .....2 010 03 27 a 2 010 04 01.  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 28,5°C T. Mín: 21,0°C  
 Código de LabSu .....Identificación de la muestra.  
 a 38 841 .....Muestra de Agua de Pozo # 1, planta de tratamiento Coca muestra # 1.

**2.- Parámetros y métodos / Referencias:**

| Ítem | Parámetros                    | Unidad                 | PEE-LABSU    | Métodos / Norma Referencia | Incertidumbre (K = 2) |
|------|-------------------------------|------------------------|--------------|----------------------------|-----------------------|
| 1    | Sulfatos                      | mg/L                   | PEE-LABSU-42 | SM 4500-SO4= B             | ± 33%                 |
| 2    | Nitratos (N-NO <sub>3</sub> ) | mg/L                   | PEE-LABSU-18 | SM 4500-NO3 B              | ~                     |
| 3    | Hierro total                  | mg/L                   | PEE-LABSU-27 | SM 3030 B, 3111 B          | ± 20%                 |
| 4    | Dureza Total                  | mg/L CaCO <sub>3</sub> | PEE-LABSU-59 | SM 2340 C                  | ± 8%                  |
| 5    | Coliformes totales            | Col/100 mL             | PEE-LABSU-44 | SM 9222 B                  | ± 12%                 |
| 6    | Coliformes fecales            | Col/100 mL             | PEE-LABSU-43 | SM 9222 D                  | ± 20%                 |

**3.- Resultados:**

| Parámetros                     | Unidad                 | a 38 841 | Límite máximo permisible Tabla 1 | Límite máximo permisible Tabla 2 |
|--------------------------------|------------------------|----------|----------------------------------|----------------------------------|
| Sulfatos                       | mg/L                   | < 10,00  | 400                              | 400                              |
| *Nitratos (N-NO <sub>3</sub> ) | mg/L                   | 0,15     | 10                               | 10                               |
| Hierro total                   | mg/L                   | 8,15     | 1,0                              | 0,3                              |
| Dureza Total                   | mg/L CaCO <sub>3</sub> | 98,04    | 500                              | 500                              |
| Coliformes totales             | Col/100 mL             | < 2      | 3 000                            | 50                               |
| Coliformes fecales             | Col/100 mL             | < 2      | 600                              | **                               |

Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, marzo del 2003;

Tabla 1 y 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y doméstico.

Tabla 1: Las aguas requieren tratamiento convencional.

Tabla 2: Las aguas requieren solo desinfección.

\*\* = No establecido en la Tabla.

**4.- Responsables del Informe:**

Autorización:   
 Dr. Fabián Arias Arias.  
 DIRECTOR TÉCNICO



  
 Téc. Andrés Solís Plaza.  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-03

Página 1 de 1

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <br><b>LABSU</b><br>Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas | <b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b><br>Fray P. de Villanquemado S/N y Av. Labaka<br>E-mail: labsu@andinanet.net<br>Coca, Provincia de Orellana - Ecuador<br>Telefax:(593)06- 2881105 |  | <br><b>OAE</b><br>Organismo de Acreditación Ecuador<br>ENSAYOS<br>No OAE LE 2C 07-003 |
|   | <b>INFORME DE ENSAYO N°: 38 715</b>  |  |  |
| SPS: 10 - 1475  | Análisis de agua   |  |  |

Coca, 20 de abril de 2010

## Ing. Ernesto Beltrán.

Dirección: Coca.

### 1.- Datos generales:

Recogidas por.....Ing. Ernesto Beltrán.  
 Fecha hora de toma de muestra.....2 010 03 30 17:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio .....2 010 03 30 17:16.  
 Fecha del análisis .....2 010 03 30 a 2 010 04 10.  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 28,0°C T. Mín: 21,0°C  
 Código de LabSu .....Identificación de la muestra.  
 a 38 932.....Muestra de Agua de Pozo # 2, planta de tratamiento muestra # 2.

### 2.- Parámetros y métodos / Referencias:

| Ítem | Parámetros                    | Unidad                 | PEE-LABSU    | Métodos / Norma Referencia | Incertidumbre (K = 2) |
|------|-------------------------------|------------------------|--------------|----------------------------|-----------------------|
| 1    | Sulfatos                      | mg/L                   | PEE-LABSU-42 | SM 4500-SO4 = B            | ± 33%                 |
| 2    | Nitratos (N-NO <sub>3</sub> ) | mg/L                   | PEE-LABSU-18 | SM 4500-NO3 B              | —                     |
| 3    | Hierro total                  | mg/L                   | PEE-LABSU-27 | SM 3030 B, 3111 B          | ± 26%                 |
| 4    | Dureza Total                  | mg/L CaCO <sub>3</sub> | PEE-LABSU-59 | SM 2340 C                  | ± 8%                  |
| 5    | Coliformes totales            | Col/100 mL             | PEE-LABSU-44 | SM 9222 B                  | ± 12%                 |
| 6    | Coliformes fecales            | Col/100 mL             | PEE-LABSU-43 | SM 9222 D                  | ± 20%                 |

### 3.- Resultados:

| Parámetros                     | Unidad                 | a 38 932 | Límite máximo permisible Tabla 1 | Límite máximo permisible Tabla 2 |
|--------------------------------|------------------------|----------|----------------------------------|----------------------------------|
| Sulfatos                       | mg/L                   | 7,10     | 400                              | 400                              |
| *Nitratos (N-NO <sub>3</sub> ) | mg/L                   | <0,10    | 10                               | 10                               |
| Hierro total                   | mg/L                   | 8,07     | 1,0                              | 0,3                              |
| Dureza Total                   | mg/L CaCO <sub>3</sub> | 176,47   | 500                              | 500                              |
| Coliformes totales             | Col/100 mL             | <2       | 3 000                            | 50                               |
| Coliformes fecales             | Col/100 mL             | <2       | 600                              | **                               |

Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua, Registro oficial, marzo del 2003.

