



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA LA PARROQUIA SANTIAGO DE CALPI,
CANTÓN RIOBAMBA”**

Trabajo de titulación presentado para optar el grado académico de
INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: KARINA GABRIELA SALAZAR LLANGARI
TUTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SANTIAGO DE CALPI, CANTÓN RIOBAMBA”, de responsabilidad de la señorita Karina Gabriela Salazar Llangari ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal, quedando autorizado su presentación.

| NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|---|-------|-------|
| Ing. Marco Chuiza DIRECTOR | _____ | _____ |
| Ing. Mario Villacres MIEMBRO DEL TRIBUNAL | _____ | _____ |
| DOCUMENTALISTA SISBIB - ESPOCH | _____ | _____ |

Yo, KARINA GABRIELA SALAZAR LLANGARI, soy responsable de todo su contenido así también de los resultados de esta investigación mostrados y el patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Karina Gabriela Salazar Llangari

AGRADECIMIENTO

Agradezco al GAD de Santiago de Calpi y a la junta administrativa de Agua Potable de la Parroquia, que me permitieron realizar la investigación.

Quiero agradecer de modo especial al Ingeniero Marco Chuiza y al Ingeniero Mario Villacres por sus valiosos consejos en la elaboración del presente trabajo de titulación.

KARINA

DEDICATORIA

A Dios, porque siempre he confiado mi vida y he puesto en sus manos mi destino; mi creencia y mi amor hacia él son profundos; el cual me guio con sabiduría hasta el término de la carrera profesional.

A mis padres María Dolores Ll. y Marco Vinicio S. que me apoyaron en cada paso de mi vida; me transmitieron esas ganas de luchar día a día, confiando en mí. Ésta es una de las metas que me propuse y gracias a su apoyo culminé con éxito, sus palabras de superación y aliento me impulsa a ser mejor cada día.

A mis hermanos Darwin y Marco S. Ll que estuvieron conmigo en los momentos más importante de mi carrera brindándome todo su cariño; son mi inspiración para haber llegado a donde estoy ahora.

En especial dedico este trabajo a mi hijo Santiago Cazorla que es el motor de mi vida, quien me da la fuerza suficiente para lograr todos mis objetivos; admiro su bondad e inteligencia; con él supimos aprovechar el tiempo para estar siempre juntos y aprender que las cosas que deseamos cuestan mucho trabajo pero nada en la vida es imposible.

KARINA

CONTENIDO

| | |
|---------------------------|--------------|
| RESUMEN | xviii |
| ABSTRACT | xix |
| INTRODUCCIÓN | xx |

CAPÍTULO I

| | | |
|----------|--------------------------------|----------|
| 1 | MARCO TEÓRICO | 1 |
| 1.1 | El Agua | 1 |
| 1.1.1 | Tipos de aguas..... | 2 |
| 1.1.1.1 | Agua cruda. | 2 |
| 1.1.1.2 | Agua superficial. | 2 |
| 1.1.1.3 | Agua subterránea..... | 3 |
| 1.1.1.4 | Agua de consumo humano | 3 |
| 1.1.1.5 | Agua potable | 3 |
| 1.2. | Características del agua..... | 4 |
| 1.2.1 | Físicas..... | 4 |
| 1.2.2 | Químicas | 6 |
| 1.2.3. | Biológicas..... | 9 |
| 1.3 | Calidad del agua potable | 10 |
| 1.4. | Sistema de agua potable. | 10 |
| 1.5 | Proceso de potabilización..... | 11 |
| 1.5.1 | Captación. | 11 |
| 1.5.2 | Conducción | 11 |
| 1.5.3 | Tratamiento | 11 |
| 1.5.3.1 | Almacenamiento | 12 |
| 1.5.3.2 | Aireación | 12 |
| 1.5.3.3 | Mezcla rápida..... | 13 |
| 1.5.3.4 | Coagulación | 13 |
| 1.5.3.5 | Floculación..... | 15 |
| 1.5.3.6 | Sedimentación..... | 17 |
| 1.5.3.7 | Filtración | 27 |
| 1.5.3.8 | Adsorción | 39 |
| 1.5.3.9 | Intercambio Iónico | 41 |
| 1.5.3.10 | Desinfección..... | 44 |

| | | |
|----------|---|----|
| 1.5.3.11 | Cloración | 45 |
| 1.6 | Muestreo..... | 47 |
| 1.6.1 | Tipos de muestras..... | 47 |
| 1.6.1.1 | Muestras de aguas | 47 |
| 1.6.2 | Técnicas de toma de muestra | 47 |
| 1.6.2.1 | Toma de muestra Manual..... | 47 |
| 1.6.2.2 | Toma de muestra Microbiológica | 47 |
| 1.6.3 | Toma y conservación de muestras de agua | 48 |
| 1.6.3.1 | Toma de muestras | 48 |
| 1.7 | Consideraciones generales del rediseño | 49 |
| 1.7.1 | Principios de operación | 49 |
| 1.7.2 | Principios de mantenimiento..... | 50 |

CAPÍTULO II

| | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|----|
| 2. PARTE EXPERIMENTAL..... | 51 | |
| 2.1 | Diagnóstico | 51 |
| 2.2 | Población y muestra | 52 |
| 2.3 | Metodología | 54 |
| 2.3.2 | Métodos..... | 55 |
| 2.3.3 | Técnicas | 58 |
| 2.3.3.1 | Potencial de Hidrógeno pH | 58 |
| 2.3.3.2 | Conductividad | 58 |
| 2.3.3.3. | Turbidez | 58 |
| 2.3.3.4. | Dureza | 59 |
| 2.3.3.5. | Calcio | 59 |
| 2.3.3.6. | Alcalinidad | 60 |
| 2.3.3.7. | Cloruros..... | 60 |
| 2.3.3.8. | Sulfatos..... | 61 |
| 2.3.3.9. | Nitritos | 61 |
| 2.3.3.10. | Color..... | 62 |
| 2.3.3.11. | Nitratos..... | 62 |
| 2.3.3.12. | Fosfatos | 63 |
| 2.3.3.13. | Hierro | 64 |
| 2.3.3.14. | Sólidos Totales | 64 |
| 2.3.3.15. | Sólidos Totales Disueltos | 64 |
| 2.3.3.16 | Contaminación Microbiológica..... | 65 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.4 | Datos Experimentales..... | 65 |
| 2.4.1 | Medidas de caudal..... | 65 |
| 2.4.2 | Caracterización del agua en condiciones de diagnóstico | 66 |
| 2.4.3 | Parámetros fuera de norma..... | 69 |

CAPÍTULO III

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3. | CÁLCULOS Y RESULTADOS..... | 70 |
| 3.1 | CÁLCULOS..... | 70 |
| 3.1.1 | Pruebas de tratabilidad | 70 |
| 3.1.1.1 | Pruebas de Jarras con policloruro..... | 70 |
| 3.1.1.2 | Filtración con Zeolita | 70 |
| 3.1.1.3 | Cloración..... | 71 |
| 3.1.2 | Cálculos..... | 71 |
| 3.1.2.1 | Población futura. | 71 |
| 3.1.2.2. | Nivel de complejidad | 72 |
| 3.1.2.3 | Dotación neta. | 72 |
| 3.1.2.4 | Pérdidas técnicas | 72 |
| 3.1.2.5 | Caudal Medio Diario (cmd) | 73 |
| 3.1.2.6 | Caudal Máximo Diario (CMD)..... | 73 |
| 3.1.2.7 | Caudal Máximo horario (CMH)..... | 74 |
| 3.1.2.8 | Cálculos y dimensiones del sedimentador | 75 |
| 3.1.2.9 | Cálculos y dimensiones del filtro | 79 |
| 3.1.3 | Presupuesto del Rediseño del sistema..... | 86 |
| 3.1.3.1 | Construcción del sedimentador y sistema de filtración..... | 86 |
| 3.1.3.2 | Costos de operación diaria | 89 |
| 3.2 | Resultados | 89 |
| 3.2.1 | Resultado de la dosificación de PAC | 89 |
| 3.2.3 | Resultados de la caracterización | 92 |
| 3.2.4 | Resultados del rediseño..... | 93 |
| 3.3 | Discusión..... | 95 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| CONCLUSIONES..... | 96 |
|--------------------------|-----------|

| | |
|-----------------------------|-----------|
| RECOMENDACIONES..... | 97 |
|-----------------------------|-----------|

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|-----------------------|---|
| A_{of} | Área Sistema de drenaje |
| A_{sf} | Área superficial del filtración |
| A_s | Área superficial |
| A₀ | Área total de cada orificio |
| a₀ | Área del orificio |
| al | Espacio entre filas |
| a₂ | Espacio entre columnas |
| b | Ancho del filtro |
| CMD | Caudal máximo Diario |
| CMH | Caudal máximo horario |
| Cmd | Caudal medio Diario |
| D_{Te} | Diámetro de a tubería de entrada |
| D_{Ts} | Diámetro de a tubería de salida |
| H' | Pendiente del sedimentador |
| h | Porción de altura de la pantalla difusora |
| H₂ | Vertedero de salida |
| H | Profundidad |
| K | Coeficiente |
| L | Longitud del sedimentador |

| | |
|----------------------------|---------------------------------|
| L_f | Longitud del filtro |
| L_2 | Largo |
| n_f | Número de filtros |
| N | Número de orificios |
| N_L | Número de laterales |
| P_f | Población Futura |
| V_{CL} | Cantidad de agua para el lavado |
| V_H | Velocidad Horizontal |
| VR | Velocidad de filtración |
| V_1 | Velocidad optima de lavado |
| T_f | Tiempo de funcionamiento |
| T_0 | Tiempo de retención |
| Z_f | Altura del filtro |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tabla 1.1 | Propiedades de los coagulantes comunes..... | 14 |
| Tabla 2.1 | Criterios de Diseño para filtración | 30 |
| Tabla 3.1 | Parámetro de diseño de filtros lentos de arena..... | 33 |
| Tabla 4.1 | Lechos de arena para filtros rápidos..... | 36 |
| Tabla 5.1 | Carbones de clase antracítica | 37 |
| Tabla 6.1 | Consideraciones generales sobre operación y mantenimiento de cloradores..... | 44 |
| Tabla 7.1 | Dosificación | 44 |
| Tabla 8.2 | Métodos de Análisis de Aguas..... | 55 |
| Tabla 9.2 | STANDARD METHODS *4500 HB | 58 |
| Tabla 10.2 | STANDARD METHODS *2510..... | 58 |
| Tabla 11.2 | STANDARD METHODS *2130 B | 58 |
| Tabla 12.2 | STANDARD METHODS *2340 B Y C..... | 59 |
| Tabla 13.2 | STANDARD METHODS *3500 Ca | 59 |
| Tabla 14.2 | STANDARD METHODS *2320 B | 60 |
| Tabla 15.2 | STANDARD METHODS *4500 Cl B | 60 |
| Tabla 16.2 | STANDARD METHODS *4500 SO ₄ E..... | 61 |
| Tabla 17.2 | STANDARD METHODS *4500 NO ₂ | 61 |
| Tabla 18.2 | MÉTODO HACH *8025 | 62 |
| Tabla 19.2 | MÉTODO HACH *8039 | 62 |
| Tabla 20.2 | MÉTODO HACH *8048 | 63 |
| Tabla 21.2 | MÉTODO HACH *8008 | 64 |
| Tabla 22.2 | STANDARD METHODS *2540..... | 64 |
| Tabla 23.2 | MÉTODO HACH* | 64 |
| Tabla 24.2 | STANDARD METHODS *9050 A y C | 65 |
| Tabla 25.2 | MEDIDA DEL CAUDAL | 65 |
| Tabla 26.2 | Caracterización Físico químico y microbiológico del agua | 67 |
| Tabla 27.2 | Parámetros fuera de los límites máximos permisibles | 69 |
| Tabla 28.3 | Dosificación de hipoclorito de calcio..... | 71 |
| Tabla 29.3 | Nivel de Complejidad del Sistema | 72 |
| Tabla 30.3 | Dotación neta | 72 |
| Tabla 31.3 | Pérdidas técnicas | 73 |
| Tabla 32.3 | Valores de K1 | 74 |
| Tabla 33.3 | Valores de K2..... | 74 |
| Tabla 34.3 | Datos primarios | 75 |
| Tabla 35.3 | Medio filtrante..... | 83 |

| | | |
|-------------------|---|----|
| Tabla 36.3 | Demanda de cloro para Aguas | 84 |
| Tabla 37.3 | Dosificación actual..... | 84 |
| Tabla 38.3 | Dosificación de rediseño | 85 |
| Tabla 39.3 | Costos de construcción del sedimentador y sistema de filtración..... | 86 |
| Tabla 40.3 | Costos de operación | 89 |
| Tabla 41.3 | Resultados prueba de jarras..... | 89 |
| Tabla 42.3 | Resultados de filtración por Zeolita | 90 |
| Tabla 43.3 | Resultados de la caracterización entre el agua actual del sistema y agua tratada..... | 92 |
| Tabla 44.3 | Resultado del Rediseño | 93 |
| Tabla 45.3 | Sedimentador simple..... | 93 |
| Tabla 46.3 | Filtración | 94 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|--------------------|--|----|
| Figura 1.1 | Escala de pH..... | 6 |
| Figura 2.1 | Aireadores difusores..... | 12 |
| Figura 3.1 | Aireadores de bandeja múltiple..... | 13 |
| Figura 4.1 | Tipos de floculantes mecánicos..... | 16 |
| Figura 5.1 | Tipos de Floculadores hidráulicos..... | 17 |
| Figura 6.1 | Diagrama para genético..... | 18 |
| Figura 7.1 | Velocidad de Sedimentación..... | 20 |
| Figura 8.1 | Drenaje con tuberías perforadas..... | 39 |
| Figura 9.1 | Zeolita..... | 43 |
| Figura 10.2 | Envases para toma de muestras..... | 53 |
| Figura 11.2 | Cooler, envases y preservantes térmicos..... | 54 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | | |
|--------------------|---|----|
| Gráfico 1.2 | Parámetros fuera de norma..... | 69 |
| Gráfico 2.3 | Prueba de jarras con PAC Elaborado por: Karina Salazar 2015 | 90 |
| Gráfico 3.3 | Filtración con zeolita muestra con PAC..... | 91 |
| Gráfico 4.3 | Filtración con zeolita muestra agua cruda..... | 91 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|-----------------------|----|
| Ec. 1.1 | 6 |
| Ec. 2.1 | 20 |
| Ec. 3.1 | 22 |
| Ec. 4.1 | 23 |
| Ec. 5.1 | 23 |
| Ec. 6.1 | 24 |
| Ec. 7.1 | 24 |
| Ec. 8.1 | 24 |
| Ec. 9.1 | 25 |
| Ec. 10.1 | 25 |
| Ec. 11.1 | 25 |
| Ec. 12.1 | 26 |
| Ec. 13.1 | 26 |
| Ec. 14.1 | 26 |
| Ec. 15.1 | 26 |
| Ec. 16.1 | 31 |
| Ec. 17.1 | 32 |
| Ec. 18.1 | 32 |
| Ec. 19.1 | 32 |
| Ec. 20.1 | 32 |
| Ec. 21.1 | 33 |
| Ec. 22.1 | 34 |
| Ec. 23.1 | 34 |
| Ec. 24.1 | 34 |
| Ec. 25.1 | 35 |
| Ec. 26.1 | 35 |
| Ec. 27.1 | 35 |
| Ec. 28.1 | 36 |
| Ec. 29.3 | 71 |
| Ec. 30.3 | 73 |
| Ec. 31.3 | 73 |
| Ec. 32.3 | 74 |
| Ec. 33.3 | 74 |

ÍNDICE DE REACCIONES

| | |
|-----------------------|----|
| Rx. 1.1 | 7 |
| Rx. 2.1 | 7 |
| Rx. 3.1 | 7 |
| Rx. 4.1 | 8 |
| Rx. 5.1 | 8 |
| Rx. 6.1 | 8 |
| Rx. 7.1 | 9 |
| Rx. 8.1 | 15 |
| Rx. 9.1 | 46 |
| Rx. 10.1 | 46 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** NTE INEN 1 108:2011
- ANEXO B.** FICHA TECNICA PAC
- ANEXO C.** COTIZACION DE LA ZEOLITA
- ANEXO D.** FICHA TECNICA DE ZEOLIT
- ANEXO E.** CARACTERIZACION INICIAL
- ANEXO F.** CARACTERIZACION DESPÚES DE LA TRATABILIDAD
- ANEXO G.** REDISEÑO DEL SISTEMA

RESUMEN

Se realizó el Rediseño del Sistema de Tratamiento de agua potable la Parroquia Santiago de Calpi del Cantón Riobamba para dotar a la población de un recurso de calidad, que permita el consumo sin ningún riesgo para la salud de los 698 habitantes. Se recolectó varias muestras para la caracterización físico química y microbiológica del agua para analizarlo en diferentes laboratorios. Los principales parámetros in situ que se analizaron fue pH, conductividad y temperatura, comprobando el estado actual del agua, tomando como referencia la Norma NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable”, además se estableció pruebas a escala de laboratorio con la utilización de vasos de precipitación, pipetas y técnicas adecuadas como el STANDARD METHODS. Una vez analizados los 21 parámetros que se caracterizó en esta investigación, existió una alteración en fosfatos con 1,45 mg/L; fluoruros 2,01 mg/L; Coliformes totales y Coliformes fecales mayor a 1 UFC/100ml. La tratabilidad se la realizó con Policloruro de aluminio (PAC), pero este método no fue favorable, se prosiguió con la utilización de Zeolita previamente activada con cloruro de sodio al 10 % cuya función principal es el intercambio iónico y se logró la remoción de fosfatos en un 82,07 %; fluoruros 64,7 % y se eliminó microorganismos del 100 % con una dosificación de hipoclorito de calcio. Se concluye que el rediseño es apto para la implementación en la parroquia ya que cumple con los parámetros que establece la norma. Por lo tanto es recomendable la utilización de Zeolita para el rediseño del sistema de tratamiento de agua potable.

PALABRAS CLAVES: AGUA NO POTABLE, <SISTEMA DE POTABILIZACIÓN> <NORMA TÉCNICA ECUATORIANA [INEN 1108 2011] > <CARACTERIZACIÓN> <CALPI PARROQUIA> <SEDIMENTACIÓN> <FILTRACION> <INTERCAMBIO IONICO> <ZEOLITA > <REDISEÑO>

ABSTRACT

It was conducted a redesign study for the treatment system of drinking water from Santiago de Calpi, belonging to Riobamba canton; in order to provide its inhabitants a quality resource, enabling them to consume water without any risk to the health of the 98 people living in the region. Several samples of water were collected to be subjected to physical-chemical and microbiological characterization to be analyzed in different laboratories. The main parameters analyzed in situ were; pH, conductivity and temperature by checking the current state of water and taking as referential point the Technical Ecuadorian Regulations INEN 1108:2011 “Drinking Water”, in addition, laboratory scale test were established with the use of beakers, pipettes and appropriate techniques as the STANDARS METHODS. Having analyzed the 21 parameters characterized in this study; there was an alteration in phosphates with 1,45 mg/l, fluorides 2,01 mg/l, total coliform and fecal coliforms; more than 1UFC/100ml. The treatability was measured with Poly-Aluminum Chloride (PAC), but this method was not favourable, then, it was used zeolite previously activated with sodium chloride at 10% whose main function is the ionic exchange and the removal of phosphate was achieved in an 82,07%, fluoride 64,7%, also, microorganisms were removed in a 100% at a dosage of hypochlorite of calcium. It is concluded that the implementation of this redesign system is suitable for this region as this procedure complies the parameters established by the quality regulations. Hence, the use of zeolite for redesigned the system of drinking water is recommended.