Tabla 1 y 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y doméstico.

Tabla 1: Las aguas requieren tratamiento convencional.

Tabla 2: Las aguas requieren solo desinfección.

\*\* = No establecido en la Tabla.

### 4.- Responsables del Informe:

Autorización:   
**Dr. Luis Fernando Soto**  
 DIRECTOR TÉCNICO



  
**Ing. Armando Meléndez**  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

**ANEXO F**  
**NORMAS INEN 1108 AGUA POTABLE**

CDU: 644.61  
ICS: 13.060.20



CIIU: 4200  
AL 01.06-401

|  |                                      |   |
|--|--------------------------------------|---|
| <b>Norma Técnica<br/>Ecuatoriana<br/>Obligatoria</b> | <b>AGUA POTABLE.<br/>REQUISITOS.</b> | <b>NTE INEN<br/>1 108:2006<br/>Segunda revisión<br/>2006-03</b> |
|--|--------------------------------------|---|

**1. OBJETO**

**1.1** Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

**2. ALCANCE**

**2.1** Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

**3. DEFINICIONES**

**3.1 Agua Potable.** Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

**3.2 Agua Cruda.** Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

**3.3 Límite máximo permisible.** Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano.

**3.4 UFC/ml.** Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

**3.5 NMP.** Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los Tubos múltiples.

**3.6 µg/l.** (microgramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

**3.7 mg/l.** (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

**3.8 Microorganismo patógeno.** Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

**3.9 Pesticidas.** Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repelar o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

**3.10 Desinfección.** Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

**3.11 Subproductos de desinfección.** Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

**3.12 Radio nucleido.** Nucleidos radiactivos; nucleidos: conjunto de átomos que tienen núcleos con igual número atómico Z y másico A.

**3.13 MBAS, ABS .** Sustancias activas al azul de metileno; Alquil Benceno Sulfonato.

**3.14 Cloro residual.** Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

**3.15 Dureza total.** Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.

(Continúa)

**3.16 Sólidos totales disueltos.** Fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos.

#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** Cuando el agua potable se utilice como materia prima para la elaboración de productos de consumo humano, la concentración de aerobios mesófilos, no deberá ser superior a 100 UFC/ml

#### 5. REQUISITOS

##### 5.1 Requisitos Específicos

**5.1.1** El Agua Potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación

| PARAMETRO                       | UNIDAD                            | Límite máximo Permissible |
|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| <b>Características físicas</b>  |                                   |                           |
| Color                           | Unidades de color verdadero (UTC) | 15                        |
| Turbiedad                       | NTU                               | 5                         |
| Olor                            | —                                 | no objetable              |
| Sabor                           | —                                 | no objetable              |
| pH                              | —                                 | 6,5 - 8,5                 |
| Sólidos totales disueltos       | mg/l                              | 1 000                     |
| <b>Inorgánicos</b>              |                                   |                           |
| Aluminio, Al                    | mg/l                              | 0,25                      |
| Amonio, (N-NH <sub>3</sub> )    | mg/l                              | 1,0                       |
| Antimonio, Sb                   | mg/l                              | 0,005                     |
| Arsénico, As                    | mg/l                              | 0,01                      |
| Bario, Ba                       | mg/l                              | 0,7                       |
| Boro, B                         | mg/l                              | 0,3                       |
| Cadmio, Cd                      | mg/l                              | 0,003                     |
| Cianuros, CN                    | mg/l                              | 0,0                       |
| Cloro libre residual*           | mg/l                              | 0,3 - 1,5                 |
| Cloruros, Cl                    | mg/l                              | 250                       |
| Cobalto, Co                     | mg/l                              | 0,2                       |
| Cobre, Cu                       | mg/l                              | 1,0                       |
| Cromo, Cr (cromo hexavalente)   | mg/l                              | 0,05                      |
| Dureza total, CaCO <sub>3</sub> | mg/l                              | 300                       |
| Estaño, Sn                      | mg/l                              | 0,1                       |
| Flúor, F                        | mg/l                              | 1,5                       |
| Fósforo, (P-PO <sub>4</sub> )   | mg/l                              | 0,1                       |
| Hierro, Fe                      | mg/l                              | 0,3                       |
| Litio, Li                       | mg/l                              | 0,2                       |
| Manganeso, Mn                   | mg/l                              | 0,1                       |
| Mercurio, Hg                    | mg/l                              | 0,0                       |
| Niquel, Ni                      | mg/l                              | 0,02                      |
| Nitratos, N-NO <sub>3</sub>     | mg/l                              | 10                        |
| Nitritos, N-NO <sub>2</sub>     | mg/l                              | 0,0                       |
| Plata, Ag                       | mg/l                              | 0,05                      |
| Plomo, Pb                       | mg/l                              | 0,01                      |
| Potasio, K                      | mg/l                              | 20                        |
| Selenio, Se                     | mg/l                              | 0,01                      |
| Sodio, Na                       | mg/l                              | 200                       |
| Sulfatos, SO <sub>4</sub>       | mg/l                              | 200                       |
| Vanadio, V                      | mg/l                              | 0,1                       |
| Zinc, Zn                        | mg/l                              | 3                         |
| <b>Radiactivos</b>              |                                   |                           |
| Radiación total α **            | Bq/l                              | 0,1                       |
| Radiación total β ***           | Bq/l                              | 1,0                       |

- Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

\*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Po, <sup>226</sup>Ra, <sup>228</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>239</sup>Pu

\*\*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup>Co, <sup>90</sup>Sr, <sup>90</sup>Sr, <sup>125</sup>I, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb, <sup>226</sup>Ra

(Continúa)

|                         |      |     |
|-------------------------|------|-----|
| <b>Orgánicos</b>        |      |     |
| Tensoactivos ABS (MBAS) | mg/l | 0,0 |
| Fenoles                 | mg/l | 0,0 |

### Sustancias Orgánicas

|   | Límite máximo µg/l |
|---|--------------------|
| <b>Alcanos Clorinados</b>                           |                    |
| - tetracloruro de carbono                           | 2                  |
| - diclorometano                                     | 20                 |
| - 1,2dicloroetano                                   | 30                 |
| - 1,1,1-tricloroetano                               | 2000               |
| <b>Etanos Clorinados</b>                            |                    |
| - cloruro de vinilo                                 | 5                  |
| - 1,1dicloroetano                                   | 30                 |
| - 1,2dicloroetano                                   | 50                 |
| - tricloroetano                                     | 70                 |
| - tetracloroetano                                   | 40                 |
| <b>Hidrocarburos Aromáticos</b>                     |                    |
| - benceno   | 10                 |
| - tolueno   | 170                |
| - xileno  | 500                |
| - etilbenceno                                       | 200                |
| - estireno  | 20                 |
| Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)             | 0,3                |
| <b>Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)</b> |                    |
| - benzo [a]pireno                                   | 0,01               |
| - benzo [a]fluoranteno                              | 0,03               |
| - benzo [k]fluoranteno                              | 0,03               |
| - benzo [ghi]pirileno                               | 0,03               |
| - indeno [1,2,3-cd]pireno                           | 0,03               |
| <b>Bencenos Clorinados</b>                          |                    |
| - monoclorobenceno                                  | 300                |
| - 1,2-diclorobenceno                                | 1000               |
| - 1,4-diclorobenceno                                | 300                |
| - triclorobencenos (total)                          | 20                 |
| di(2-etilhexil) adipato                             | 80                 |
| di(2-etilhexil) ftalato                             | 8                  |
| acrylamida  | 0,5                |
| epiclorohidrin                                      | 0,4                |
| hexaclorobutadieno                                  | 0,6                |
| Ácido etilendiaminatetracético EDTA                 | 200                |
| ácido nitrotriacético                               | 200                |
| óxido tributiltin                                   | 2                  |

(Continúa)

### Pesticidas

|  | Límite máximo µg/l |
|--|--------------------|
| Isoproturon  | 9                  |
| Lindano  | 2                  |
| Ácido 4-cloro-2-metilfenoxiacético MCPA                  | 2                  |
| Metoxycloro  | 10                 |
| Molinate   | 6                  |
| Pendimetalin   | 20                 |
| Pentaclorofenol  | 9                  |
| Permetrin  | 20                 |
| Propanil   | 20                 |
| Piridato   | 100                |
| Simazina   | 2                  |
| Trifluralin  | 20                 |
| Herbicidas Clorofenoxi, diferentes a 2,4-D y MCPA 2,4-DB | 90                 |
| Dicloroprop  | 100                |
| Fenoprop   | 9                  |
| Ácido 4-cloro-2-metilfenoxibutirico MCPB                 | 2                  |
| Mecoprop   | 10                 |
| 2,4,5-T  | 9                  |

### Residuos de desinfectantes

|                                   | Límite máximo µg/l |
|-----------------------------------|--------------------|
| Monocloramina, di- y tricloramina | 3                  |
| Cloro                             | 5                  |

### Subproductos de desinfección

|                             | Límite máximo µg/l |
|-----------------------------|--------------------|
| Bromato                     | 25                 |
| Clorito                     | 200                |
| Clorofenoles                |                    |
| - 2,4,6-triclorofenol       | 200                |
| Formaldeído                 | 900                |
| Trihalometanos              |                    |
| - bromoformo                | 100                |
| - diclorometano             | 100                |
| - bromodichlorometano       | 60                 |
| - cloroformo                | 200                |
| Ácidos acéticos clorinados  |                    |
| - ácido dicloroacético      | 50                 |
| - ácido tricloroacético     | 100                |
| Hidrato clorado             |                    |
| - tricloroacetaldeído       | 10                 |
| Acetonitrilos halogenados   |                    |
| - dicloroacetonitrilo       | 90                 |
| - dibromoacetonitrilo       | 100                |
| - tricloroacetonitrilo      | 1                  |
| Cianógeno clorado (como CN) | 70                 |

5.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos Microbiológicos.