DESCRIPTORS: <PURIFICATION SYSTEM>, <TECHNICAL ECUADORIAN REGULATIONS [INEN 1108:2011]>, <CHARACTERIZATION>, <CALPI>, <SEDIMENTATION>, <FILTRATION>, <IONIC EXCHANGE>, <ZEOLITE [MINERAL-NATURAL]>, <REDESIGN>

INTRODUCCIÓN

El rediseño en la potabilización constituye uno de los procesos más importantes para toda la población en general. La función principal del rediseño es ofrecer agua potable para todos los habitantes, con el fin de garantizar la calidad de la misma para los habitantes de la Parroquia Santiago de Calpi.

Esta investigación fue realizada gracias a la autorización de la Junta Administrativa de Agua Potable de la Parroquia Santiago de Calpi, donde las autoridades tienen el propósito de mejorar la calidad del agua para las siguientes generaciones, así cumpliendo con todas las condiciones que requiere el Rediseño.

Para iniciar esta investigación en el Rediseño del Sistema de Tratamiento de Agua Potable para la Parroquia Santiago de Calpi, Cantón Riobamba, se realizaron estudios de las propiedades del agua, como primer punto en la fuente subterránea de Shobol perteneciente a San Juan ubicada a 25 minutos de la Parroquia Santiago de Calpi.

El sistema de tratamiento es antiguo con pocos recursos para la distribución de agua potable, que al momento de realizar la caracterización físico químico y microbiológico, se pudo evidenciar varios parámetros fuera de los límites permisibles en la Norma NTE INEN 1108: 2011. “Agua Potable”

Por lo cual se plantea el rediseño y un tratamiento con técnicas modernas simples para adaptar al sistema actual, que permita cubrir las necesidades de los habitantes y para obtener un fácil manejo en el sistema, donde se desea el buen funcionamiento de la potabilización y lograr que todos los parámetros cumplan con los límites permisibles la Norma NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable”

ANTECEDENTES

El 13 de Noviembre del 1846, por decreto de la Ley de Régimen Administrativo de División Territorial, publicada como Ley N°1 de fecha 22 de abril de 1897, en el Registro oficial N°350, Calpi fue elevada a cartografía Parroquial Civil, junto con Chambo, Flores, Licán, Licto, Pungalá, Punín y Quimiag, únicas parroquias rurales del Cantón Riobamba en esos entonces. Se encuentra entre las poblaciones más antiguas del Ecuador, ya que su establecimiento se remonta a los primeros años de la Colonia, cuando nuestro territorio se llamaba Real Audiencia de Quito.

Como parroquia Civil se estableció el 13 de Noviembre de 1830, pertenecieron al Cantón Guano, este Decreto lo suscribieron el encargado del Poder Pablo Merino y el entonces Ministerio de Gobierno General. Posteriormente, en el año de 1846, Calpi fue reintegrada al cantón Riobamba.

Se encuentra ubicada a 15 minutos de la ciudad de Riobamba, cuenta con 6469 habitantes 3012 hombres y 3457 mujeres según datos del censo de población y vivienda del 2010, con una extensión 5353,366 hectáreas y una altura 3200 msnm.

Los límites de la Parroquia de Santiago de Calpi son:

- Norte: Comunidades de San Andrés, Cantón Guano
- Sur: Río Chibunga, Comunidades Gatazos Cantón Colta
- Este: Parroquia Licán, Cantón Riobamba
- Oeste: Parroquia San Juan.
-

Calpi consta de 17 comunidades que integran la parroquia y son: Asunción, Palacio Real, Francisco de Cunuguachay, Nitiluisa, La Moya, Jatari Campesino, Rumicruz, San Vicente de Luisa, San José de Gaushi, Bayushí San Vicente, Calpiloma, San José de Chancahuan, San José de Bayobug Chamboloma, Chiquicaz, Telempala.

La zona urbana de la parroquia se divide en 11 barrios, el Progreso, las Fumarolas, los Pinos, la Nubecita, el Complejo, el Belén, Guayaquil, la Florida, Jesús del buen poder, el Panecillo, Barrio Central con una extensión de 664.663ha, conforman la cabecera parroquial de Santiago de Calpi lo cual nos da una superficie total de la Parroquia de 5353.366ha. (GADP-CALPI, 2014, www.santiagodecalpi.gob.ec)

JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso importante para sobrevivir, el cual son beneficiadas 1826 familias, cabe mencionar que la mayoría de comunidades cuentan con agua entubada, solo las comunidades de Asunción, Palacio Real, San Francisco de Cunuguachay y la cabecera Parroquial disponen de agua potable.

Pero la falta de etapas en el proceso de la potabilización por donde circula el agua, afecta una vez llegado al almacenamiento provocando daños en la salud de los habitantes que la consumen. Al ser agua potable debe cumplir con todos los requisitos para garantizar la calidad, en la actualidad con la tecnología avanzada existen varias formas para el tratamientos de la misma .

La Parroquia de Santiago Calpi cuenta con un sistema de distribución de agua potable para consumo doméstico, existe varios problemas en los habitantes principalmente enfermedades gastrointestinales, esto es muy perjudicial para la salud y afectará a futuras generaciones.

Las autoridades de la Parroquia de Santiago de Calpi, por este motivo expusieron la necesidad de realizar el Rediseño del Sistema de potabilización de la Parroquia Santiago de Calpi, para mejorar la calidad de vida de los habitantes, así cumplir con las normas y requisitos.

Este estudio consiste en el análisis profundo de la calidad de vida que tienen los habitantes por medio del sistema de potabilización para así buscar el problema principal que está afectando en la actualidad.

Por estas razones es muy importante este estudio donde se realizará exclusivamente para la cabecera parroquial de Santiago de Calpi el cual está generando el problema.

OBJETIVOS

GENERAL

Rediseñar el Sistema de Tratamiento de Agua Potable para la Parroquia Santiago de Calpi, Cantón Riobamba.

ESPECIFICOS

Diagnosticar el estado del Sistema de Tratamiento actual de la Parroquia Santiago de Calpi.

Caracterizar físico-química y microbiológicamente el agua proveniente del Sistema de Tratamiento la Parroquia Santiago de Calpi.

Realizar pruebas de tratabilidad que permita disminuyan los contaminantes presentes en el agua para cumplir con los requisitos de la NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable”.

Efectuar cálculos para el Rediseño del Sistemas de Tratamiento.

Analizar la calidad de agua luego del Rediseño del Sistema de Tratamiento.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 El Agua

“El agua o dihidruro de oxígeno es un líquido inodoro, incoloro e insaboro, esencial para la vida animal y vegetal, solvente universal compuesto molarmente por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. En la práctica, llamamos agua a las soluciones de sustancias orgánicas e inorgánicas como las que constituyen la lluvia, el mar, los lagos y los ríos”. (Romero J., 2002, P. 283)

Los seres vivos en general se ubican cerca de fuentes de agua, en muchas ocasiones existe mayor o menor cantidad, lo cual se contamina paulatinamente y en muchos casos produce epidemias, en la antigüedad el hombre por los pocos recursos que en esa época existía tardó algún tiempo en tener conocimientos que el agua consumida era causante de muchas enfermedades.

Con el pasar de los años, el desarrollo y el crecimiento de la población, las descargas de aguas industriales, residuales y domésticas son la contaminación principal en los recursos hídricos y por esta razón contamina el ecosistema, con esa necesidad se implementó los sistemas de tratamiento.

En la actualidad la población necesita de un buen sistema de tratamiento, de esta manera la calidad del agua es la rama de la Ingeniería en el cual se considera:

- Diagnosticar los principales factores que interfieren en la calidad del agua.
- Enfocar los principales problemas con el uso del agua.
- Estimar variables de calidad del agua para controlar y que tipo de métodos se necesitara.

Se encuentra en grandes cantidades, la tierra está conformada por cuerpos de agua sobre la superficie terrestre (océanos, atmósfera, lagos, ríos, glaciales y aguas subterráneas) y los seres vivos son los beneficiarios de esto, ya que ayuda a la sobrevivencia de todas las formas de vida conocidas por el hombre y sin este recurso no podría sobrevivir.

El agua se caracteriza en tres componentes principales: hidrología, fisicoquímicas y biológica. Por esta razón es indispensable monitorear estos componentes para un análisis y evaluación completa.

1.1.1 Tipos de aguas

1.1.1.1 Agua cruda.

Agua cruda se denomina a las fuentes en su estado natural sin haber recibido ningún tipo de tratamiento, el agua cruda se encuentra en fuentes superficiales y subterráneas entre ellos, los ríos arroyos, lagos, lagunas, y acuíferos que son utilizados por el hombre para abastecerse de esta materia prima.

Con este recurso hídrico se abastece una mayor población y la calidad del agua depende de la posición geográfica, ya sea quebradas, ríos, lagos, etc. Los ríos cerca de lugares mineros son generalmente son aguas ácidas.

Los fenómenos naturales por ejemplo la erosión arrastra sedimentos mismos que varían la calidad del agua y afecta las condiciones iniciales, otro factor que influye en cambios del agua es la actividad humana, la cual interfiere en el deterioro. (Sierra C., 2011,P. 27).

1.1.1.2 Agua superficial.

Son aquellas que provienen de lagos, pantanos, ríos, o del mar para ser utilizadas en un proceso de potabilización, eliminando sustancias perjudiciales para la salud de los consumidores tales como partículas en suspensión y microorganismos patógenos. Son partículas que son arrastradas naturalmente por el caudal, ya sea de plantas o animales que están a su alrededor. Con el crecimiento de la población se ha visto la necesidad de utilizar el agua de fuentes superficiales.

Ríos.- Por lo general se conoce como corrientes, porque circula unidireccionalmente con velocidades aproximadamente altas que varía entre 0,1 y 1m/s. Los ríos por su naturaleza es muy variable, esto depende del área de drenaje y sus condiciones climáticas. Este tipo en su mayoría se los denomina mezclados, por tanto la calidad del agua se identifica según el sentido del flujo.

Lagos.- En este tipo de agua, la velocidad aproximadamente es baja que varía entre 0,01 y 0,001 m/s, de esta forma permanece en el sistema pocos días hasta varios años. La calidad de agua obedece al estado trófico y con los períodos de estratificación. (Sierra C., 2011,P. 27).

1.1.1.3 Agua subterránea.

Son aguas que se origina de manantiales que provienen del interior de la tierra o derivan de pozos, pero estos manantiales contienen pequeñas cantidades de contaminación, que con un tratamiento adecuado son aptas para el consumo. En el caso de aguas de pozo son utilizadas para la potabilización y distribución.

Las aguas subterráneas forma parte de la fuente principal de agua dulce, las capas de agua subterránea a nivel mundial contiene alrededor de 90% del agua fresca que se cuenta para el consumo humano, la mayor cantidad de este tipo de agua se encuentra a grandes profundidades y resulta complicado su extracción. (Kemmer y McCallion., 1990. P.2-10)

Ciénagas.-Son aquellas que se encuentran intermedios entre lago y un acuífero freático. (Sierra C., 2011, P. 52)

1.1.1.4 Agua de consumo humano

Son aguas en su estado original o después de haber recibido un previo tratamiento que son utilizadas para beber, cocinar, higiene personal y diversos usos domésticos, este tipo de agua también son utilizadas en la industria alimenticia, sin discriminar su procedencia, ya sea una captación natural o una red de distribución.

1.1.1.5 Agua potable

El agua potable se le considera aquella que se ha sometido procesos físicos, químicos y microbiológicos los mismos que han modificado las características iniciales del agua.

Este tipo de agua es apto para el consumo sin ningún riesgos para la salud ya que cumple con criterios establecidos en normas locales e internacionales que determinen límites permisibles de sustancias que puedan ocasionar una mala calidad y riesgos en la salud. (Sierra C., 2011, P. 52)

1.2. Características del agua

El agua contiene diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ellas, además el agua contiene organismos vivos que reaccionan con sus elementos físicos y químicos.

1.2.1 Físicas

En la provisión de agua se debe tener en cuenta los sabores, olores, colores, temperatura, sólidos y la turbidez de la misma, los sabores y olores se deben a la presencia de sustancias químicas volátiles y la materia orgánica en descomposición, el color del agua se debe a la presencia de minerales, materia orgánica y residuos coloridos, la turbidez además que es objetable desde el punto de vista estético puede contener agentes patógenos adheridos a las partículas en suspensión.

Turbiedad: Se le denomina a la característica que contiene material suspendido en el agua lo cual no permite el paso de la luz, esto se debe a varios factores que son:

- Erosión natural, donde arrastra sedimentos al agua.
- Contaminación por perforaciones, industrias y desechos que genera el hombre.
- La Turbiedad se considera de origen inorgánico (arena, arcilla, etc.) también contiene algo de material orgánico por actividad antrópicas.
- Es fundamental el tratamiento de este parámetro físico por las siguientes razones:
- Estética. La existencia de este parámetro en el agua provoca una contaminación visual para las personas que la consumen, en ocasiones muchos procesos a nivel industrial necesitan agua libre de sedimentos.
- Métodos para los procesos de tratamiento. La Turbiedad es la principal determinación en lo que considera la tratabilidad. Existen diferentes procesos tales como coagulación, sedimentación y filtración esto depende la cantidad de turbiedad que presente el agua.
- Filtración y cloración del agua. Estos procesos interfieren mucho en la turbiedad, la filtración es fácil pero tiene un mayor costo, cuando los valores de turbiedad son altos;

generando que los filtros sufran un taponamiento y provoque inconvenientes en el tratamiento y elevando el número de lavados.

- La presencia de turbiedad en el agua requiere una dosificación mayor de cloro para la desinfección, por lo general los microorganismos se cubren con las partículas y esta es la causa que se añade cantidades elevadas de cloro para la eliminación total.

Color. Este se familiariza con la turbiedad, este parámetro es independiente a diferencia de la turbiedad sus partículas son de mayor tamaño (diámetro $> 10^{-3}$ mm), por lo tanto el color se caracteriza por las sustancias disueltas y coloides que están presente en el agua.

El color es generado, tomando en cuenta la alteración de descargas industriales, desintegración de las plantas y ciertos minerales que se encuentran el subsuelo. El color se clasifica en aparente y verdadero, el color aparente aquel que tiene material suspendido, mientras el verdadero es el agua posteriormente de la remoción de la turbiedad .

Este parámetro es fundamental a tratar no por los problemas sanitarios mas bien es porque la población rechaza este tipo. Si la coloración es producida por fabricas conlleva a la aparición de sustancias tóxicas.

Olor y Sabor. Estos parámetros están asociados, lo cual contiene sustancias que rechaza la población en ocasiones está presente el plancton esto a causa de bacterias, algas u otros factores en lo que interviene las descomposición de materia orgánica, en la actualidad es imposible obtener un valor de este ya que no existe un instrumento.

Cuando las concentraciones son bajas estas características no son notorias, pero cuando son altas en ocasiones produce reducción del apetito, vómitos y náuseas.

Temperatura. Este es uno de los parámetros más importantes que interfiere en la velocidad de las reacciones químicas, la viscosidad es indispensable para casi todos los procesos y la temperatura agua dependerá como se encuentre la fuente y el clima.

Sólidos. Este parámetro es indispensable determinar el material sólido presente en el agua. A continuación identificaremos las clases de sólidos presentes en el agua.

Sólidos totales. ST es fundamental su determinación y es unos de los primeros sólidos en analizar, se caracteriza como el material total, después de la evaporación total del agua a 105 °C.

Sólidos Sedimentables. STS es aquel material que se sedimenta en el fondo del depósito después de 60 minutos.

Sólidos Disueltos. Este método se lo realiza por filtración, donde la muestra pasa por un papel filtro y se lo lleva a la mufla a 600 °C y el residuo se los conoce como sólidos disueltos fijos (SDF) y la diferencia los sólidos disueltos volátiles (SDV).

Sólidos Suspendidos. (SS) es la diferencia de los sólidos disueltos de los sólidos totales.

Sólidos Suspendidos fijos . (SSF) y los sólidos suspendidos volátiles (SSV) se determinan de forma análoga de los SDF y SDV. (Sierra C., 2011, Pp.55-59)

1.2.2 Químicas

Diversos compuestos químicos disueltos en el agua pueden ser de origen natural y serán beneficiosos o perjudiciales de acuerdo a su composición y concentración, estos tipos de compuestos pueden reaccionar y formar diferentes estructuras.

pH.- Es el término donde se diferencia la acidez o basicidad del agua, donde se denomina potencial de hidrógeno y su fórmula es la siguiente:

$$pH = -\log[H^+]$$

Ec. 1.1

Las medidas de lectura se encuentra a una escala de 0-14 Figura 1.1. El pH se lo puede leer en laboratorio o en campo con el pHchímetro.

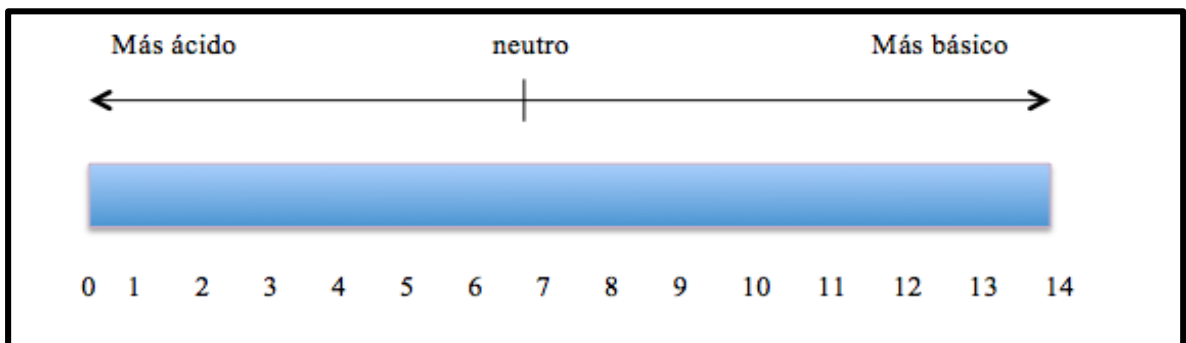
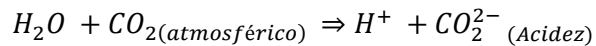


Figura 1.1 Escala de pH.

Elaborado por: Karina Salazar 2015

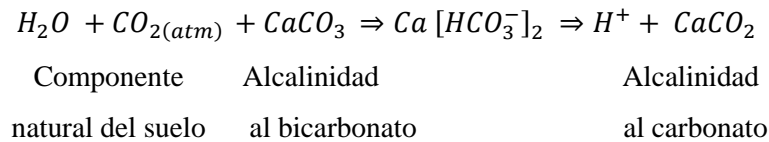
Conductividad.-Identifica las sales disueltas en el agua y mide Ca, Mg, Na, P, Cloruros, bicarbonatos. A demás mide los sólidos disueltos entre mayor sea el valor de la conductividad mayor corrosión existirá.

Acidez.-Esto se identifica cuando el valor del pH es inferior 7 a 25°C, los que ocasiona la acidez es la presencia de algún ácido fuerte o de CO_2 , esto se debe que ingresa al agua por absorción de la atmósfera y a la vez por la descomposición de la materia orgánica.



Rx. 1.1

Alcalinidad.-Es la presencia de algunas sales o de ácidos débiles y se identifica con los iones $[OH^-]$ $[CO_3^{2-}]$ y $[HCO_3^-]$. (Sierra C., 2011, Pp. 59-62)



Rx. 2.1

Hierro y Manganeso.-Por lo general siempre los hallamos juntos, estos se encuentran en aguas subterráneas por esta razón son altas concentraciones, esto sucede por el disolvente que contiene CO_2 y reduciendo de férricos a hierro soluble. Estos compuestos son primordiales en el tratamiento de potabilización, porque corroen tuberías y equipos.

Nitrógeno.- El nitrógeno es importante para el desarrollo, crecimiento de protoctistas y plantas. El nitrógeno ayuda en la síntesis de proteínas. Está compuesto de nitrógeno orgánico, amoniaco, nitrito y nitrato. El nitrógeno amoniacal está compuesto por un ion amonio o como amoníaco.

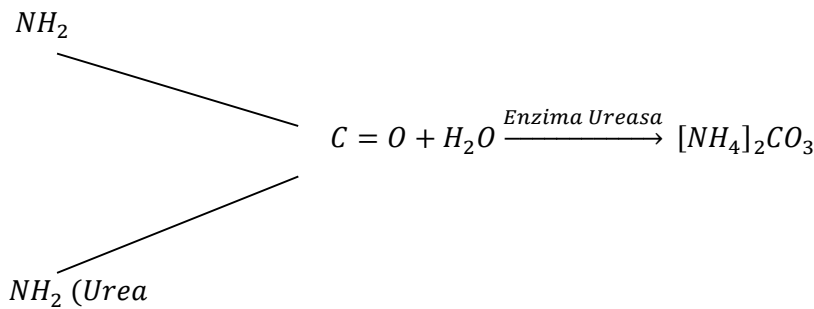


Rx. 3.1

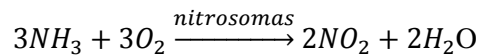
La cantidad de nitrógeno amoniacal es menor 0,1 mg N/L en medios acuáticos pero en aguas superficiales por lo general tiene un valor menor 0,2 mg N/L y en ocasiones pueden llegar 2-3 mg N/L si esto sucede la contaminación suele ser por arrastre de fertilizantes, aguas industriales, residuales etc. La mayor concentración de nitrógeno amoniacal es causada por la descomposición de materia orgánica.

El nitrógeno de los nitritos se oxida a nitratos debido a la inestabilidad de estos compuestos, las concentraciones en aguas superficiales o subterráneas son bajas pero debe tratarse por su grado de toxicidad.

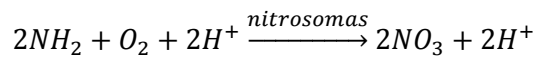
El agua también contiene cantidades de nitrato se da por reacción de oxidación, se considera un parámetro esencial a tratar porque afecta a niños produciendo metamoglobinemia y a la vez afecta a mujeres embarazadas si las concentraciones exceden de 10 mg/L y hablaríamos de una contaminación. Las siguientes reacciones reflejan las formas de nitrógeno .



Rx. 4.1



Rx. 5.1



Rx. 6.1

Fósforo.- Al igual que el nitrógeno es necesario para el crecimiento de algas y otros organismos, si encontramos fósforo se tiene la certeza que existe algún tipo de contaminación.

El agua contiene ortofosfatos, el polifosfato, y los fosfatos. Los ortofosfatos está presente en el agua los mismos que ayuda a las plantas y se denomina fósforo aprovechable, en ocasiones las concentraciones son bajas porque las plantas se alimenta o capta el fósforo, como consecuencia aumenta el crecimiento de algas y reduce el oxígeno.

Sulfatos.- Este compuesto está presente en la naturaleza, las variedades de minerales son: barita epsomita, yeso, tiza, etc. Las aguas subterráneas son las más afectadas por la filtración en época de lluvia, donde el agua pasa a través de rocas donde contiene estos minerales.

Los sulfatos son en ocasiones solubles en el agua, este tipo de compuestos provoca dolores estomacales en las habitantes que consumen sin un tratamiento previo.

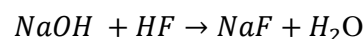
Cloruros.- Son iones que se encuentra en la naturaleza o sales que se encuentra en todas las fuentes a de abastecimiento y drenaje. La presencia de este compuesto en el agua resulta de una contaminación indirecta de origen orgánico humano.

El agua cuando contiene cloruros su sabor es salado y dependerá de la composición, por lo general se lo conoce como cloruro de sodio (NaCl)

Los cloruros no causan efectos perjudiciales para la salud por lo tanto muchos organismos lo aprovechan para sobrevivir, lo encontramos en altas concentraciones en el mar y no es apto para el consumo y su tratabilidad resulta costoso. Existe pequeñas concentraciones de cloruro de sodio en el agua, esto se debe a filtraciones o por lluvias constantes que ingresa al interior por arrastre.

Fluoruros.- Son sales que se produce del ácido fluorhídrico(HF) que contiene iones de F^- . Las concentraciones de este compuesto se encuentra en mayor cantidad en aguas subterráneas a diferencia de aguas superficiales. En algunas condiciones el flúor tiene ventajas porque previene las caries pero a la vez perjudica a la salud en altas concentraciones, destruye algunas partes óseas de las personas.

El fluoruro no se oxida con otros compuesto, en ocasiones elimina parte de los microorganismos del sistema digestivo pero produce a largo plazo enfermedades gastrointestinales con problemas en el colon, la reacción es la siguiente:



Rx. 7.1

Cianuros.- Este compuesto tiene efecto sobre la actividad biológica del sistema y su toxicidad afecta cuando se relaciona con la temperatura, pH y otros minerales. (Sierra C., 2011, Pp.70-73)

1.2.3.Biológicas

El agua posee en su composición una gran variedad de elementos biológicos desde los microorganismo hasta los peces, el origen de los microorganismos puede ser natural y también por contaminación de diferente índole, la calidad y cantidad de microorganismos están relacionadas con las características físicas y químicas del agua.

Coliformes Totales.- Son de la familia Enterobacteriaceae. La presencia de estas bacterias en el agua se considera una contaminación de materia orgánica sea este de animales o de humanos.

Coliformes Fecales.- El riesgo de esta contaminación es muy perjudicial, ya que estas bacterias o virus son de carácter patógeno y los coliformes fecales están presentes en las heces de humanos y de animales. Es decir este tipo de contaminación se debe en muchos de los casos por excremento.

Streptococos Totales.- Su contaminación es fecal de origen animal o humana, este tipo de bacterias por su naturaleza es resiste al cloro. (Sierra C., 2011, P. 82)

1.3 Calidad del agua potable

“El uso benéfico más importante del agua es el del consumo humano. Aunque existe algunos usos con requerimiento de calidad que puede tener mayor exigencia de tratamiento éste debe recibir el grado máximo de protección sanitaria ”.(Romero J., 2002, P. 318)

La calidad de agua para el consumo humano está regulada por determinadas instituciones en cada país, las mismas que exigen el cumplimiento de normas y requisito para la calidad del agua potable y así satisfacer las necesidades de la población, además se han creado entidades encargadas del manejo de los recursos, planificación de dispositivos para proteger, identificar las fuentes de cualquier contaminación, ofreciendo opciones de tratamiento para cada contaminante y de esa manera garantizar la calidad del agua para los consumidores.

En el Ecuador la entidad encargada de emitir las normas de cumplimiento para la calidad del agua potable es el INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), quien ha emitido la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108:2011.

1.4. Sistema de agua potable.

El sistema de agua potable, tiene como función principal de facilitar a los habitantes de cada región agua en cantidad y calidad adecuada para cubrir las necesidades, los seres humanos estamos conformados por un 70% de agua, por lo tanto este es el líquido vital. El agua potable debe cumplir con la norma emitida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual nos muestra que cantidad de compuestos debe contener el agua para obtener la calidad de potable que requiere los habitantes.

Por lo tanto la definición generalmente aceptada es la siguiente: agua potable es toda la que esta “apta para consumo humano”, lo cual permite beberla sin causar daños o enfermedades al momento de ingerirla. Es importante conocer que características presenta el agua que se va a distribuir mediante el sistema de potabilización. (Jiménez J., 2013.P.16)

1.5 Proceso de potabilización

1.5.1 Captación.

Es el proceso inicial del sistema y consiste en la captación del agua para suministrar a la población. Pueden ser una o varias dependiendo de la calidad y cantidad que los habitantes se merecen. Para saber cuál es la fuente de captación a utilizarse, es indispensable conocer el tipo de disponibilidad del agua en la tierra, de esta forma se encuentra en la naturaleza. Aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas meteóricas (atmosféricas) y agua de mar (salada).

El agua meteórica y el agua de mar, se utilizan parcialmente o en su totalidad para el abastecimiento de las poblaciones, cuando se usan es porque no existe otra posibilidad de surtir de agua a la localidad, las primeras se pueden utilizar a nivel casero o de poblaciones pequeñas y para la segunda, en la actualidad se desarrollan tecnologías que abaraten los costos del tratamiento requerido para convertirla en agua potable.

Por esta razón, actualmente solo quedan dos alternativas viables para abastecer de agua potable a una población la cantidad y calidad adecuada, a bajo costos y son: superficiales y subterráneas. (Jiménez J., 2013.P.16)

1.5.2 Conducción

Se conoce como “línea de conducción” y consiste en todas las estructuras civiles que permita transportar el agua desde la captación hasta un punto de almacenamiento, como es el caso de una planta de tratamiento de potabilización. Se puede mencionar que la distancia desde el punto de captación y la distribución del agua cada vez son más difícil por el crecimiento de la población. (Jiménez J., 2013.P.19)

1.5.3 Tratamiento

Según el libro Calidad y tratamiento del agua de American Water Works Association (2002). dice: La selección del proceso de tratamiento del agua es una tarea compleja. Las circunstancias suelen ser bastantes diferentes para cada instalación de aguas y quizás sea distintas para cada fuente o procedencia usada por la instalación la selección de una o más procesos a utilizar en una situación determinada está influida por la necesidad de cumplir los objetivos de calidad reglamentada, el deseo de la instalación y sus clientes de cumplir los objetivos de calidad de agua (como los de aspecto o estética) y la necesidad de proporcionar el servicios de agua al más bajo costo razonable. p 131.

El tratamiento es el cambio de procesos físicos, mecánicos y químicos donde el agua adquiera las

características necesarias para su consumo. Los tres objetivos principales de una planta potabilizadora son: segura para consumo humano, estéticamente aceptable y económica.

Para el rediseño de una planta potabilizadora, es necesario conocer las características físico-químicas y biológicas del agua así como los procesos necesarios para modificarla.

1.5.3.1 Almacenamiento

En esta etapa el agua es receptada de las diversas fuentes naturales con ayuda de una bomba es enviada al tanque de almacenamiento, esto abastece a toda la población para compensar las variaciones horarias de la demanda de agua potable, además en esta etapa los sólidos en suspensión de tamaño grande se retienen o eliminan antes de continuar con el proceso mediante una variedad de dispositivos según sea el tamaño de la partícula.

1.5.3.2 Aireación

En el proceso de aireación existen dos tipos de mecanismos, difusa y de burbuja, este proceso consiste en poner las bandejas de gas en contacto con el agua para transferir el gas al agua. La aireación se lo realiza en un pozo determinado o en tranques especiales normalmente rectangulares o de hormigón de 2 a 4 m aproximadamente de profundidad (Romero J., 2006, P.29

Aireadores difusores hélices.-Este tipo consiste en la disminución de la presión cuando se aumenta la velocidad al pasar por una sección de menor diámetro ala anterior dentro de un tanque impulsada por motor denominado efecto Venturi

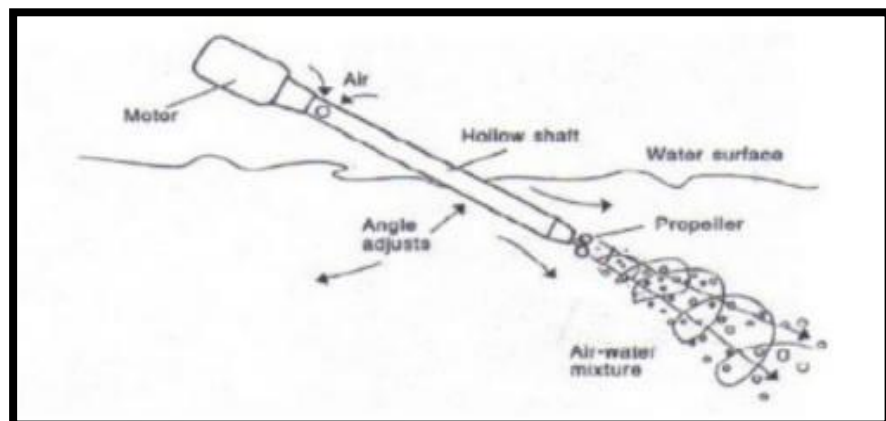


Figura 2.1 Aireadores difusores
Fuente. Lawson 1995

Aireadores de bandejas múltiples.- Consta de algunas bandejas con ranuras de fondos

perforados o mallas de alambre en las cuales cae el agua y deja pasar a un tanque receptor ubicado en la parte inferior en algunos casos se utilizan coque, piedra, ladrillo triturado con un diámetro no mayor a 15 cm, por lo general se emplean de 3 a 9 bandejas. (Romero J., 2006, P. 36)

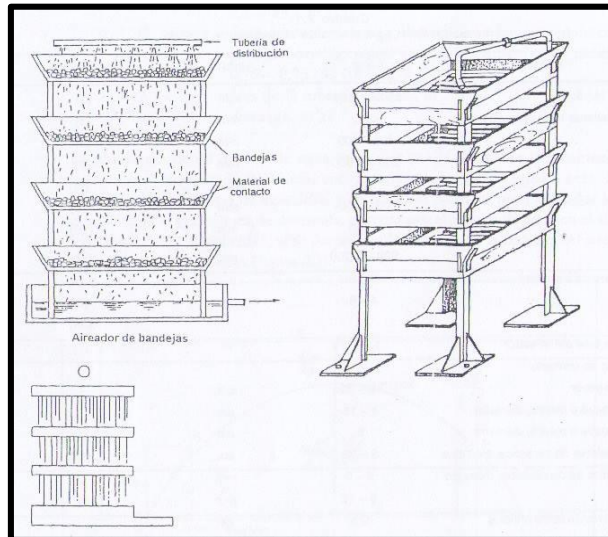


Figura 3.1 Aireadores de bandeja múltiple.
Fuente: ROMERO J (Purificación del agua2006)

1.5.3.3 Mezcla rápida.

Se lo utiliza para dispersar sustancias químicas y gases dentro de una planta de tratamiento de agua se lo utiliza para mezclar uniforme y rápidamente coagulante en toda la masa.

Mezcladores rápidos mecánicos.- se utilizan en tanques circulares cuadrados con hélices, paletas turbinas acoplados a una base de rotación que es impulsado por una fuerza motriz. La velocidad de la fuerza motriz debe ser elevada para que permita la agitación del agua y mezcla uniforme con el coagulante.

Mezcladores rápidos hidráulicos.- este tipo de mezcladores se utiliza cuando se obtiene energía elevada en la corriente de entrada donde se utiliza diferentes principios hidráulicos que permiten aprovechar la energía para crear turbulencia lo que genera la mezcla del agua con el coagulante. (Romero J., 2006, P.57)

1.5.3.4 Coagulación

Es un proceso amplio donde reacciona en múltiples etapas, con transferencia de masa, este proceso se lo realiza en agua cruda y tiene tres pasos separados: formación de coagulantes, desestabilización de la partícula e interacción NOM-coagulante, esto sucede inmediatamente en

los tanques de mezcla rápida, donde existe una homogenización de los coagulantes con el agua y ocurren colisiones entre partículas que producen apreciación o formación de flóculos.

Este método representa costos elevados si no se realiza de manera adecuada. La coagulación se refiere a todas las reacciones y mecanismos que terminan en la agrupación de partículas del agua que está siendo tratada, desestabilizando partículas.

El tipo y cantidad de coagulantes se añade para retirar las partículas presentes en el agua, que van a ser utilizados para el tratamiento, esto puede ocasionar cambios en el residuo que se genera en el proceso y luego continuar con la sedimentación, filtración.

La eficiencia de este proceso puede radicar en la elección de la dosificación correcta de coagulante y su pH, para determinarlo se utiliza la prueba de jarras o también conocida como jarrests.

Este proceso ayuda principalmente a la remoción de la turbidez, la aclaración del color, además es beneficioso para la eliminación de microorganismos contaminantes, algas, plancton y características cualitativas como el sabor y olor.

Existen una serie de factores que afecta en la coagulación, para que el proceso sea efectivo la valencia del ion coagulante debe ser elevado, por este motivo los iones de menor valencia se adhieren a los de mayor valencia.

La temperatura del agua altera la formación del floculo mientras más fría sea, la reacción tarda más, así también el pH y la alcalinidad son factores para la eficiencia del proceso en el tratamiento del agua.

Tabla 1.1 Propiedades de los coagulantes comunes

| NOMBRE COMÚN | FORMULA | PESO EQUIVALENTE | pH al 1% | Disponibilidad |
|-----------------|-----------------------------|------------------|----------|---|
| Lumbre | $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ | 100 | 3.4 | Terrón -17% Al_2O_3 Líquido – 8.5% Al_2O_3 |
| Cal | $Ca(OH)_2$ | 40 | 12 | Terrón – como CaO Polvo – 93-95% Lodo – 15-20 % |
| Cloruro férrico | $Fe_2Cl_3 \cdot 6H_2O$ | 91 | 3-4 | Terrón – 20% Fe Líquido – 20 % Fe |
| Sulfato férrico | $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 3H_2O$ | 51.5 | 3-4 | Granular – 18.5 % Fe |

| | | | | |
|--------------------|----------------------|-----|-------|---|
| Caparrosa verde | $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ | 139 | 3-4 | Granular – 20 % Fe |
| Aluminato de sodio | $Na_2Al_2O_4$ | 100 | 11-12 | Escama – 46 % Al_2O_3 Líquido– 2,6 % Al_2O_3 |

Fuente: KEMER Y McCALLION
Elaborado por: Karina Salazar 2015

1.5.3.4.1 Tipos de coagulante

Sulfato de aluminio.- se caracteriza por ser un sólido cristalino de una tonalidad blanquecina que actúa eficazmente en un rango de pH que va de 6-8, esto se utiliza con más frecuencia en la potabilización para la remoción del color y sabor.

Es un sal inorgánica que por sus propiedades físico químicas facilita la agrupación de los sólidos suspendidos en el agua y contribuye en una rápida sedimentación a la vez que disminuye la carga bacteriana, el uso es fácil de aplicar y su costo es bajo.