(Continúa)

## Requisitos Microbiológicos

|   |                 |
|---|-----------------|
| Coliformes totales (1) NMP/100 ml             | Máximo<br>< 2 * |
| Coliformes fecales NMP/100 ml                 | < 2 *           |
| Criptosporidium, número de quistes/100 litros | ausencia        |
| Giardia Lambia, número de quistes/100 litros  | ausencia        |

\* < 2 significa que en el ensayo del NMP utilizando una serie de 5 tubos por dilución, ninguno es positivo

- (1) En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinen suficientes muestras, deberá dar ausencia en el 95 % de las muestras, tomadas durante cualquier período de 12 meses.

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis bacteriológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods)

6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

## 7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición.

(Continúa)

**ANEXO 1.  
(INFORMATIVO)**

**Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida**

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS EN LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE**

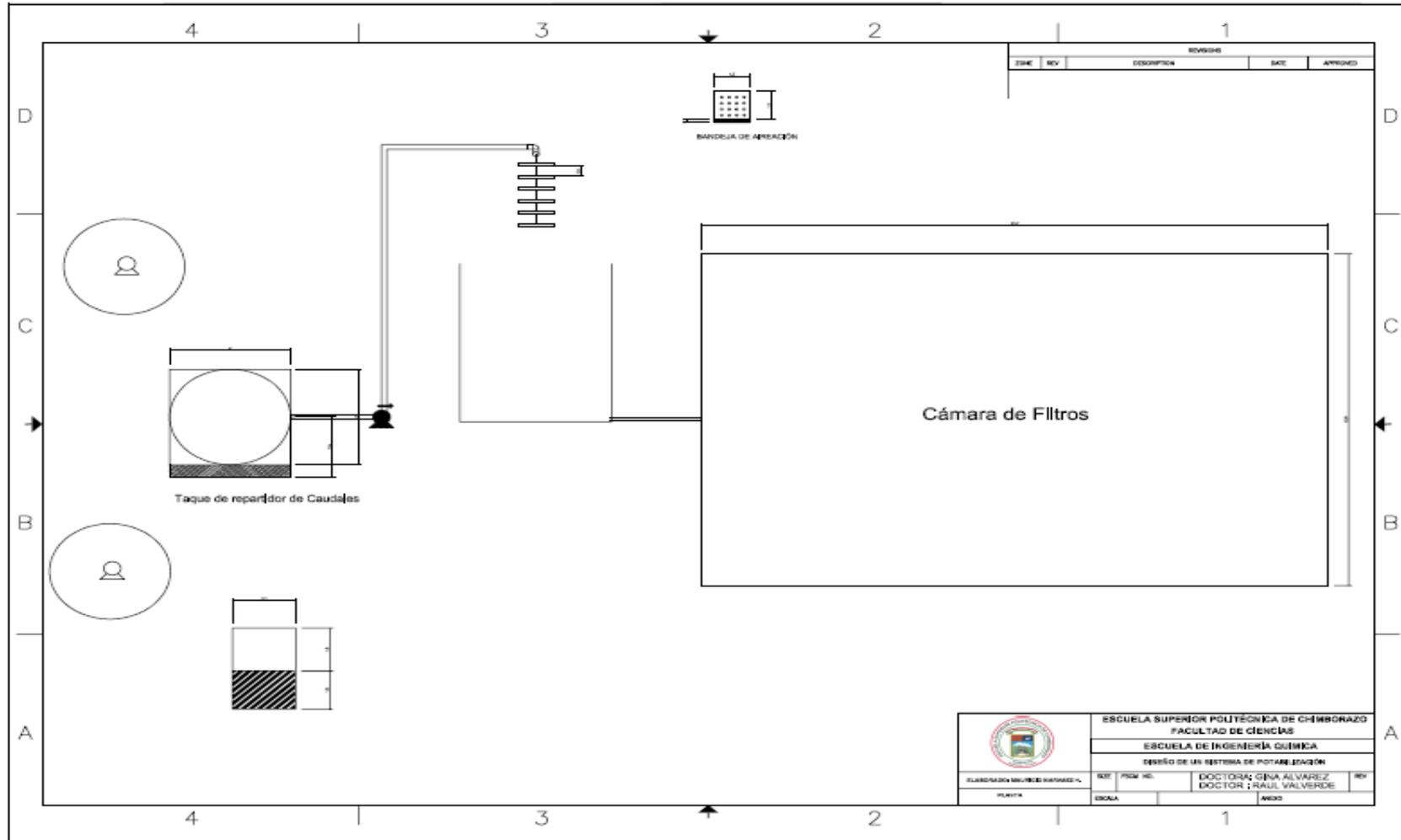
| <b>Población servida</b> | <b>Número mínimo Muestras /mes</b> | <b>Población servida</b> | <b>Número mínimo Muestras /mes</b> |
|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 25 a 1000                | 1                                  | 83001 a 90000            | 90                                 |
| 1001 a 2500              | 2                                  | 90001 a 96000            | 95                                 |
| 2501 a 3300              | 3                                  | 96001 a 111000           | 100                                |
| 3301 a 4100              | 4                                  | 111001 a 130000          | 110                                |
| 4101 a 4900              | 5                                  | 130001 a 160000          | 120                                |
| 4901 a 5800              | 6                                  | 160001 a 190000          | 130                                |
| 5801 a 6700              | 7                                  | 190001 a 220000          | 140                                |
| 6701 a 7600              | 8                                  | 220001 a 250000          | 150                                |
| 7601 a 8500              | 9                                  | 250001 a 290000          | 160                                |
| 8501 a 9400              | 10                                 | 290001 a 320000          | 170                                |
| 9401 a 10300             | 11                                 | 320001 a 360000          | 180                                |
| 10301 a 11100            | 12                                 | 360001 a 410000          | 190                                |
| 11101 a 12000            | 13                                 | 410001 a 450000          | 200                                |
| 12001 a 12900            | 14                                 | 450001 a 500000          | 210                                |
| 12901 a 13700            | 15                                 | 500001 a 530000          | 220                                |
| 13701 a 14600            | 16                                 | 530001 a 600000          | 230                                |
| 14601 a 15500            | 17                                 | 600001 a 660000          | 240                                |
| 15501 a 16300            | 18                                 | 660001 a 720000          | 250                                |
| 16301 a 17200            | 19                                 | 720001 a 780000          | 260                                |
| 17201 a 18100            | 20                                 | 780001 a 840000          | 270                                |
| 18101 a 18900            | 21                                 | 840001 a 910000          | 280                                |
| 18901 a 19800            | 22                                 | 910001 a 970000          | 290                                |
| 19801 a 20700            | 23                                 | 970001 a 1050000         | 300                                |
| 20701 a 21500            | 24                                 | 1050001 a 1140000        | 310                                |
| 21501 a 22300            | 25                                 | 1140001 a 1230000        | 320                                |
| 22301 a 23200            | 26                                 | 1230001 a 1320000        | 330                                |
| 23201 a 24000            | 27                                 | 1320001 a 1420000        | 340                                |
| 24001 a 24900            | 28                                 | 1420001 a 1520000        | 350                                |
| 24901 a 25000            | 29                                 | 1520001 a 1630000        | 360                                |
| 25001 a 28000            | 30                                 | 1630001 a 1730000        | 370                                |
| 28001 a 33000            | 35                                 | 1730001 a 1850000        | 380                                |
| 33001 a 37000            | 40                                 | 1850001 a 1970000        | 390                                |
| 37001 a 41000            | 45                                 | 1970001 a 2060000        | 400                                |
| 41001 a 46000            | 50                                 | 2060001 a 2270000        | 410                                |
| 46001 a 50000            | 55                                 | 2270001 a 2510000        | 420                                |
| 50001 a 54000            | 60                                 | 2510001 a 2750000        | 430                                |
| 54001 a 59000            | 65                                 | 2750001 a 3020000        | 440                                |
| 59001 a 64000            | 70                                 | 3020001 a 3320000        | 450                                |
| 64001 a 70000            | 75                                 | 3320001 a 3620000        | 460                                |
| 70001 a 76000            | 80                                 | 3620001 a 3960000        | 470                                |
| 76001 a 83000            | 85                                 | 3960001 a 4310000        | 480                                |
|                          |                                    | 4310001 a 4690000        | 490                                |
|                          |                                    | Sobre 4690000            | 500                                |