Rx. 8.1

Policloruro de aluminio.- PAC es su nombre comercial proviene del clorhidrato de aluminio puede ser líquido y sólido presenta un color amarillento por ser una sal polimerizada, se lo considera como coagulante y floculante actúa en un rango más amplio de pH y elimina los sólidos suspendidos, clarifica el agua así como remueve una serie de partículas orgánicas.

El policloruro de aluminio se aplica en aguas turbias, su costo es menor, de fácil adquisición en el mercado.

1.5.3.5 Floculación

Es el siguiente paso de la coagulación, es una operación físico química donde las partículas coloidales se desestabilizan y son agrupadas, que se envían a los tanque de sedimentación que busca la interrelación de las partículas y formar compuestos que pueden ser removidos fácilmente, el procesos de separación puede lograr una floculación eficiente.

Muchas de las veces las partículas formadas por la aglomeración no son del tamaño en el cual permite sedimentar fácilmente, para lo cual es necesario agregar floculantes, esto facilita un

mayor aumento de las partículas y sedimentando con facilidad mediante una agitación prolongada y lenta.

El floculador es un tanque que permite una mezcla suave y continua del agua coagulada, para aglutinar las partículas más pequeñas en flóculos de tamaño y peso mayor.

La velocidad y tiempo en el proceso de floculación son factores que ejercen cambios en el proceso, si la mezcla se lo realiza de una manera muy rápida o si el tiempo de la misma es demasiado amplia los flóculos pueden sufrir una ruptura, de esta manera los coloides se liberan y resulta más difícil volver aglutinar estas partículas. (Romero J., 2006, Pp.83,84)

1.5.3.5.1 Tipos de floculación

Floculación mecánica.- En este tipo de floculadores la gradiente de velocidad que se requiere es proporcionada por agitadores con dispositivos de paletas o rastrillos, los mismos que son accionados por un eje o motor proporcionando una mezcla lenta. La velocidad de estos agitadores dependerá de la calidad del agua obtenida en los procesos anteriores para esto se debe contar con un motor de velocidad regulable.

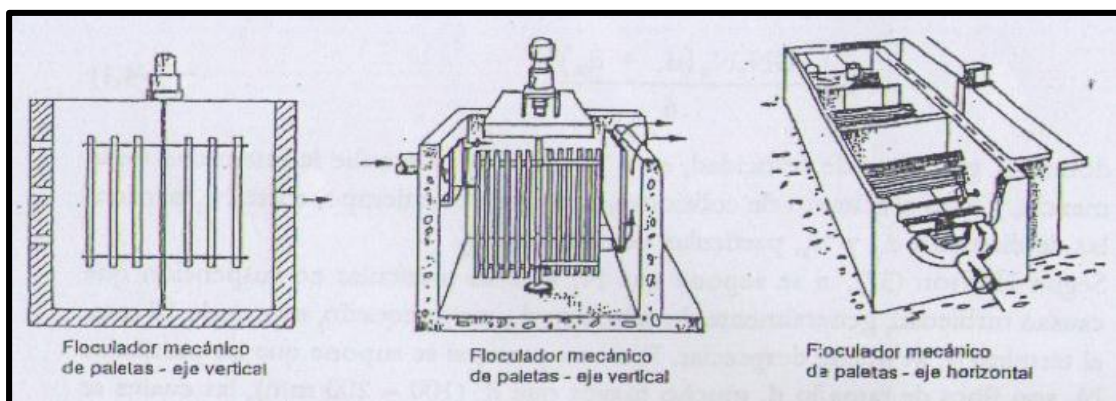


Figura 4.1 Tipos de floculantes mecánicos
Fuente: ROMERO J (Purificación del agua 2006)

Floculación hidráulica.- Esta floculación está impulsada por gravedad y una serie de mecanismos tales como barreras, tabiques o cámaras de floculación que se encuentran enlazadas entre sí.

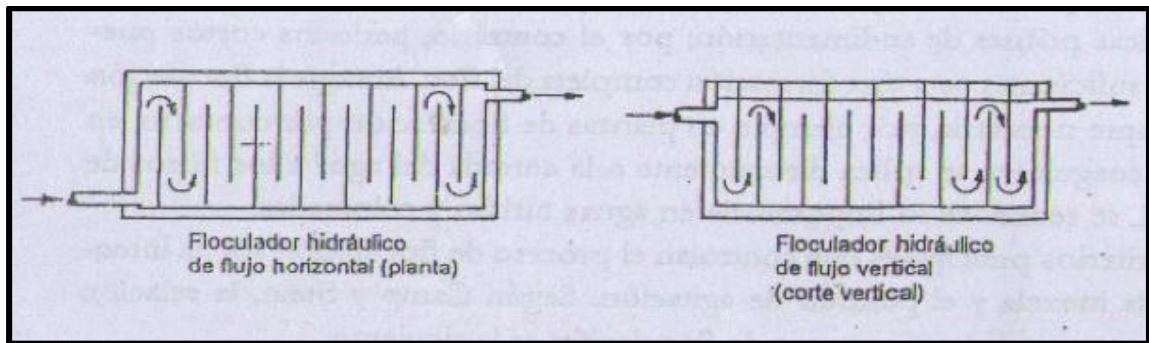


Figura 5.1 Tipos de Flocladores hidráulicos
Fuente: ROMERO J (Purificación del agua 2006)

El agua recorre alrededor o por las barreras libres de los tabiques, si el flujo es vertical de arriba hacia abajo y viceversa de los tabiques que dividen el tanque. Una de sus ventajas es que no necesitan energía mecánica ya que usa la gravedad del agua

Este tipo de sistemas son aplicados en plantas de pequeña magnitud ya que su costo es bajo, el flujo es pequeño con un caudal menor a 50 L/s. (Romero J., 2006, Pp 94,100)

1.5.3.6 Sedimentación

La sedimentación conocida como clarificación, es la eliminación de partículas en suspensión, los flóculos químicos precipitados y otros sólidos sedimentables por efecto de la gravedad el proceso se realiza de una manera simple es decir se separa el líquido de los sólidos por gravedad.

Este proceso es una etapa primaria donde la cantidad de reactivo dependerá de la cantidad de agua potable que requieran los habitantes.

En esta etapa los flóculos se sedimenta en sentido opuesto al flujo y son extraídos mediante un mecanismo continuo de extracción de lodo. Las partículas cuya velocidad de asentamiento son mayores que las del líquido que rebosa, se asienta y se extraen con el lodo.

Después de la adición de coagulantes y floclantes al agua procede con la sedimentación, la misma que remueve los sólidos sedimentables de los anteriores procesos, por lo general este proceso va seguido de la filtración donde los flóculos ligeros se van con el efluente para continuar con la siguiente etapa del proceso. (Romero J., 2006, P. 141)

1.5.3.6.1 Tipos de sedimentación

Existe diferentes maneras de sedimentación, esto dependerá la naturaleza de los sólidos, su concentración y su grado de floculación.

Antes de la sedimentación, en el agua se encuentran partículas llamadas discretas que no cambian su forma tamaño, peso cuando sedimentan y otras denominadas partículas floculentas y precipitantes, las mismas que varían su densidad y volumen de acuerdo a la adhesión de unas con otras mediante la floculación.

Por la existencia de estos tipos de partículas de distintas características es necesario tener en cuenta dos tipos diferente de sedimentación.

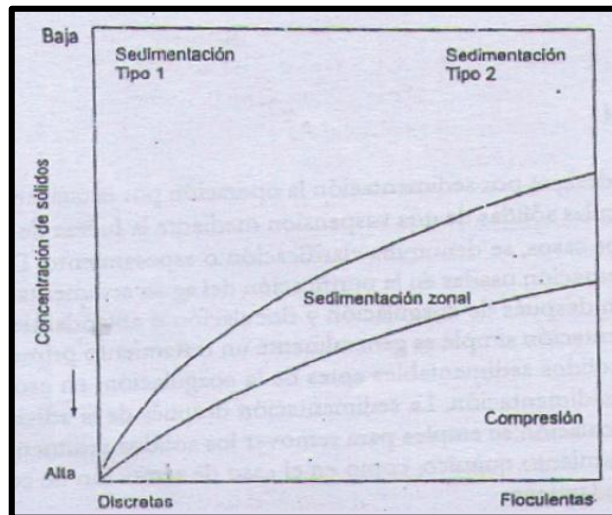


Figura 6.1 Diagrama para genético
Fuente. ROMERO J (Purificación del agua 2006)

Sedimentación tipo 1.- Este tipo de sedimentación hace referencia a la eliminación de las partículas no floculentas, en esta sedimentación no se remueven partículas generadas en los procesos de coagulación y floculación únicamente elimina sedimentos de materias pesados he inertes.

En este tipo de sedimentación se toma en cuenta las propiedades del fluido y de la partícula, es decir si colocamos una partícula discreta en un fluido en reposo por la gravedad, la partícula se desplazara verticalmente, si su densidad difiere del fluido.

Sedimentación tipo 2.- Hace referencia a la sedimentación de partículas floculentas en las cuales hay que considerar las propiedades de la suspensión al igual que las características de asentamiento de las partículas, se aplica cuando el proceso de potabilización se somete a coagulación y floculación .

Este tipo de sedimentación es el más común en el tratamiento de agua potable debido a la captación proveniente de aguas turbias con material suspendido que consta de partículas finas de sílice, arcilla y limo.

Sedimentación Zonal.- Hace referencia a la sedimentación de suspensiones de concentración intermedia de material floculante se presenta debido al asentamiento causado por la interferencia de la cercanía entre partículas.

La fuerza generada entre partículas permiten que obtengan una posición relativa fija formando una matriz porosa que es soportada por el fluido que las trasladan, por lo tanto se genera una masa de partículas que son desplazadas hacia el fondo como un solo conjunto produciendo una clara separación entre el sobrenadante clarificado y el lodo.

Comprensión.- Esto sucede cuando la concentración se eleva el valor donde las partículas entran en contacto unas con otras y su peso la sostiene parcialmente la masa compactada. Las partículas se aglomeran en el fondo del tanque de sedimentación para realizar un espesamiento de lodos, el peso de esta lo soporta la masa en compactación y el asentamiento se produce por la deformación de las partículas.

En el proceso de sedimentación es frecuente que se presente la necesidad de la aplicación de varios tipos de sedimentación al mismo tiempo y en ocasiones pueden coincidir los cuatro tipos. (Romero J., 2006, P. 141-143)

Sedimentación simple.- Este sistema se utiliza para la sedimentación en el caso del agua cruda que no requiere químico para la remoción de partículas pequeñas como limos, arcilla, residuos orgánicos vegetales o cualquier partícula, estos sedimentadores se utiliza para la remoción continua, o esporádicamente.

Este proceso consiste en una manera más sencilla y fácil que ayuda a reducir sólidos en suspensión de cualquier tamaño en especial las partículas más pequeñas que arrastra el agua por el paso, por esta razón utiliza desarenadores y sedimentados simples para el tratamiento de potabilización.

Este tratamiento de sedimentación simple se lo conoce como gravitacional de las partículas que tiene mayor peso que el agua. Este proceso es necesario porque las partículas presentes en el agua perjudica en la tratabilidad provocando elevada turbiedad que inhiben los procesos biológicos de esta manera se sitúan en el medio de filtración causando problemas (Romero J., 2006, P.155)

El sedimentador simple tiene la capacidad de retirar o separar del agua cruda partículas inferiores a 0,02 mm y superiores a 0,05 mm, es decir que nos encontramos en régimen laminar y en ocasiones flujo turbulento donde la ecuación que lo gobierna es la ley de Stokes .

$$V_s = \frac{1}{18} \cdot \frac{(\rho-1)}{n} \cdot d^2$$

Ec. 2.1

Siendo:

V_s = Velocidad de caída de la partícula

ρ = Densidad de la partícula

n = Viscosidad de del fluido

En la figura 1.7 se verifica la velocidad de sedimentación con el diámetro conocido de las partículas más finas que queremos que no pasen a la etapa de tratamiento.

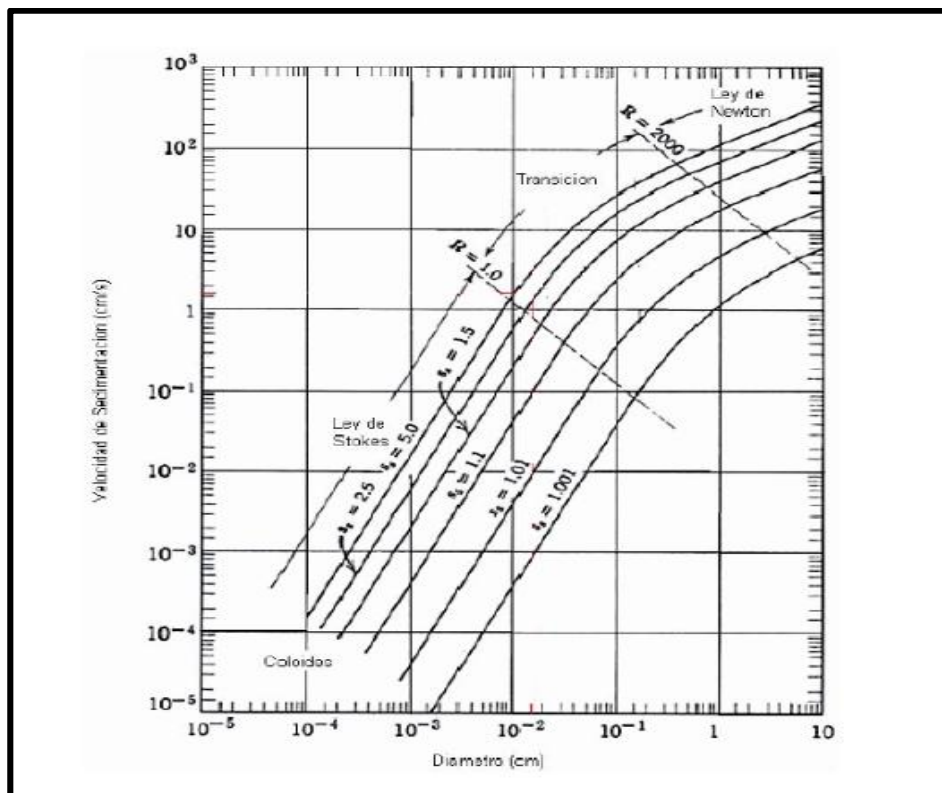


Figura 7.1 Velocidad de Sedimentación

Fuente: <http://www.gits.ws/08cyd/pdfs/A1-SedimentadorSanLuis.pdf>

- Zona de entrada

Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.

- Zona de sedimentación

Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos, flujo pistón.

- Zona de salida

Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.

- Zona de recolección de lodos

Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería con válvula para su evacuación periódica. (<http://www.gits.ws/08cyd/pdfs/A1-SedimentadorSanLuis.pdf>)

1.5.3.6.2 Criterios de diseño

El periodo de vida útil, teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 10-20 años.

El número de unidades mínimas en paralelo es de dos para efectos de mantenimiento.

El periodo de operación es de 24 horas por día.

El tiempo de retención será entre 2 - 6 horas.

La carga superficial estará entre los valores de 2 - 10 m³/m²/día. La profundidad del sedimentador varía entre 1,5 – 2,5 m.

La relación de las dimensiones de largo y ancho (L/B) será entre los valores de 3– 5.

La relación de las dimensiones de largo y profundidad (L/H) será entre los valores de 5 – 20m.

El fondo posee una pendiente entre 5 a 10% para ayudar al deslizamiento del sedimento.

La velocidad en los orificios no debe ser mayor a 0,15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación.

Se debe aboquillar los orificios en un ángulo de 15° en el sentido del flujo.

La descarga de lodos se ubicara en el primer tercio de la unidad, pues el 80% del volumen de los lodos se deposita en esa zona.

Se debe efectuar experimentalmente la determinación del volumen máximo que se va a producir.

El caudal por metro lineal de recolección en la zona de salida debe ser igual o inferior a 3 l/s.

Se debe guardar la relación de las velocidades de flujo y las dimensiones de largo y altura.

$$\frac{L}{H} = \frac{V_h}{V_s}$$

La posición de la pantalla difusora debe ser entre 0,7 a 1,00 m de distancia de la pared de entrada.

Los orificios más altos de la pared difusora deben estar a 1/5 o 1/6 de la altura (H) a partir de la superficie del agua y los más bajos entre 1/4 ó 1/5 de la altura (H) a partir de la superficie del fondo. (www.gits.ws/08cyd/pdfs/A1-SedimentadorSanLuis.pdf)

- Determinar el área superficial de la unidad (A_s), que es la zona de sedimentación, de acuerdo a la relación aplicando la ecuación:

$$A_s = \frac{Q}{V_s}$$

Ec. 3.1

Siendo:

A_s : Área superficial

V_s : Velocidad de sedimentación (m/s)

Q : Caudal de diseño (m^3/s)

- Determinar las dimensiones de largo L (m), ancho B (m) y altura H (m) de manera tal que se cumplan los criterios mencionados anteriormente. Considerando el espaciamiento de la entrada y la cortina o pared de distribución de flujo. Se asume un ancho del sedimentador y se determina la longitud de la zona de sedimentación:

$$L_2 = \frac{A_s}{B}$$

Ec. 4.1

Siendo:

L_2 : Largo del sedimentador

A_s : Área superficial

B: Ancho

- Se asume la distancia según los criterios de separación de la entrada y la pantalla difusora. Entonces se tiene la longitud de la unidad:

$$L = L_1 + L_2$$

Ec. 5.1

Siendo:

L: Superficie total del sedimentador

L_1 : Distancia de la pantalla

L_2 : Largo del sedimentador

Para el cálculo de ancho y profundidad se verifica si cumple la relación L/B y L/H de los criterios de diseño:

$$3 < \frac{L}{B} < 6$$

$$5 < \frac{L}{H} < 20$$

- Determinar la velocidad horizontal V_H (m/s). Debe cumplir con las relaciones mencionadas anteriormente:

$$V_H = \frac{100 * Q}{B * H}$$

Ec. 6.1

Siendo:

V_H : Velocidad horizontal (m/s)

Q: Caudal de diseño (m³/s)

B: Ancho (m)

H: Altura del sedimentador (m)

- Determinar el tiempo de retención T_0 , mediante la relación:

$$T_0 = \frac{A_s * H}{3600 * Q}$$

Ec. 7.1

Siendo

T_0 : Tiempo de retención

A_s : Área superficial

Q: Caudal de diseño (m³/s)

H : superficie total del sedimentador (m)

- Con una pendiente de 10% H ángulo de inclinación en el fondo de la unidad para evacuar los lodos del sedimentador, se tiene como altura máxima:

$$H' = H + 0,1L_2$$

Ec. 8.1

Siendo:

H' : Altura máxima del ángulo de inclinación

H: Altura total del sedimentador

L_2 : largo del sedimentador

- Con un vertedero de salida de longitud de cresta igual al ancho de la unidad se tiene como altura de agua sobre el vertedero:

$$H_2 = \left(\frac{Q}{1,84 * B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Ec. 9.1

Siendo:

H_2 : Longitud del vertedero

Q: Caudal

B: Ancho del sedimentador

- Determinar área total de orificios, cumpliendo con los criterios de diseño.

$$A_0 = \frac{Q}{V_0}$$

Ec. 10.1

Siendo:

A_0 : Área total de orificios (m^2)

V_0 : Velocidad en los orificios (m/s)

Q : Caudal de diseño (m^3/s)

- Entonces se determina el área de cada orificio y se adopta un diámetro del orificio

$$a_0 = \frac{\pi D^2}{4}$$

Ec. 11.1

Siendo

a_0 : Área de cada orificio

D^2 : Diámetro de orificio

- Se determina el número de orificios.

$$N = \frac{A_0}{a_0}$$

Ec. 12.1

Siendo:

N: Número de orificios

A_0 : Área total de orificios (m^2)

a_0 : Área de cada orificio (m^2)

N : Número de orificios

- Se calcula la porción de altura que tendrá en la pantalla difusora con los orificios.

$$h = H - \frac{2}{5}H$$

Ec. 13.1

Siendo:

h: Altura del pantalla difusora

H: Altura máxima

- Se determina el espaciamiento entre filas.

$$a_1 = \frac{h}{nf}$$

Ec. 14.1

Siendo:

a_1 : espaciamiento entre filas

h: Altura del pantalla difusora

nf: fila de orificios

- Se determina el espaciamiento entre columnas

$$a_2 = \frac{B - a_1(nc - 1)}{2}$$

Ec. 15.1

Siendo:

a_2 : Espaciamiento entre columnas

B: Ancho

a_1 : Espaciamiento entre filas

n_c : Columnas de orificios

1.5.3.7 Filtración

Este proceso por lo general va después de la sedimentación y su objetivo es atrapar las partículas pequeñas en suspensión, además se puede detener ciertas bacterias así como propiedades físicas que presenta el agua, culminado este proceso no se garantiza que el agua este apta para el consumo humano.

El principio básico de esta etapa es remover material particulado del agua, es un proceso unitario utilizado para el tratamiento del agua potable. Las partículas que se remueven en este proceso pueden estar presentes desde el origen de la captación o generarse durante procesos anteriores. Hasta llegar a la filtración durante el proceso de potabilización se logra eliminar cerca del 90% de turbidez, color y una cantidad de floc que no ha sido retirado en la sedimentación, para esto es necesario que a través de medios porosos generalmente de arena y antracita, a este proceso se le considera como tratamiento biológico y completa el proceso de potabilización.

En esta etapa se logra remover material suspendido como turbiedad compuesto de floc suelo, metales oxidados y microorganismos, para los microorganismos esta etapa es de gran importancia ya que algunas especies son muy resistentes a la desinfección pero puede ser removidos en la filtración, lo que se quiere lograr en esta etapa es eliminar los sólidos presente que impiden el paso de luz y desproteger los microorganismos de la acción del desinfectante. (Romero J., 2006, Pp. 213,214)

1.5.3.7.1 Tipos de filtración

Filtración convencional.- Una vez utilizado la coagulación, floculación y sedimentación el agua pasa a través de filtros para retener cualquier tipo de partículas restantes, estas partículas se adhieren físicamente y por si mismas al material del filtro.

Con la filtración convencional se obtiene un mejor resultado en fuentes cuyo flujo es constante y posea niveles bajos de algas.

Filtración directa.- Se la puede aplicar sin realizar el proceso de sedimentación debido a que el material del filtro realiza el trabajo de retener los diversos contaminantes. Este tipo de filtración es fácil de aplicar y económicamente bajo, pero no es recomendable para aguas de una turbidez elevada se recomienda que para aplicar este tipo de filtración el agua no contenga más de 10 NTU.

Filtración con tierra diatomácea.- Se la utiliza para eliminar partículas extraídas del agua de fuente, esta filtración es capaz de eliminar una aseria de microorganismos, algas virus y bacterias.

El filtro de este sistema consiste en una torta de tierra de diatomácea que es una sustancia con la consistencia de la harina, se asemeja a formas de vida marina unicelulares llamadas diatomeas.

El proceso de este tipo de filtros consiste en pasar el agua a través de tierra diatomácea mediante la utilización de bombas que empuja el agua con presión a través de la torta de este material. Este sistema es más eficaz en aguas que no contenga contaminantes inorgánicos son fáciles de aplicar en plantas de tratamiento pequeñas ya que su costo es elevado.

Filtración lenta con arena.- Este proceso es más común elimina eficazmente los microorganismos, para tratar el agua con este método se deja pasar el agua a través de un lecho de arena lentamente por tanques o recipientes de 0.6- 1.2 m de profundidad donde se conjugan procesos físicos que filtran el agua y elimina los contaminantes.

Con el uso continuo de este lecho y con el paso del tiempo es un foco infeccioso donde se recomienda monitorear y de ser el caso limpiar para eliminar microorganismos y de esta manera siga cumpliendo con el objetivo.

Este tipo de filtración en ocasiones no puede ser compatible con agua clorada debido a que el cloro influye en las colonias microbiológicas naturales del filtro por lo tanto la cloración se realizara después de la filtración.

Estos filtros funcionan adecuadamente con aguas que ya han pasado por procesos para bajar el nivel del turbidez y demás contaminantes. A este tipo de filtración afecta aguas que presenten altos contenidos de algas o arcilla ya que ocasiona la obstrucción de los lechos de arena, pero con aguas con alto contenido de nutrientes ayuda a la acción limpiadora de estos filtros mediante el refuerzo de su componente biológico.

Para la aplicación de este tipo de filtración es necesario tener una área adecuada para la implementación de los tanques, son muy útiles en plantas pequeñas debido que su proceso oxida materia orgánica y remueve contaminantes que provoquen olores y sabores no deseados.

Características Generales

Las cámaras de filtración pueden ser construidas de hormigón reforzado, ferro cemento, concreto ciclópeo o mampostería estructural.

Verificar que la instalación de juntas de construcción estén establecidas en base a planos técnicamente diseñados.

El medio filtrante no sobrepasara el 2% de carbonato de calcio y magnesio para evitar que se produzcan cavitaciones al ser atacados estos elementos por aguas con alto contenido de dióxido de carbono.

El contenido de lodo en la arena no debe ser mayor al 1% en volumen antes de instalarse en el filtro.

La solubilidad de la arena en ácido clorhídrico no debe exceder el 5% después de 30 minutos de iniciada la prueba. La grava de la capa soporte no debe perderá más del 5% de su peso al sumergirla por 24 horas en ácido clorhídrico.

El sistema de drenaje puede tener diversas configuraciones: drenes principales y laterales construidos de tuberías perforadas, diferentes materiales como bloques, ladrillos de concreto o arcilla cocida, losas prefabricadas de hormigón sobre vigas de hormigón, etc. Asegurando así un flujo uniforme del agua a través del medio filtrante. El sistema de drenes está cubierto por capas de grava.

Los drenajes de ladrillo deberán asentarse con mortero, cuando los filtros estén localizados en zonas sísmicas; caso contrario simplemente se acomodan formando canales.

Considerar una entrada adicional por el fondo de la unidad, para efectuar el llenado del filtro. Esto se consigue interconectando las unidades en la cámara de salida.

Considerar instalaciones adicionales como: Una plataforma (losa o terraza) colindante con los filtros, que facilite la operación de limpieza del filtro y el lavado de arena. (<http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf>)

Elementos de una Unidad de Filtración Lenta con Arena

Estructura de entrada

La superficie de la filtración está condicionada al caudal, la velocidad y número de filtros para que su operación sea en paralelo. Para una filtración óptima se estima que el área máxima no supere los 100 m² para una fácil operación y mantenimiento. La filtración posee un vertedero de exceso, tuberías de captación y distribución, el cual consta de una entrada y accesos a los filtros.

Lecho filtrante

Debe estar compuesta por granos de arena duros y redondeados, que no contenga arcilla y materia orgánica para evitar alteraciones. La misma no debe presentar más de 2% de carbonato de calcio y magnesio.

Tabla 2.1 Criterios de Diseño para filtración

| Criterios de Diseño | Valores Recomendados |
|--|-----------------------------|
| Altura de arena (m) | |
| Inicial | 1.00 |
| Mínima | 0.50 |
| Diámetro efectivo (mm) | 0.15 - 0.35 |
| Coefficiente de uniformidad | |
| Aceptable | < 3 |
| Deseable | 1.8 – 2.0 |
| Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m) | 0.1 – 0.3 |

Fuente: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf>

Elaborado por: Karina Salazar 2015

La velocidad de filtración oscila entre los 0.1-0.2 m/h dependiendo de la calidad del agua cruda mientras más contaminada sea el agua menor será la velocidad del efluente, además el lecho filtrante tendrá una altura que varía entre 1.0 y 1.50 m. (<http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf>)

Sistema de drenaje

Contiene un lecho de soporte y una cámara de salida, donde el nivel mínimo del filtro se controla mediante el sistema de salida, el cual está ubicado en el mismo nivel a 0.10 m por encima de la superficie del lecho filtrante.

Capa de agua sobrenadante

Es recomendable que su altura varía entre 1.0. a 1.5m y un borde libre entre los 0.2 y 0.3 m.

Elementos para regulación, control y rebose de flujo:

- Válvula para controlar entrada de agua pre tratada y regular velocidad de filtración
- Dispositivo para drenar capa de agua sobrenadante, “cuello de ganso”.
- Conexión para llenar lecho filtrante con agua limpia.
- Válvula para drenar el lecho filtrante
- Válvula para desechar agua tratada
- Válvula para suministrar agua tratada al depósito de agua limpia
- Vertedero de entrada
- Vertedero de salida
- Vertedero de excesos. (<http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf>)
- Número de filtros

$$n_f = 0,044\sqrt{Q}$$

Ec. 16.1

Siendo:

n_f : número de filtros

Q: caudal

- Área superficial del Filtro

$$A_{sf} = \frac{Q}{N_f V_f}$$

Ec. 17.1

Siendo:

A_{sf} : Área superficial

Q: Caudal de diseño (m³/s)

N_f : Número de unidades Mínimo dos unidades de filtración

V_f : Velocidad de filtración

- Coeficiente mínimo de costo (K)

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$

Ec. 18.1

Siendo:

K: coeficiente mínimo de costo

N: Número total de filtros

- Longitud del filtro

$$L_f = (A_{sf} * K)^{\frac{1}{2}}$$

Ec. 19.1

Siendo :

L_f : Longitud del filtro

A_{sf} : Área superficial de filtro

- Ancho de filtración

$$b = \left(\frac{A_{sf}}{K} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Ec. 20.1

Siendo:

b: Ancho de filtración

A_{sf} : Área superficial de filtro

K: coeficiente mínimo de costo

- Altura del filtro

Se define la capa del lecho filtrante, la altura de la capa del agua, la capa de soporte y altura de drenaje del sistema de la tabla 1.3 y se diseña con un factor de seguridad 10% con la siguiente ecuación :

$$Z_f = f_s(C_a + L_a + C_s + F_c)$$

Ec. 21.1

Siendo:

Z_f : Altura del filtro

f_s : factor de seguridad

C_a : Altura de la capa de agua

L_a : Altura del lecho filtrante

C_s : Altura de capa de soporte

F_c : Altura del drenaje

Tabla 3.1 Parámetro de diseño de filtros lentos de arena

| Parámetro | Valor |
|--------------------------------|-------------------|
| Tasa de filtración | 2-12 m/d. |
| Medio | Arena |
| Altura del agua sobre el lecho | 1-1.5 m |
| Profundidad el medio | 0,6-1 m |
| Profundidad de grava | 0,30 m |
| Tamaño efectivo del medio | 0,15-0,35 mm |
| Coefficiente de uniformidad | 1,8-2,0 |
| Drenaje | Tubería perforada |
| Altura del drenaje | 0,4-0,7 m |
| Tiempo de lavado | 5-15min |

Fuente. ROMERO J (Purificación del agua 2006)

Elaborado por: Karina Salazar 2015

- Velocidad de filtración real

$$V_R = \frac{Q}{2 * L_f * b}$$

Ec. 22.1

Siendo

V_R : Velocidad de filtro

Q : Caudal

L_f : Longitud del filtro

b : Ancho de filtración

- Área sistema de drenaje

$$A_{of} = \frac{\pi D_o^2}{4}$$

Ec. 23.1

Siendo

A_{of} = Sistema de drenaje

D_o^2 = diámetro

- Número de laterales

$$N_L = n_L \frac{L_f}{e_L}$$

Ec. 24.1

Siendo

N_L = Número de laterales

n_L = Número de laterales por lado

e_L = separación entre laterales

- Diámetro de la tubería de entrada al filtro

El diámetro de entrada del filtro se calcula con la velocidad del agua se utiliza la siguiente ecuación:

$$D_{Te} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_e}}$$

Ec. 25.1

Siendo:

Q: Caudal de diseño

v_e : velocidad de entrada

- Diámetro de la tubería de salida del filtro

El diámetro de salida del filtro se calcula con la velocidad del agua de m/y se utiliza la siguiente ecuación:

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_s}}$$

Ec. 26.1

Siendo:

Q: Caudal de diseño

v_s : Velocidad de salida

- Velocidad optima del lavado

Se requiere el tamaño efectivo del medio y el coeficiente de uniformidad que se obtiene de la siguiente tabla y la ecuación:

$$v_1 = CU * TE$$

Ec. 27.1

Siendo:

v_1 = velocidad optima de lavado

CU: Coeficiente de uniformidad

TE: Tamaño Efectivo

Tabla 4.1 Lechos de arena para filtros rápidos

| | Tamaño efectivo | | Coeficiente de uniformidad | |
|----------------|-----------------|-------------|----------------------------|------|
| | Min (mm) | Max (mm) | Min | Max |
| Arena fina | 0,35 | 0,4 | 1,35 | 1,70 |
| Arena estándar | 0,45 | 0,65 | | |
| Arena gruesa | 0,65 | 0,85 | | |

Fuente. ROMERO J (Purificación del agua 2006)

Elaborado por: Karina Salazar 2015

- Cantidad de agua para el lavado del filtro

Esto se determina para el cálculo del volumen de agua para el lavado:

$$V_{CL} = v_1 A_f t_1$$

Ec. 28.1

Siendo:

V_{CL} : Cantidad de volumen de agua

v_1 : velocidad optima de lavado

A_{sf} : Área superficial

t_1 : tiempo

1.5.3.7.2 Tipos de medios filtrantes

Para determinar el medio filtrante a utilizar se debe tomar en cuenta la durabilidad requerida, el grado deseado de purificación, facilidad de lavado y duración de la cámara del filtro.

Además de estas consideraciones se debe determinar un tamaño que facilite un efluente satisfactorio, material duradero que sea capaz de retener la mayor cantidad de sólidos y permita ser limpiado con facilidad y sin desperdicio de agua.

Arena.- Este tipo de medio filtrante es el más usado, debido a sus bajos costos. La profundidad óptima del lecho de este medio es de 60-70 cm y un tamaño efectivo(TE) de 0,45- 0,55 mm.

La arena para filtros presentará una solubilidad en ácido clorhídrico 1:1 menor al 5% con una densidad relativa superior de 2,5 y debe ser limpia ,según la norma AWWA B100-96. (Romero J., 2006, P.243)

Antracita.- Romero J. Explica: Según el estándar D 388-84 de la ASTM, un carbón se clasifica como antracítico cuando tiene carácter no aglomerante y cumplen con las especificaciones del siguiente cuadro:

Tabla 5.1 Carbones de clase antracítica

| GRUPO | % MATERIAL VOLÁTIL |
|---------------|--------------------------|
| Metaantracita | ≤ 2 |
| Antracita | $> 2 \text{ y } \leq 8$ |
| Semiantracita | $> 8 \text{ y } \leq 14$ |

Fuente: ROMERO J (Purificación del agua 2006)

Elaborado por: Karina Salazar 2015

El carbón se lo tritura para reemplazar a la arena como filtración, lo por general estos filtros se debe mantener limpios, se utiliza como lecho de 60-70 cm.

Arena –antracita.- Este tipo de material tiene diferencia entre grueso y fino, y dependerá en qué dirección este el flujo para eliminar partículas más grandes y pequeñas del medio filtrante, este tipo de medio incrementa la filtración brindando un mejor efluente.

Lecho de Grava.- El tamaño de las partículas de la parte inferior del sistema de drenaje, esta es proporcionalmente al tamaño de la capa superior, siendo esto en forma esférica para el aumento de tamaño del techo hasta el fondo, el tamaño del lecho de grava oscila entre 15-60 cm, por lo general se utiliza a 45 cm en filtros rápidos. (Romero J., 2006, P.245)

1.5.3.7.3 Drenaje para filtros

Este sistema ofrece una distribución uniforme del agua de lavado, es utilizado para acumular el agua filtrada, existe diferentes tipos como:

- Fondo Leipold
- Fordo Wagner
- Fondo Wheeler
- Falso fondo con viguetas prefabricadas
- Falso fondo “Eternit”

Para la aplicación de estos tipos de drenajes se utiliza grava para sostener al medio fino y de esta manera aumentar la calidad del agua de lavado, generalmente se utiliza drenaje de tubería perforada, consistentes en un múltiple y varios laterales

Criterios para el diseño del drenaje

- Área total de orificios 0,15 a 0,5 %
- Área filtrante 0,2 a 1,5 %
- Área de laterales 2 a 4
- Área del múltiple 1,5 a 3
- Los orificios y laterales se ubicaran entre 7,5 a 30 cm de distancia para los orificios el diámetro será de entre 6 y 19 mm.
- La relación de la longitud de los laterales y su diámetro no debe ser mayor de 60, es decir un lateral de 1m será de un diámetro de 2" y 2m un diámetro de 3" así sucesivamente.
- La velocidad adecuada del agua en el múltiple no debe ser mayor de 2,5 m/s y en los laterales no debe superar el 1,8 m/s.
- Los orificios estarán ubicados por debajo desplazados 30° con la vertical, los laterales deben estar ubicados sobre bloques de concreto que lo soporten y deben ser de 4 cm de altura sobre el fondo del filtro. (Romero J., 2006, P. 246)

8.1 Drenaje con

1.5.3.7.4

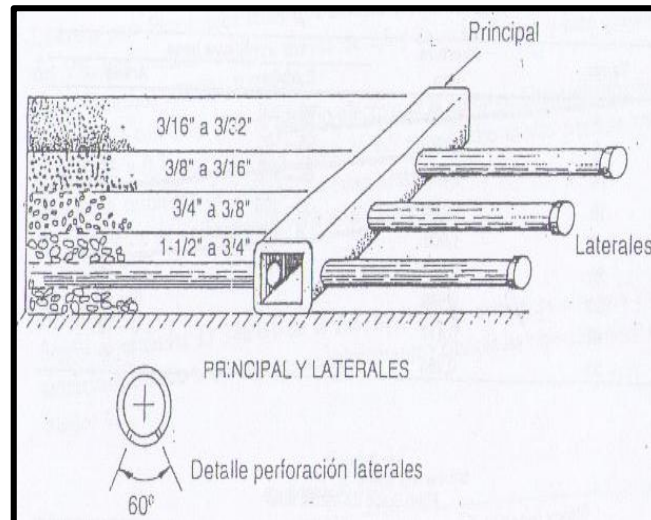


Figura
tuberías perforadas
Fuente. ROMERO
J(Purificación del agua 2006)

Lavado de filtros

El lavado de filtros se produce mediante el paso de agua de modo ascendente por el lecho filtrante con una velocidad que permita a los granos de los medio filtrantes moverse por el flujo ascendente, frotándose entre sí para limpiar los residuos formados en la superficie.