Fuente: Interim Primary Drinking Water Standards – Environmental Protection Agency (EPA), 1975

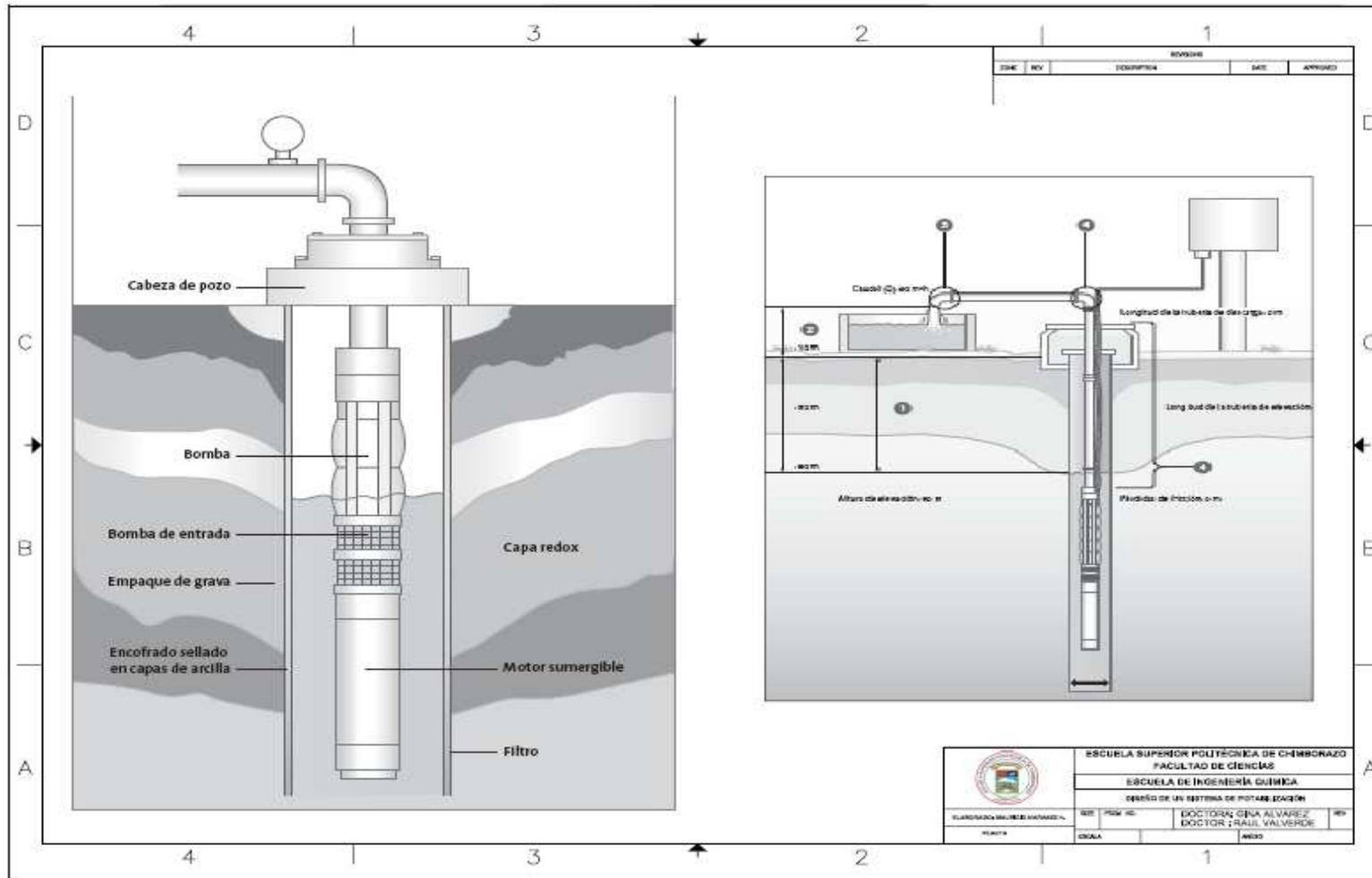
Bibliografía:

CETESB. Compañía de tecnología de Saneamiento Ambiental. Control de Calidad del Agua Potable para consumo humano. Bases conceptuales y Operacionales. Sao Paulo, 1977

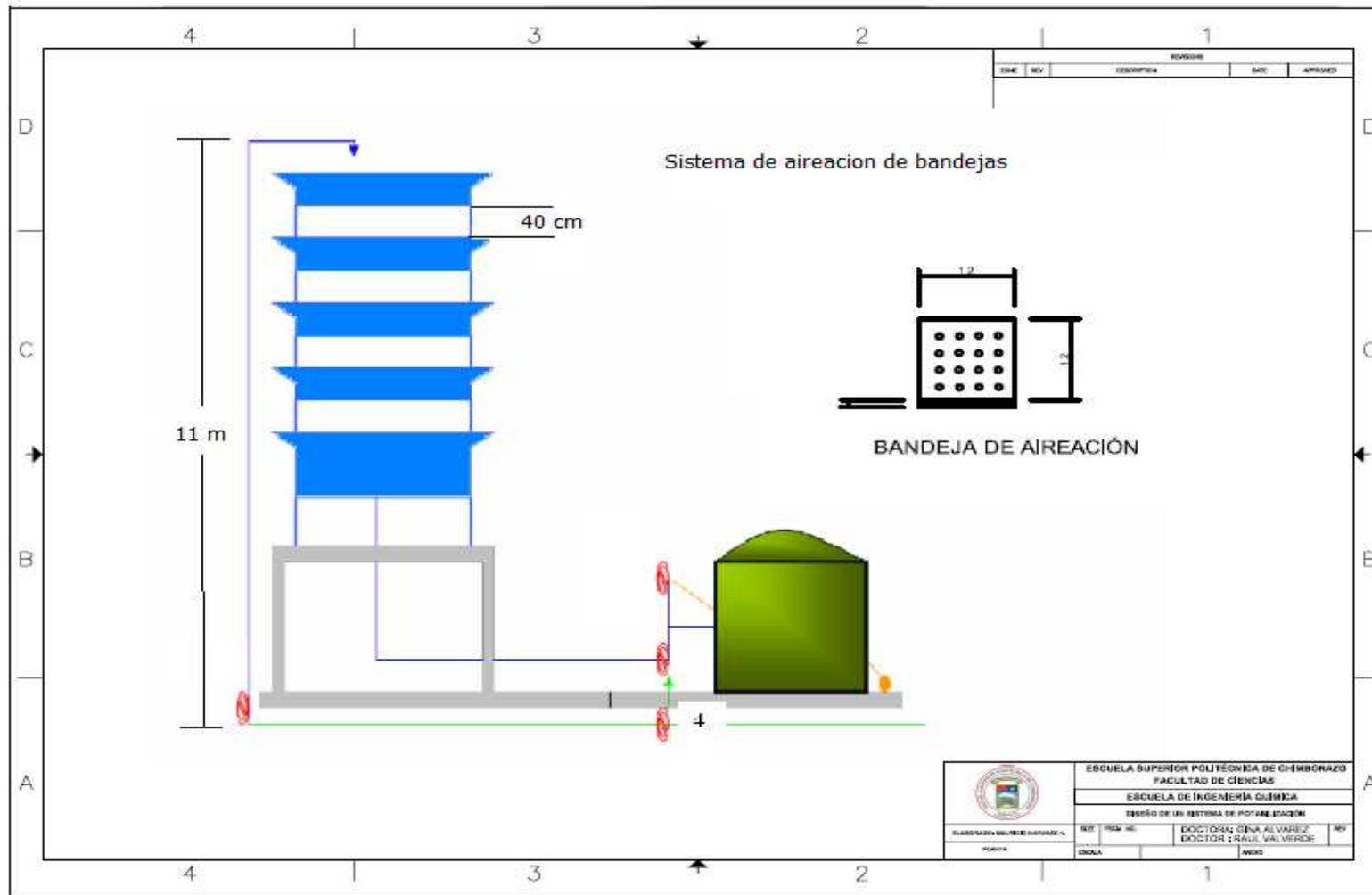
## ANEXO G SISTEMA PROPUESTO PARA LA POTABILIZACIÓN A PARTIR DE AGUAS SUBTERRÁNEAS