Para determinar si el filtro necesita un lavado los operadores deberán observar si existen fugas de turbiedad, el lavado podría consistir en una fluidización simple o parcial con ayuda de aire o se puede combinar agua y aire. La velocidad que alcance el agua en el lavado debe ser suficiente para remover el material suspendido y arrastrarlo fuera del filtro, pero no tan alta como para arrastrar el medio filtrante.

Canaletas de lavado

Se puede utilizar de varios tipos, plástico reforzado, fibra de vidrio, concreto u otro material anticorrosivo de diferentes formas de acuerdo a la necesidad. Se ubican en el techo del filtro y son utilizadas durante el lavado para tener una distribución uniforme del agua, recolectar el agua que emerge de la arena y conducir hacia el drenaje.

Unas canaletas optimas posee una distancia que no supere los 2m entre cada borde y tener una altura igual con los vertederos y tasa de lavado, a una distancia de 60 a 90cm de la parte superior de la arena. (Romero J., 2006, P. 251)

1.5.3.8 Adsorción

La adsorción y la absorción son procesos de la sorción, la acumulación de contaminantes de una fase a otra se lo utiliza en el tratamiento de agua para eliminar algunos contaminantes presentes en el agua.

Absorción.- En este proceso las moléculas entra en contacto con otro material absorbente ya sea sólido o líquido para aglomerarse dentro del mismo mezclando sus moléculas y eliminando sus contaminantes .

Adsorción.- Esto sucede cuando las moléculas de un fluido golpea con la superficie de un agente adsorbente y se aglutina en la superficie, este fenómeno sucede por las fuerzas químicas físicas o combinación de las mismas. (Romero J., 2006, P.331)

1.5.3.8.1 Tipo de adsorción

En los tipos de adsorción se puede evidenciar tres tipos:

Adsorción Física.- No es específica y basa su proceso en la acción de fuerzas débiles de atracción con otras moléculas, como ejemplo las fuerzas de Van der Waals, es decir que las moléculas absorbidas se mueven libremente alrededor de la superficie del adsorbente mas no se encuentran adherido a un lugar específico, este proceso puede ser reversible.

Adsorción Química.- Aplica fuerzas más fuertes, formadora de compuestos químicos con diferencia al anterior, en este tipo las moléculas no pueden moverse libremente ya que forma una capa monomolecular. Una vez la superficie se encuentra cubierta con el material adsorbido se puede decir que sus capacidad adsorbente está agotado, este proceso no puede ser reversible y para limpiar el material adsorbido se lo debe exponer a elevadas temperaturas.

Adsorción de intercambio.- Este proceso se debe a la atracción eléctrica del adsorbato y la superficie de adsorbente el ejemplo más común de este tipo es intercambio iónico.

1.5.3.8.2 Carbón activado

Es un compuesto a base de carbono, el mismo que cumple con propiedades adsorbentes, elimina contaminantes orgánicos atrayendo y acumulando adsorbato a su superficie, además es un material carbonáceo que se oxida selectivamente y genera una estructura muy porosa la misma que crea una área superficial grande, es el adsorbente más utilizado en el tratamiento de aguas.

El carbón activado dentro de su estructura tiene una gran variedad de poros en diferentes tamaños lo que permite receptor moléculas indistintas de los contaminantes presentes en el agua, se lo puede fabricar en base a una cantidad extensa de materiales carbonáceo por ejemplo: madera,

coque, carbón mineral, lignina, bagazo de caña de azúcar, cascaras de nuez, aserrín, huesos y residuos de petróleo.

Este material se utiliza en el tratamiento de agua, para disminuir o tratar lo siguiente:

- Eliminación de sustancias orgánicas productoras de olores y sabores.
- Eliminación de trahalometanos, pesticidas y compuestos de cloro.
- Eliminación de residuos orgánicos peligrosos o tóxicos.
- Eliminación de metales pesados. (Romero J., 2006, Pp.332,333)

1.5.3.9 Intercambio Iónico

Es el proceso en el que se remueve los iones no deseados del agua cruda, mediante fuerzas electrostáticas a la superficie de un sólido e intercambiándoles por iones de carga eléctrica similar en solución, es el movimiento de un ion por otro, en el tratamiento de agua se aplica un intercambio reversibles de iones de un líquido y un sólido, sin provocar una transformación eminente en la estructura física del sólido.

El intercambio básico o catiónico es el movimiento de un ion positivo o catión, por otro ion de las mismas características para aguas naturales, estos cationes pueden ser: calcio, magnesio sodio, hierro entre otros. Además ocurre un intercambio aniónico que resulta del desplazamiento de un ion negativo o anión por otro ion negativo, estos aniones son cloruro, sulfato, nitrato, carbonato, hidróxido y fluoruro en aguas naturales.

Existen dos proceso para realizar el intercambio iónico, la denominada cochada y el flujo continuo. Cuando la resina se mezcla con el agua hasta que le reacción se complete se lo conoce como intercambio iónico de encochada, esta resina es recuperada por sedimentación puede ser regenerada y reutilizada. El Flujo continuo se basa en colocar la resina en un lecho o reactor y permitir que el agua pase a través de los mismos. (Romero J., 2006, P. 355)

1.5.3.9.1 Factores de influencia

pH.- Este factor interviene en la adsorción y depende de la solubilidad que posean los componentes del agua, ya que el intercambio de los iones se produce pH bajos.

Temperatura.- Influye en la viscosidad del efluente, en líquidos viscosos se recomienda utilizar temperaturas elevadas para tener un mejor contacto con el adsorbente y de esta manera mayor remoción del adsorbato.

Tiempo de contacto.- Es recomendable que se determine un tiempo mínimo de contacto para garantizar que la adsorción o remoción de los contaminantes sea completa.

Tamaño de partícula del adsorbente.- Romero J(2006) explica: En general la remoción del adsorbato ocurre en dos etapas: la primera es el movimiento de la molécula adsorbida desde el líquido hasta la superficie del adsorbente, y la segunda, la desplazamiento del adsorbato desde la superficie del adsorbente hasta el sitio de adsorción, dentro de la partícula del adsorbente. Se recomienda para maximizar la adsorción, partículas que pasen malla 325. p 356

1.5.3.9.2 Zeolitas

Son compuestos granulados que puede intercambiar iones monovalentes de sodio por iones multivalentes de tipo alcalino térreo o ion amonio, además en iones divalentes de diversos metales.

Se utiliza zeolita de dos tipos, conocida como arena verde natural y la zeolita tipo gel. La zeolita natural no es porosa y se obtienen por el procesamiento de arena verde natural y la zeolita sintética son porosas y resulta de la mezcla de soluciones de silicato de sodio y sulfato de aluminio o aluminato de sodio, esta zeolita seca posee una densidad relativa que va desde 2,1- 2,4.

La Zeolitas naturales puede retener alrededor del 10% de agua mientras que las sintéticas un 50%, esta retención de agua disminuye la densidad aparente de la zeolita naturales a $1,6 \text{ g / cm}^3$ y de las sintéticas entre $0,9- 1,1 \text{ g / cm}^3$. La zeolita sintética pueden variar su tamaño de 0,24 mm hasta 2,5 mm siendo su tamaño efectivo 0,42 mm.

La arena verde o zeolita natural tiene la capacidad de remover entre 100 y 250 equivalentes / m³ entre regeneraciones mientras que la zeolitas sintéticas entre 300 y 350 equivalentes / m³. (Romero J., 2006, P. 356)

La zeolita natural son capaces de eliminar entre 700 a 12000 g de dureza por m³ y la zeolita sintética tiene la capacidad 20000 a 60000 g/m³, es por esto la arena verde o zeolita natural tiene un costo más bajo en comparación con zeolita sintética, por tal motivo la aplicación de cualquiera de estos tipos depende de la cantidad de agua que va a ser tratada y los contaminantes no deseados que requieren eliminar.

La zeolita se coloca en los lechos filtrantes de la misma manera como si fueran filtros de arena, en ocasiones se coloca los filtros a presión debido a la facilidad de conseguir unidades estandarizadas y eliminar la necesidad de doble bombeo, además se puede usar filtros abiertos por gravedad de flujo ascendente o descendente esto dependerá de las condiciones hidráulicas.

La capa de zeolita, por lo general tiene un espesor que varía entre 0,60 a 1,80 m y con gastos de 160 a 320 l/min/m², esto para lechos con filtro de flujo ascendente y 120 a 200 l/min/m² para filtros con flujo descendente.

Cuando se utiliza filtros de flujos ascendentes no es necesario que se realice un retro-lavado de la zeolita, al contrario los filtros de flujo descendente necesita un retro-lavado antes de que la zeolita sea regenerada.

En la mayoría el intercambio de ciclo de sodio se utiliza zeolita para el ablandamiento, el diseños de filtros con zeolita es simple consta de un armazón que sostiene al lecho intercambiador de iones provisto de tuberías y válvulas que permiten las operaciones esenciales ablandamiento, retro lavado, regeneración y enjuagado. (Guerrero R.,1991.P.106)



Figura 9.1 Zeolita
Elaborado por: Karina Salazar 2015

1.5.3.10 Desinfección

Para que el proceso de desinfección sea exitoso se requiere de un agente desinfectante que sea suministrado permanentemente y de manera adecuada, además de un control de la dosificación donde el personal que realiza las operaciones tenga conocimiento del compuesto y los equipos utilizados.

Tabla 6.1 Consideraciones generales sobre operación y mantenimiento de cloradores

| TIPOS DE EQUIPOS | OBSERVACIONES |
|---|---|
| Cloradores de dosificación directa, cloro gaseoso seco | Se aplica cloro gaseoso seco al agua. Se usa solamente cuando no existe disponibilidad de agua a presión. |
| Cloradores de dosificación de cloro gaseoso en solución | Se aplica solución de cloro gaseoso en agua, al agua bajo tratamiento. Se prefieren los cloradores de vacío |
| Clorador de celda electrolítica | Se genera el cloro in situ, se usa poco |
| Hipocloradores | Se usan para caudales pequeños o casos de emergencia. |

Fuente: ROMERO J (Purificación del agua 2006)

Elaborado por: Karina Salazar

Tabla 7.1 Dosificación

| TIPOS DE CONTROL | OBSERVACIONES |
|------------------|---|
| Manual | La dosis se ajustan a mano. Cuando el caudal es relativamente constante. |
| Semiautomático | La dosificación se inicia o se detiene mediante un instrumento eléctrico o hidráulico |
| Automático | Se ajusta automáticamente la dosificación con un control de caudal |

Fuente: ROMERO J (Purificación del agua 2006)

Elaborado por: Karina Salazar 2015

1.5.3.10.1 Métodos de desinfección

La cloración es el método de desinfección más utilizado y más conocido, pero además de este existe diferentes métodos que son utilizados de acuerdo a la necesidad que se presente estos son:

Tratamiento con calor.- Se emplea la ebullición como mecanismo de desinfección del agua, hervir el agua fue uno de los primeros métodos más utilizados, se lo usa para desinfectar pequeñas cantidades, más utilizado como método de emergencia.

Tratamiento por radiación.- Se utiliza una radiación de rayos ultravioleta para lograr la desinfección del agua

Tratamiento químico.- Se aplica una variedad de productos químicos conocidos como desinfectantes químicos estos pueden ser el cloro, ozono, bromo, yodo, permanganato de potasio, iones metálicos como plata, cobre, mercurio, y/o ácidos y álcalis. (Espelman y Drinan, 2000,P.230,232)

1.5.3.11 Cloración

Es un proceso de desinfección, es decir ayuda a la eliminación de bacterias que afecta la calidad de agua, el cloro se puede utilizar de manera sólida (hipoclorito de calcio), líquido (hipoclorito de sodio) o gaseoso (Cl_2), se ha comprobado su efectividad como desinfectante y tiene bajo costo asegurando de esta manera que el agua está libre de microorganismos.

Cloro gaseoso (Cl_2).- Es un gas tóxico de color amarillo verdoso es utilizado en grandes plantas de tratamiento, es suministrado a presión y en gran cantidad, el líquido se desprende inmediatamente como gas cuando se extrae del contenedor a presión, este tipo de cloración se debe tomar mucha precaución porque en exceso produce intoxicación.

Hipoclorito de sodio.- Es líquido además es el más usado en plantas de tratamiento pequeños debido a su fácil uso y aplicación y es menos tóxico que el cloro gaseoso, se lo diluye con agua antes de usarlo como desinfectante, es un compuesto corrosivo y se lo debe manejar con precaución.

Hipoclorito de calcio.- Es sólido, granular, polvo, tabletas, este compuesto es más estable que el hipoclorito sodio, no se deteriora con el tiempo, además es higroscópico es decir absorbe humedad fácilmente, pero su reacción es lenta con la humedad del aire, es de olor fuerte requiere precaución para su manejo, su disolución es compleja debe estar almacenado lejos de materiales orgánicos ropa y productos derivados del petróleo.

2.5.3.11.1 Factores que influyen en la cloración

Presencia de los organismos que se eliminará y productos resultantes de la reacción con el agua

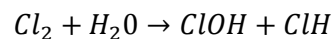
además de sustancias disueltas o en suspensión.

Concentración y tipo del desinfectante a ser utilizado, tomar en cuenta el tiempo de contacto entre el cloro y el agua, la fuente de captación, temperatura y pH del agua que se va a tratar. Se debe establecer un mecanismo el cual permita una adecuada mezcla y dispersión del cloro en toda la masa de agua, para que el proceso de cloración sea eficaz además de establecer la dosis adecuada.

A partir de 0.1-0.2 ppm de cloro en el agua ya se percibe un sabor, de acuerdo a las características de agua este factor puede percibirse con mayor intensidad, la decloración puede ayudar a suprimir esta característica mediante la aplicación de sustancias reductoras como el anhídrido sulfuroso, el hiposulfito sódico entre otras.

Utilizar cantidades apropiadas de sustancias declorantes se puede lograr la eliminación del exceso de cloro detectado en el agua, el carbón activado es el método de filtración que ayuda a eliminar características del agua que se presentan posterior al proceso de cloración.

Para considerar las reacciones de equilibrio que da lugar al mezclar cloro con el agua se las conoce como reacciones de hidrólisis donde se origina ácidos hipocloroso y clorhídrico:



Rx. 9.1

El ácido clorhídrico es neutralizado por la alcalinidad que presenta el agua y el ácido hipocloroso se ioniza, descomponiéndose en iones hidrogeno e iones hipoclorito:



Rx. 10.1

La demanda de cloro y break point es un método utilizado para determinar la cantidad de cloro que debe utilizarse para la desinfección.

Al añadir cloro al agua, reacciona con la sustancias que esta contiene, quedando menos cloro a disposición para actuar como desinfectante, la unión de las partículas de cloro con otras sustancias presentes en agua forman compuestos denominados cloraminas las mismas que poseen un poder de eliminación de bacterias en menor grado que el cloro.

Si se añade cloro en exceso se llegara al punto que reaccione con todas las sustancias presentes, logrando que el cloro sobrante se convierta en cloro residual libre.(Romero J., 2005, P. 282)

1.6 Muestreo

Toma de muestras: consiste en recoger partes, porciones o elementos representativos de una muestra a fin de obtener datos reales de las características físicas, químicas y microbiológicas.

Se recoge una muestra lo suficientemente pequeña en volumen a ser transportada convenientemente y lo suficientemente grande para fines analíticos, siendo representativa del sitio que está siendo muestreado. Es decir las concentraciones de la muestra será la misma de donde se extrajo la muestra, siendo manejada de tal manera que no presente cambios significativos en su composición antes de realizar las pruebas.

1.6.1 Tipos de muestras

1.6.1.1 Muestras de aguas

Muestra simple: son muestras individuales recogidas en un punto específico en un lugar durante un corto período de tiempo, muestras puntuales en un lugar a la profundidad y el tiempo seleccionado.

Muestras compuestas: son más representativas donde la concentración de los analitos de interés puede variar con tiempo y/o espacio. Se obtienen de la combinación de porciones de múltiples muestras al azar. Aumentando las posibles interferencias analíticas e interacciones del analito.

Muestras integradas: mezcla de muestras que representan diferentes puntos en la sección transversal, en proporción a su flujo. (Espelman y Drinan., 2000.P.183).

1.6.2 Técnicas de toma de muestra

1.6.2.1 Toma de muestra Manual

Las muestras simples o puntuales son usualmente tomadas manualmente. Requiere de un mínimo de equipos y materiales, para programas de toma de muestra a gran escala o de rutina puede ser excesivamente largo y costoso.

Se debe considerar la toma de muestra de suelos y sedimentos mediante esta técnica, principalmente cuando es difícil tener en cuenta la profundidad de penetración, la posibilidad de obstrucción por objetos que no son propios de la muestra.

1.6.2.2 Toma de muestra Microbiológica

Recoger la muestra en frascos plásticos estériles, posteriormente introducirlos en fundas plásticas descartables que garanticen su esterilidad y contaminación cruzada con otras muestras. La cantidad de muestra depende de la matriz a ensayar, en todo caso no debe ser menor a 100 ml.

1.6.3 Toma y conservación de muestras de agua

Las muestras de agua tiene que ser homogéneas para el objetivo del trabajo. Según el tipo de muestras, las técnicas de toma de muestras son diferentes y tienen que aplicarse de manera correcta. La selección y preparación de envases es de suma importancia para garantizar resultados confiables en el análisis.

1.6.3.1 Toma de muestras

Aguas superficiales.- En la toma de muestras directas de ríos, esteros, lagos, reservorios, vertientes, pozos poco profundos, no es recomendable tomar las muestras cerca de las orillas, puentes o cerca de carreteras sino unos metros aguas arriba. Procurar no alterar las orillas y el lecho pues se corre el riesgo de contaminar la muestra. La muestra debe tomarse cerca de la superficie.

Aguas entubadas.- Primero se obtiene la muestra para el análisis microbiológico y se lo hará en un recipiente estéril. No quitar la tapa del frasco de muestra sino hasta la toma de muestra.

Antes de tomar una muestra de agua desde un tubo o desde una llave de agua es debe eliminar el agua estancada de la tubería. Para tal efecto, se deja correr el agua durante 2 a 3 minutos para que se pueda renovar varias veces en todo el sistema de tubería.

Cuando se toma la muestra dejar un espacio de aire en el frasco para facilitar el mezclado de la muestra por agitación (excepto para análisis de OD y DBO).

Agua de pozos o reservorios.- Si el pozo posee una bomba, se debe bombear el drenaje por unos cinco minutos, antes de tomar la muestra.

Si el pozo posee una llave, se procede manteniendo los cuidados antes indicados. Evitar la contaminación de la muestra por los aceites superficiales. (SM 1060,2012)

1.7 Consideraciones generales del rediseño

Se debe tomar en cuenta para iniciar el rediseño de una planta de tratamiento de agua, conociendo el estado actual de la misma y plantear una manera en la que se optimicen los procesos, operaciones y de esta manera disminuir costos, además de estas consideraciones se debe tomar en cuenta lo siguiente:

No todas las plantas de purificación utilizaran los mismo procesos, en algunos casos será necesario plantear un complemento a un proceso o crear un nuevo proceso.

En la potabilización cumple una función primordial que es la tratabilidad de la calidad del agua y el rediseño, se debe plantear una adecuada captación y un sistema de distribución que puedan ofrecer agua de buena calidad a un bajo costo.

El encargado del rediseño debe conocer todas las normas leyes requerimientos, especificaciones ya sean oficiales, nacionales e internacionales aplicables al tipo de proyecto que se está planteado.

Para determinar el proceso de tratamiento se debe tomar en cuenta la calidad de la fuente de suministro y a la vez verificar al final del proceso. Esto quiere decir contar con un análisis completo del agua cruda y tratada, se debe plantear un programa de toma de muestras y análisis para obtener la información necesaria.

Conocer el entorno de la planta de tratamiento para saber los procesos que se realizan, cuáles son sus falencias y empezar con el rediseño.

Se debe determinar la vida útil de la estructura, equipo y componentes de la planta, proyectar la expansión, la tasa de crecimiento de usuarios para tomar recaudos en la implementación del proyecto.

El rediseño consiste en planificar la operación continua de la planta con uno o más equipos fuera de servicio, por cualquier motivo que se presente. (Romero J., 2005, Pp.20,21)

1.7.1 Principios de operación

De debe formular para toda planta de tratamiento una operación adecuada para contar con una producción continua de agua tratada y cumplir con las normas de calidad establecidas, se toma en cuenta algunos factores.

Confiabilidad.- Constituye el factor más importante ya que debe satisfacer en todo momento las necesidades y cumplir con las normas establecidas para los equipos y demás componentes de la planta estos deben operar adecuadamente bajo condiciones extremas.

Flexibilidad.- Permite establecer una producción normal de la planta, tener la capacidad de operar en todo momento aunque que se encuentre con uno o más equipos fuera de servicio, por mantenimiento o reparación, para esto los operadores verificaran la existencia de reserva de repuestos y componentes de equipos.

Mano de obra.- En la operación y mantenimiento la mano de obra es un factor primordial dentro de una planta de tratamiento, el personal debe ser capacitado, a la vez conocer los procesos y funcionamiento de los equipos y sus componentes.

Grado de automatización y control.- Se debe ofrecer un grado de fiabilidad en el funcionamiento de la planta, para esto se necesita de equipos y controles de fácil manipulación. (Romero J., 2006, P.269)

1.7.2 Principios de mantenimiento

Para la operación óptima de la planta es necesario contar con un plan de mantenimiento y se debe terminar dos tipos de mantenimiento:

Mantenimiento preventivo.- Se programa actividades, recurso y ayudas que permita identificar y prevenir defectos y el reemplazo rutinario de elementos fungibles, reportar daños mayores en los componentes de la planta para cumplir con su vida útil.

Mantenimiento correctivo.- Son actividades que se debe cumplir para corregir cualquier defecto o daños mayores detectados en la operación de la planta y de esta manera continuar con la potabilización del agua.

Algunos aspectos a tomar en cuenta dentro del mantenimiento son:

- Definir y asignar personal responsable.
- Disponer de los recursos financieros.
- Contar con herramientas, repuestos y equipos apropiados para proveer el mantenimiento.

- Planificar y programar los mantenimientos preventivos necesarios.
- Aplicar un sistema de control y registro de los mantenimientos realizados a cada componente de los procesos. (Romero J., 2005, P. 270)

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Diagnóstico

El sistema de potabilización cuenta con una fuente subterránea principal que se encuentra ubicada en la comunidad de San Juan aproximadamente a 20 minutos de la parroquia, el agua circula hasta el tanque ubicado en Bayushí, donde su distribución es para la Parroquia Santiago de Calpi y Bayushí, circula el agua por tuberías hasta los tanques de almacenamiento y cloración.

En compañía los de encargados del sistema de tratamiento se reconoció todos los componentes con los que cuenta el actual sistema, iniciado desde la vertiente Shobol para constatar cualitativamente la calidad del agua que ingresa a los tanques de almacenamiento ubicados en la Parroquia de Calpi, en este lugar se pudo constatar que no se cuenta con un proceso planificado de potabilización de agua únicamente cuenta con un sistema anticuado de cloración manual, mismo que se encuentra en malas condiciones.

De estos tanques de almacenamiento por medio de tuberías se distribuye el agua a la población, con esta información base se procedió a la caracterización inicial del agua , tomando en cuenta

los límites permisibles de la norma NTE INEN 1108-2011“Agua Potable” Requisitos donde se determinó la existencia de parámetros fuera de rango, los mismo que son:

- Fluoruros
- Fosfatos

La contaminación de fosfatos presentes en el agua se genera debido a las actividades agrícolas y ganaderas que se realizan en las cercanías de la vertiente generando contaminantes orgánicos que desencadena la presencia elevada dosis, y al no tener adecuados procesos para la eliminación de estos contaminantes, afecta la calidad de agua que consume la población.

La presencia de fluoruros preocupa ya que sus efectos por consumo a largo plazo destruye el sistema óseo o puede ser causal en la incidencia de fluorosis esquelético endémica. Existe evidencia que la ingesta igual o mayor a 14 mg/L al día desencadena esta enfermedad, la OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda un valor referencial de presencia de fluoruros en el agua potable máximo de 1.5 mg/L.

En un estudio realizado por expertos de la OMS clasifico a los fluoruros dentro de los elementos potencialmente tóxico, sin embargo se determinó que en niveles bajos puede tener funciones positivas para el ser humano.

2.1.1 Procesos actuales del sistema de potabilización

Cloración.- Este proceso se lo realiza con cloro sólido vertido de manera manual en el tanque de almacenamiento N.1, esta agua clorado por medio de una tubería y válvulas de presión es conducida al tanque de almacenamiento N.2, donde el agua reposa para posteriormente ser distribuida a los habitantes de la Parroquia Santiago de Calpi.

Se pudo evidenciar que no existe un cálculo de la dosis de cloro que se debe verter en el tanque, el operario cuenta con un recipiente graduado el cual no cuenta con un instructivo para la manipulación, uso y dosificación del cloro para el sistema de potabilización.

2.2 Población y muestra

Para este proyecto se consideró algunas técnicas para la recolección de muestras que sea representativa del universo o a la población del objeto de estudio para obtener datos que se aplica para el rediseño para el sistema de potabilización de la Parroquia Santiago de Calpi.

Para la toma de muestra se basa en los procedimientos establecidos en el Standard Methods 1060 A, B y C

La recolección de muestra es necesario para el estudio de la población e identificar algunos componentes que aporten con información, para ello se utiliza recipientes de plástico, vidrio, estériles los mismo que deben estar limpios.

Para muestras que no requiere de análisis microbiológicos se toma al menos 500 ml dependiendo de los parámetros a ser analizados esta cantidad puede aumentar. Para la caracterización de agua que ofrece el actual sistema se tomó un total de 5 muestras aleatorias.



Figura 10.2 Envases para toma de muestras
Elaborado por: Karina Salazar 2015

Para el transporte de muestras se utiliza un equipo básico que consta de un cooler, perseverantes térmicos y recipientes adecuados de acuerdo al tipo de muestra que se vaya a recolectar y registrar información necesaria para identificar a la muestra (temperatura ambiente, fecha y hora y localización) de ser el caso realizar el análisis de parámetros in situ.



Figura 11.2 Cooler, envases y preservantes térmicos
Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3 Metodología

2.3.1 Metodología de trabajo

Las muestras recolectadas y etiquetadas se transportan con preservantes térmicos en un cooler herméticamente cerrado para que las mismas no pierdan sus propiedades hasta ser sometidas a los análisis correspondientes para de esta manera realizar la comparación de los resultados con los Criterios de la Norma NTE INEN 1108:2011 Agua Potable Requisito.

Una vez obtenidas las muestras se realizó los análisis físico químicos en el Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, microbiológicos en el laboratorio Servicios analíticos químicos y microbiológicos SAQMIC y Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH.

Una vez en el laboratorio se determinó que a las muestras obtenidas del sistema de potabilización de la Parroquia Santiago de Calpi se realiza parámetros para su caracterización los mismo que se detallan a continuación.

2.3.2 Métodos

Tabla 8.2 Métodos de Análisis de Aguas

| Parámetro | Método | Descripción |
|----------------------|---------------------|--|
| Color | Comparativo | Observación a través del comparador del color. |
| pH | Electrométrico | Utilización del pHmetro. |
| Conductividad | Electrométrico | Utilización de conductivímetro. |
| Turbiedad | Nefelométrico | Utilización del turbidímetro. |
| Cloruros | Volumétrico | 25 ml de muestra + 4 gotas de K_2CrO_4 . Titular con $AgNO_3$ (0,01N) de amarillo a ladrillo |
| Dureza | Volumétrico | 25 ml de muestra + 2 ml de Buffer pH 10 + indicador de Negro de Eriocromo T. Titular con EDTA (0,02M) de violeta a azul. |
| Calcio | Volumétrico | 25 ml de muestra +1 ml KCN + indicador de Murexida. Titular con EDTA (0,02M). |
| Alcalinidad | Volumétrico | 25 ml de muestra +2 gotas de Fenolftaleina. Titular con H_2SO_4 hasta incoloro (pH=6,1) + 3 gotas de Naranja de Metilo. Titular con c de naranja a rosado (pH=8). |
| Sulfatos | Espectrofotométrico | En un balón de 100 ml, colocar una porción + 2ml de Solución Acondicionadora + 1 g de $BaCl_2$, aforar con la muestra, medir en el fotómetro a 410 nm. |
| Amonio | Espectrofotométrico | En un balón de 50 ml, colocar 25 ml de muestra + 1 ml NaK tartrato + 2 ml de Solución Nessler, aforar con la muestra, medir en el Fotómetro a 425 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 muestra, dejar reposar 30 min, medir en el Fotómetro a 510 nm. |

| | | |
|--|---------------------|---|
| Nitratos | Espectrofotométrico | Seleccionar el test 355 N Nitrato RA PP, llenar una cubeta con la muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo de Nitrato Nitrover 5 en polvo, agitar, seleccionar el temporizador y esperar 1 min de reacción, preparar el blanco, limpiar el exterior de la cubeta, colocar el blanco en el equipo y encerrar, colocar la muestra y leer el valor |
| Hierro | Espectrofotométrico | Seleccionar el test 265 Hierro Ferro Ver, llenar una cubeta con la muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo de Hierro Ferro Ver en polvo, agitar, seleccionar el temporizador y esperar 3 min de reacción, preparar el blanco, limpiar el exterior de la cubeta, colocar el blanco en el equipo y encerrar, colocar la muestra y leer el valor |
| Fluoruros | Espectrofotométrico | Seleccionar el test 190 Fluoruro, llenar una cubeta con la muestra, añadir 2 ml de Reactivo circonio.ácidoSpands, agitar, seleccionar el temporizador y esperar 3 min de reacción, preparar el blanco, limpiar el exterior de la cubeta, colocar el blanco en el equipo y encerrar, colocar la muestra y leer el valor |
| Fosfatos | Espectrofotométrico | Seleccionar el test 490 P react PV, llenar una cubeta con la muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo de Phos Ver 3 en polvo, agitar, seleccionar el temporizador y esperar 2 min de reacción, preparar el blanco, limpiar el exterior de la cubeta, colocar el blanco en el equipo y encerrar, colocar la muestra y leer el valor |
| Sólidos Totales | Gravimétrico | Pesar una caja Petri, colocar 25 ml de muestra en la caja Petri, someter a baño María hasta sequedad, introducir la caja Petri en la estufa, colocarla en el desecador por 15 min y pesar. |
| Sólidos Totales Disueltos | Electrométrico | Utilización del electrodo de cristal adecuado para la lectura de sólidos totales disueltos. |
| Microbiológicos (Coliformes Totales y Coliformes Fecales) | Sembrado | Esterilizar el equipo microbiológico de filtración por membranas, sembrar y tomar la lectura a las 24 horas y realizar el conteo de las colonias si las hubiere. |

Fuente. Técnicas del Laboratorio de Análisis Técnicos

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3 Técnicas

2.3.3.1 Potencial de Hidrógeno pH

Tabla 9.2 STANDARD METHODS *4500 HB

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|---|---|--|
| <p>La base de la determinación de medición electrométrica del pH es la actividad de los iones de hidrógeno por medida potenciométrica utilizando un electrodo de hidrógeno estándar y un electrodo de referencia. El pH es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua, tiene un rango de 1 a 14. Si el agua tiene un pH menor a 7 se dice que es ácida, mayor a 7, básica y un valor igual a 7 es neutra.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • pH metro • Vaso de precipitación | <ul style="list-style-type: none"> • Enjuagar el electrodo del pH metro con agua destilada y ajustar el equipo con las soluciones Buffer pH 4, pH 7 y pH 10. • Colocar el electrodo en el interior del vaso de precipitación con la muestra. • Realizar la lectura. |

Fuente. STANDARD METHODS, edición 17

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.2 Conductividad

Tabla 10.2 STANDARD METHODS *2510

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|--|--|---|
| <p>La conductividad es la capacidad que tiene una solución acuosa para conducir corriente eléctrica. Está relacionada con la cantidad de sólidos totales disueltos presentes en el agua.</p> <p>La escala de 1999,9 μS, corresponde a la conductividad de las agua potables naturales.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro • Vaso de precipitación | <ul style="list-style-type: none"> • Enjuagar el electrodo, colocar la muestra en el vaso de precipitación agitar para homogenizar. • Colocar el electrodo en el interior del vaso de precipitación con la muestra. • Realizar la lectura. |

Fuente. STANDARD METHODS, edición 17

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.3. Turbidez

Tabla 11.2 STANDARD METHODS *2130 B

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|---|---|---|
| El método se basa en una comparación de la intensidad de la luz dispersada por una muestra en condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión patrón de referencia en las mismas condiciones. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersada, mayor será la turbidez. | <ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro • Celda para Turbidímetro | <ul style="list-style-type: none"> • Colocar agua destilada en la celda para encerrar el equipo. • Colocar la muestra dentro de la celda. • Realizar la lectura. |

Fuente. STANDARD METHODS, edición 17

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.4. Dureza

Tabla 12.2 STANDARD METHODS *2340 B Y C

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|---|--|--|
| La dureza se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio presentes en el agua como carbonato de calcio y de magnesio, en miligramos por litro. Para la determinación de la dureza se utiliza el método complexométrico en el cual se emplea la sal sódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) como agente complejante; formando complejos estables con los metales Ca ²⁺ y Mg ²⁺ . | <ul style="list-style-type: none"> • Erlenmeyer • Buretra • Pipeta volumétrica • EDTA 0,02 M • Solución Buffer pH 10 • KCN • Negro de Eriocromo T | <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 25 ml de muestra en el erlenmeyer. • Agregar 2 ml de solución Buffer pH 10. • Agregar 1 ml de KCN • Añadir el indicador Negro de Eriocromo T. • Titular con EDTA, hasta que se dé un viraje de violeta a azul. |

Fuente. STANDARD METHODS, edición 17

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.5. Calcio

Tabla 13.2 STANDARD METHODS *3500 Ca

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|------------|------------------------|---------|
|------------|------------------------|---------|

Fuente. STANDARD METHODS, edición 17

Elaborado por: Karina Salazar 2015

| | | |
|--|---|---|
| <p>Las sales de calcio contribuyen a la dureza total del agua.</p> <p>La cantidad de calcio se puede determinar directamente mediante una valoración con EDTA 0,02M.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Erlenmeyer • Buretra • Pipeta volumétrica • EDTA 0,02 M • KCN • NaOH 1 N • Indicador Murexida | <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 25 ml de muestra en el erlenmeyer. • Agregar 1 ml de KCN • Agregar 1 ml de NaOH • Añadir el indicador Murexida. • Titular con EDTA, hasta que se de un viraje de rosado a lila. |
|--|---|---|

2.3.3.6. Alcalinidad

Tabla 14.2 STANDARD METHODS *2320 B

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|--|---|--|
| <p>La alcalinidad del agua es la capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables, el valor medio puede variar con el pH.</p> <p>La alcalinidad se debe al contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos.</p> <p>Se utiliza fenolftaleína como indicador para cuantificar la alcalinidad de hidróxidos y parte de carbonatos, y naranja de metilo para cuantificar la alcalinidad restante.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Erlenmeyer • Bureta • Pipeta volumétrica • H₂SO₄ 0,1 N • Indicador Fenolftaleina • Indicador Naranja de Metilo | <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 25 ml de muestra en el erlenmeyer. • Agregar 4 gotas de fenolftaleína • Titular con H₂SO₄ hasta un viraje de rosado a incoloro • Agregar 3 gotas de naranja de metilo • Titular con H₂SO₄ , hasta que se dé un viraje de naranja a rosado. |

Fuente. STANDARD METHODS, edición 17 (normas APA=
Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.7. Cloruros

Tabla 15.2 STANDARD METHODS *4500 Cl B

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|---|---|--|
| <p>La alcalinidad del agua es la Los cloruros se pueden determinar en una</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Erlenmeyer • Buretra | <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 25 ml de muestra en el erlenmeyer. |

| | | |
|--|--|--|
| solución neutra ligeramente alcalina mediante una titulación con nitrato de plata, usando como indicador cromato de potasio. | <ul style="list-style-type: none"> • Pipeta volumétrica • AgNO₃ 0,01 N • Indicador de K₂CrO₄ | <ul style="list-style-type: none"> • Agregar 4 gotas de K₂CrO₄ • Titular con AgNO₃ hasta un viraje de amarillo a ladrillo |
|--|--|--|

Fuente. STANDARD METHODS, edición 17

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.8. Sulfatos

Tabla 16.2 STANDARD METHODS *4500 SO₄ E

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|---|--|---|
| El sulfato precipita en una solución de ácido clorhídrico como sulfato de bario por la adición de cloruro de bario. | <ul style="list-style-type: none"> • Balón aforado • Espectrofotómetro • Pipeta volumétrica • Solución Acondicionadora • BaCl₂ | <ul style="list-style-type: none"> • Colocar una porción de muestra en un balón aforado de 100 ml. • Agregar 2 ml de solución acondicionadora • Agregar 1 g de BaCl₂ • Aforar con la muestra y agitar • Medir en el espectrofotómetro a 410 nm. |

Fuente. STANDARD METHODS, edición 17

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.9. Nitritos

Tabla 17.2 STANDARD METHODS *4500 NO₂

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|--|--|--|
| Los nitritos presentes en el agua se pueden determinar a través de la formación de un colorante azoico | <ul style="list-style-type: none"> • Balón aforado • Espectrofotómetro | <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 25 ml de muestra en un balón aforado de 50 ml. • Agregar 2 ml de solución A |

Fuente. STANDARD METHODS, edición 17

| | | |
|--|--|---|
| <p>de color morado rojizo por aplicación de sulfanilamidiazotado con N-(1-naftil) - dihidrocloruro de etilendiamina.</p> <p>El rango de aplicación del método para mediciones espectrofotométricas es de 10 a 1000 µg de NO₂.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Pipeta volumétrica • Solución A • Reactivo B | <ul style="list-style-type: none"> • Agregar 2 ml de reactivo B • Aforar con la muestra y agitar • Dejar reposar la muestra por 30 min. • Medir en el espectrofotómetro a 510 nm. |
|--|--|---|