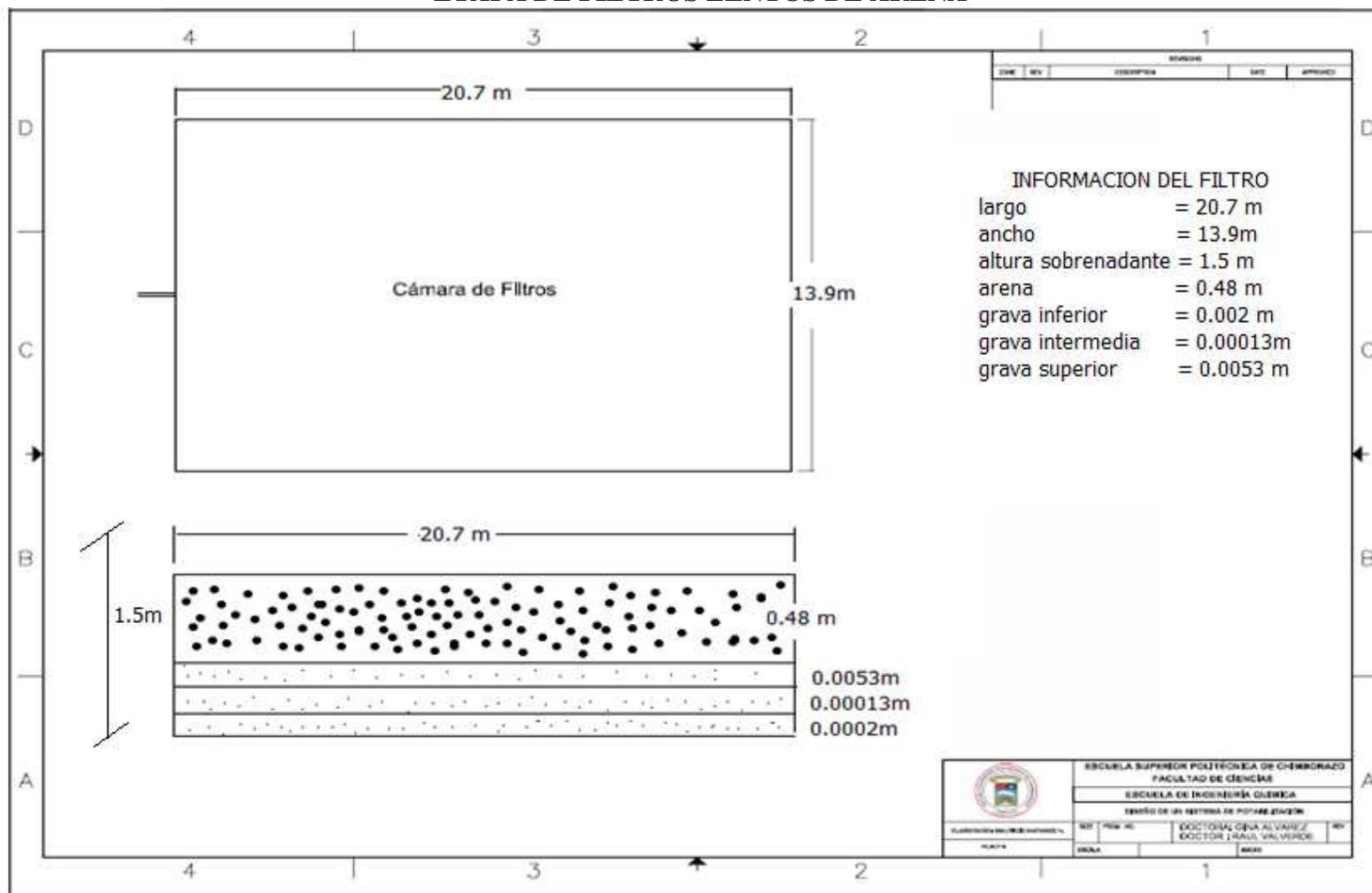
## ANEXO H BOMBA SUMERGIBLE



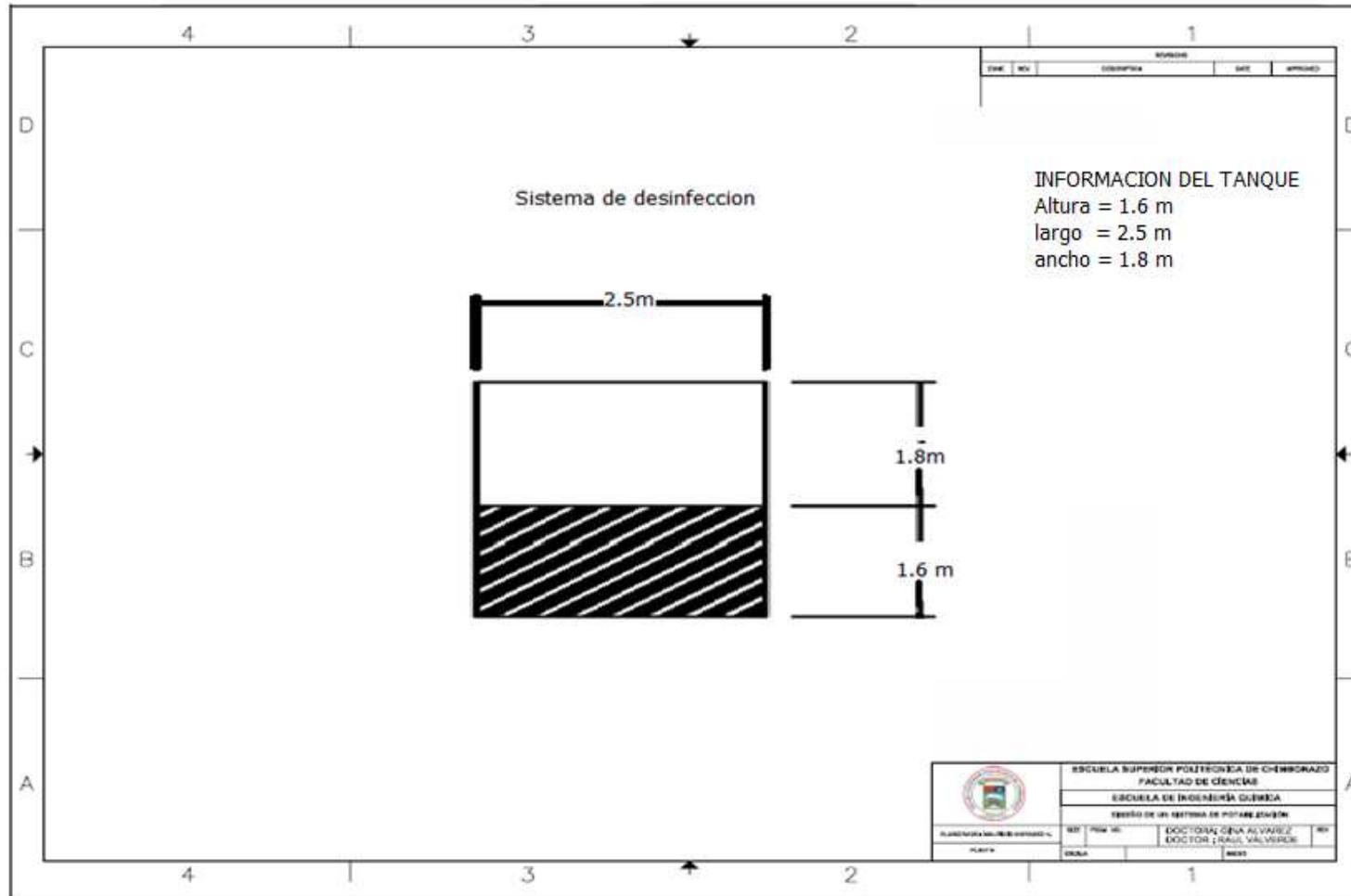
## ANEXO I ETAPA DE AIREACION DE BANDEJAS



## ANEXO J ETAPA DE FILTROS LENTOS DE ARENA



**ANEXO K**  
**ETAPA DE DESINFECCIÓN ( TANQUE DE CLORACIÓN PROPUESTO).**



# FOTOGRAFÍAS

## FOTOGRAFÍA DEL POZO 1

A



B



**Fotografía A (100metros del rio aproximadamente)**

**Fotografía B (50 metros de la planta de Agua potable LOS ÁLAMOS)**

## FOTOGRAFÍA DEL POZO 2

A



B



Fotografía A (50 metros del rio aproximadamente)

Fotografía B (30 metros de la planta de Agua potable LOS ÁLAMOS)

**FOTOGRAFÍAS DE LOS POZOS DE AGUA SUBTERRÁNEA  
PROFUNDIDAD 40 METROS**

POZO P<sub>1</sub>



POZO P<sub>2</sub>



**FOTOGRAFÍAS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS.**  
**PHMETRO**  
**(pH)**



**CONDUCTÍMETRO**  
**(CONDUCTIVIDAD)**



TURBIDIMETRO  
(TURBIEDAD)



ESPECTOFOTÓMETRO  
(AMONIOS, HIERRO, FOSFATOS, NITRITOS, NITRATOS, SULFATOS)



TITULACIÓN  
CLORUROS



ALCALINIDAD



DUREZA



## FOTOGRAFÍAS DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

### FILTRACIÓN DE MEMBRANAS



### COLOCACIÓN DE LA MEMBRANA FILTRANTE EN LA CAJA DE PETRI



PLACAS DE PETRI CON LAS MUESTRAS DE COLIFORMES FECALES Y  
TOTALES.