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.10. Color

Tabla 18.2 MÉTODO HACH *8025

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|--|---|--|
| <p>El color del agua se debe al contacto con desechos orgánicos, sólidos en suspensión, presencia de taninos y residuos industriales.</p> <p>El color verdadero es el color de la muestra una vez que se ha removido la turbidez, y el color aparente es el que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales, sino también el color debido al material suspendido.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Equipo HACH • Celdas para HACH • Pipeta volumétrica | <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml de agua destilada en una celda y encerar el equipo. • Colocar 10 ml de muestra en una celda • Colocar la celda en el equipo • Realizar la lectura en el equipo. |

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.11. Nitratos

Tabla 19.2 MÉTODO HACH *8039

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|---|---|---|
| <p>Los niveles de nitratos en aguas subterráneas y superficiales son unos pocos miligramos por litro.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Equipo HACH • Celdas para HACH • Pipeta volumétrica | <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml de agua destilada en una celda y encerar el equipo. |

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> Reactivo N Nitrato RA PP | <ul style="list-style-type: none"> Colocar 10 ml de muestra en una celda y añadir un sobre de N Nitrato RA PP Colocar la celda en el equipo Realizar la lectura en el equipo. |
|--|--|--|

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.12. Fosfatos

Tabla 20. 2 MÉTODO HACH *8048

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|---|--|---|
| El fósforo se encuentra en aguas naturales y en las aguas residuales casi exclusivamente como fosfatos. Estos se clasifican como ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos ligados orgánicamente. | <ul style="list-style-type: none"> Equipo HACH Celdas para HACH Pipeta volumétrica Reactivo Phos Ver 3 | <ul style="list-style-type: none"> Colocar 10 ml de agua destilada en una celda y encerar el equipo. Colocar 10 ml de muestra en una celda y añadir un sobre de Phos Ver 3 en polvo Colocar la celda en el equipo Realizar la lectura en el equipo. |

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.13. Hierro

Tabla 21.2 MÉTODO HACH *8008

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|---|---|--|
| El hierro se encuentra principalmente en aguas subterráneas, en cantidades apreciables, está presente como Fe ²⁺ creando problemas en suministros de agua. | <ul style="list-style-type: none"> • Equipo HACH • Celdas para HACH • Pipeta volumétrica • Reactivo Ferro Ver | <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml de agua destilada en una celda y encerar el equipo. • Colocar 10 ml de muestra en una celda y añadir un sobre de Ferro Ver en polvo • Colocar la celda en el equipo • Realizar la lectura en el equipo. |

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.14. Sólidos Totales

Tabla 22.2 STANDARD METHODS *2540

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|--|---|---|
| <p>Los sólidos totales se definen como el material que queda en el recipiente después de la evaporación de la muestra y su posterior secado en un horno a una temperatura definida.</p> <p>Los sólidos totales incluyen los sólidos suspendidos totales, sólidos retenidos en un filtro y sólidos disueltos totales.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Caja Petri tarada • Baño María • Estufa • Desecador • Balanza Analítica | <ul style="list-style-type: none"> • Pesar la caja Petri tarada • Colocar 25 ml de muestra en la caja Petri • Someter a baño María hasta sequedad • Sacar a la estufa, dejar en el desecador hasta enfriar lograr un peso constante y pesar |

Fuente. STANDARD METHODS, edición 17

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.15. Sólidos Totales Disueltos

Tabla 23.2 MÉTODO HACH*

| Fundamento | Materiales y Reactivos | Técnica |
|---|--|--|
| Los sólidos totales disueltos es la cantidad de materia disuelta en un volumen de agua. | <ul style="list-style-type: none"> Electrodo sensible HACH Vaso de precipitación | <ul style="list-style-type: none"> Colocar la muestra en el vaso de precipitación, agitar y homogenizar Colocar el electrodo sensible para STD en el vaso de precipitación Realizar la lectura. |

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.3.3.16 Contaminación Microbiológica

Tabla 24.2 STANDARD METHODS *9050 A y C

| REQUISITOS | ENSAYO | STANDARD METHODS |
|--------------------|------------------------------------|--|
| Coliformes totales | Filtración por membranas. Sembrado | <ul style="list-style-type: none"> PEE/M-01 |

Fuente. STANDARD METHODS, edición 17

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.4 Datos Experimentales

2.4.1 Medidas de caudal

El caudal del sistema de potabilización actual se lo realizo en el ingreso de agua del tanque número uno, para esto se utilizó un recipiente de 10 L y con la ayuda de un cronometro se tomó el tiempo que tarde en llenar un volumen determinado.

Tabla 25.2 MEDIDA DEL CAUDAL

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.4.2 Caracterización del agua en condiciones de diagnóstico

| # | Volumen (L) | Tiempo (s) | Caudal (L/s) | Caudal promedio (L/s) |
|---|-------------|------------|--------------|-----------------------|
| 1 | 7 | 2,96 | 2.36 | 2.64 |
| 2 | 6 | 2.26 | 2.65 | |
| 3 | 6 | 2.30 | 2.61 | |
| 4 | 7 | 2.61 | 2.68 | |
| 5 | 7 | 2.40 | 2.92 | |

Para la caracterización del agua se tomaron muestras en varios puntos, vertiente, tanques de almacenamiento del sistema de potabilización y dos puntos en la distribución.

Tabla 26.2 Caracterización Físico químico y microbiológico del agua

| Parámetros | Unidades | Muestras | | | Promedio | Límite Máximo permisible Norma NTE INEN 1108:2011 |
|---------------|-----------|----------|------|------|----------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| Color | und Co/Pt | <1 | <1 | <1 | | <15 |
| pH | unid | 6,55 | 6,94 | 6,93 | 6,81 | 6.5-8.5 |
| Conductividad | μSiems/cm | 449 | 750 | 496 | 565 | <1250 |
| Turbiedad | UNT | 0,7 | 0,2 | 0,3 | 0,40 | 5 |
| Cloruros | mg/l | 15,6 | 7,1 | 15,6 | 12,77 | 250 |
| Dureza | mg/l | 240 | 240 | 268 | 249,33 | 300 |
| Calcio | mg/l | 80 | 51,2 | 70,4 | 67,20 | 70 |
| Magnesio | mg/l | 9,7 | 27,2 | 16,5 | 17,80 | 30 – 50 |
| Alcalinidad | mg/l | 240 | 300 | 300 | 280,00 | 250 – 300 |
| Bicarbonatos | mg/l | 244,8 | 306 | 306 | 285,60 | 250 – 300 |
| Sulfatos | mg/l | 45 | 50 | 50 | 48,33 | 200 |
| Amonios | mg/l | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1.00 |
| Nitritos | mg/l | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0.01 |
| Nitratos | mg/l | 1,70 | 1,80 | 2,40 | 1,97 | 10 |
| Hierro | mg/l | 0.05 | 0.04 | 0,05 | 0,05 | 0.3 |
| Fosfatos | mg/l | 1.61 | 1.3 | 1,45 | 1,45 | 0.3 |
| Fluoruros | mg/l | 1.8 | 2.23 | 2,01 | 2,01 | <1.5 |

| | | | | | | |
|--------------------|------------|-----|-----|-----|--------|------|
| Sólidos T | mg/l | 450 | 560 | 524 | 511,33 | 1000 |
| Sólidos Disueltos | mg/l | 192 | 300 | 200 | 230,67 | 500 |
| Coliformes totales | UFC/100 ml | 1 | --- | --- | 1 | <1 |
| Coliformes fecales | UFC/100 ml | 1 | --- | --- | 1 | <1 |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

2.4.3 Parámetros fuera de norma

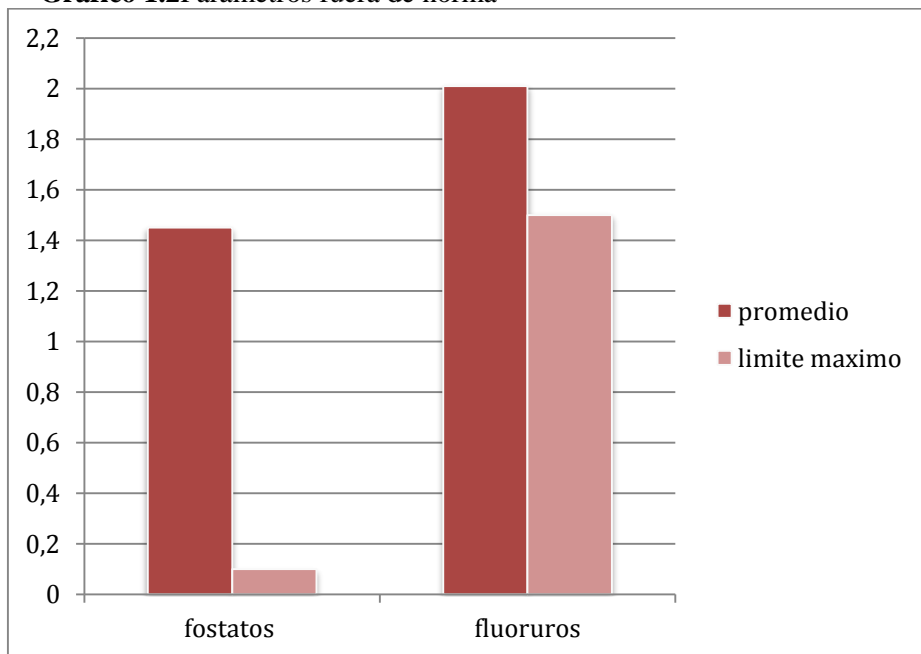
Una vez realizada la caracterización del agua del sistema de potabilización de la Parroquia Santiago de Calpi se obtuvo como resultado que algunos parámetros no cumplen con la norma NTE INEN 1108:2011 Agua Potable Requisitos los mismo que se detallan en la siguiente tabla

Tabla 27.2 Parámetros fuera de los límites máximos permisibles

| Parámetros | Muestras | | | Promedio | Límite Máximo permisible |
|--------------------|----------|------|------|----------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| Fosfatos | 1.61 | 1.3 | 1,45 | 1,45 | 0,3 |
| Fluoruros | 1.8 | 2.23 | 2,01 | 2,01 | <1.5 |
| Coliformes totales | 1 | --- | --- | 1 | <1 |
| Coliformes fecales | 1 | --- | --- | 1 | <1 |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

Gráfico 1.2 Parámetros fuera de norma



Elaborado por: Karina Salazar 2015

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS Y RESULTADOS

3.1 CÁLCULOS

3.1.1 Pruebas de tratabilidad

Una vez determinados los parámetros que no cumplen con los límites máximos permisibles de la norma NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable”, se procedió a realizar una serie de pruebas de tratabilidad en el Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, para establecer el tratamiento que se ajuste a las necesidades de un buen funcionamiento de la propuesta del nuevo sistema.

3.1.1.1 Pruebas de Jarras con policloruro

En esta prueba se realizó soluciones con diferentes concentración de PAC tomando volúmenes diferentes y agregándoles a un litro de agua cruda hasta lograr la dosificación adecuada para disminuir los parámetros fuera de norma .

Obtenidos los resultados de la prueba jarras se pudo observar que utilizando 8 ml en 1litro de agua y dosificándola en volúmenes 2, 4, 6, 8 ml en un litro de agua cruda el valor de fluoruros disminuyo de manera significativa en todas las dosis probadas pero el valor de los fosfatos no se observó disminución.

3.1.1.2 Filtración con Zeolita

Sin obtener los resultados deseados en la prueba de jarras se procedió a realizar una filtración del agua cruda y agua tratada con PAC por Zeolita, proceso en el que se evidencio una mejoría notoria en la calidad del agua cruda filtrada.

Donde se colocó 8ml de solución madre de PAC en un litro de agua cruda y un litro de agua cruda para ser filtrada por Zeolita, la activación de la Zeolita se realizó con NaCl al 10 % , donde se cubrió totalmente el recipiente con el material filtrante y se dejó reposar por 60 minutos.

3.1.1.3 Cloración

Una vez tratados los parámetros físico químicos que se encontraban fuera de rango se continuó el proceso para la desinfección del agua, donde se realizó la prueba de tratabilidad con hipoclorito de calcio.

Para esto se preparó una solución compuesta de 2.14 g de hipoclorito de sodio al 65% en un litro de agua destilada, de esta solución se colocó 3ml a la muestra de agua filtrada con Zeolita.

Tabla 28.3 Dosificación de hipoclorito de calcio

| Hipoclorito de Calcio 65% | |
|----------------------------------|-----------|
| Cantidad | Resultado |
| 1ml | 0,5 ml/L |
| 2ml | 0,6 ml/L |
| 3ml | 1,3ml/L |
| 4ml | 0,5 ml/L |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

3.1.2 Cálculos

3.1.2.1 Población futura.

El sistema de potabilización de la Parroquia de Santiago de Calpi actualmente beneficia a 698 habitantes, en la presente propuesta se estima una proyección de vida útil de 20 años, para esto se debe tomar en cuenta el caudal de la vertiente. La siguiente ecuación expresa la población futura:

$$P_f = P_a \left(1 + \frac{r}{100}\right)^t$$

Ec. 29.3

$$P_{f2035} = 698 \left(1 + \frac{1.24}{100}\right)^{20}$$

$$P_{f2035} = 893.1 \text{ hab.}$$

3.1.2.2. Nivel de complejidad

El nivel de complejidad se puede definir con el número de habitantes y determinar el nivel que posee la parroquia de Santiago de Calpi como se detalla en la tabla 29.3

Tabla 29.3 Nivel de Complejidad del Sistema

| Nivel | Población de diseño |
|------------|---------------------|
| Bajo | < 2500 |
| Medio | 2501 – 12500 |
| Medio Alto | 12501 – 60000 |
| Alto | > 60000 |

Fuente. ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices
Elaborado por: Karina Salazar 2015

3.1.2.3 Dotación neta.

La dotación neta toma en cuenta la complejidad el sistema para esto se utiliza la Tabla 30.3 de acuerdo al sistema que se ubica de la tabla 30.2

Tabla 30.3 Dotación neta

| Nivel de complejidad | Dotación neta mínima L/hab*día | Dotación neta máxima L/hab*día |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Bajo | 100 | 150 |
| Medio | 120 | 170 |
| Medio alto | 130 | - |
| Alto | 150 | - |

Fuente: ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices
Elaborado por: Karina Salazar 2015

3.1.2.4 Pérdidas técnicas

Para calcular la dotación bruta usamos los valores de la dotación neta y el porcentaje de pérdidas técnicas se encuentra en la Tabla 31.3

Tabla 31.3 Pérdidas técnicas

| Nivel de complejidad | % Máximo Admisible de pérdidas técnicas |
|----------------------|---|
| Bajo | 40 |
| Medio | 30 |
| Medio alto | 25 |
| Alto | 20 |

Fuente: ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices
 Elaborado por: Karina Salazar 2015

El nivel de complejidad del rediseño para la Parroquia Santiago de Calpi se encuentra en un nivel de complejidad bajo por lo tanto tiene un 40 % máximo admisible de pérdidas técnicas y se aplica estos datos en la siguiente ecuación.

$$\text{Dotacion bruta} = \frac{\text{Dotación neta}}{1 - \text{pérdidas técnicas}}$$

Ec. 30.3

$$\text{Dotacion bruta} = \frac{100}{1 - 0,40}$$

$$\text{Dotacion bruta} = 166.67 \frac{\text{L}}{\text{hab día}}$$

3.1.2.5 Caudal Medio Diario (cmd)

Para calcular el caudal medio diario tomamos la población futura y la dotación bruta calculada anteriormente y aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{cmd} = P_f \times \text{Dotación bruta}$$

Ec. 31.3

$$\text{cmd} = 893.1 \times 166.67$$

$$\text{cmd} = 148853 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

3.1.2.6 Caudal Máximo Diario (CMD)

Para calcular el caudal Máximo diario utilizamos el caudal mínimo y el valor de la constante K_1 de la tabla 32.3 y con la siguiente ecuación:

Tabla 32.3 Valores de K_1

| Nivel de Complejidad | K_1 |
|----------------------|-------|
| Bajo | 1,3 |
| Medio | 1,3 |
| Medio Alto | 1,2 |
| Alto | 1,2 |

Fuente: ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices
 Elaborado por: Karina Salazar 2015

$$CMD = k_1 \times cmd$$

Ec. 32.3

$$CMD = 1.3 * 1.72 \frac{L}{s}$$

$$CMD = 2.24 \frac{L}{s}$$

3.1.2.7 Caudal Máximo horario (CMH)

Para el cálculo del caudal máximo horario utilizamos el caudal máximo diario y el valor de la constante K_2 de la tabla 33.3 y con la siguiente ecuación:

Tabla 33.3 Valores de K_2

| Nivel de Complejidad | K_2 |
|----------------------|-------|
| Bajo | 1,6 |
| Medio | 1,6 |
| Medio Alto | 1,5 |
| Alto | 1,5 |

Fuente: ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices
 Elaborado por: Karina Salazar 2015

$$CMH = k_2 \times CMD$$

Ec. 33.3

$$CMH = 1,6 * 2,24 \frac{L}{s}$$

$$CMH = 3,6 \frac{L}{s}$$

3.1.2.8 Cálculos y dimensiones del sedimentador

Para el diseño de un sedimentador se han obtenido los siguientes datos:

Tabla 34.3 Datos primarios

| Caudal de diseño Q (m ³ /s) | Velocidad de sedimentación (m/s) |
|---|-------------------------------------|
| 0.0036 | 0.001 |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

Determinar el área superficial de la unidad (A_s), de la zona de sedimentación, de acuerdo a la relación aplicando la Ec.3.1.

$$A_s = \frac{Q}{V_s}$$

$$A_s = \frac{0,0036}{0,0011}$$

$$A_s = 27.7 \text{ m}^2$$

Determinar las dimensiones de largo L (m), ancho B (m) y altura H (m) de manera tal que se cumplan las relaciones o criterios mencionados anteriormente. Considerando el espaciamiento entre la entrada y la cortina o pared de distribución de flujo. Se asume un ancho del sedimentador y se determina la longitud de la zona de sedimentación con la Ec.4.1

$$B = 3 \text{ m}$$

$$L_2 = \frac{A_s}{B}$$

$$L_2 = \frac{27,7}{3}$$

$$L_2 = 9,2\text{m}$$

Se asume según los criterios del sedimentador, la distancia de separación entre la entrada y la pantalla difusora con la Ec.5.1

$$L_1 = 0,7 \text{ m}$$

$$L = L_1 + L_2$$

$$L = 0,7 + 9,2$$

$$L = 9,9\text{m}$$

Profundidad

Se establece el ancho del sedimentador, $B = 3 \text{ m}$ y se verifica si cumple la relación L/B los criterios de diseño:

$$\frac{L}{B}$$

$$\frac{L}{B} = \frac{9,9}{3}$$

$$\frac{L}{B} = 3,3\text{m}$$

Se establece la profundidad del sedimentador, $H = 1,5 \text{ m}$ y se verifica si cumple L/H de los criterios de diseño:

$$\frac{L}{H}$$

$$\frac{L}{H} = \frac{9,9}{1,5}$$

$$\frac{L}{H} = 6,6\text{m}$$

Determinar la velocidad horizontal VH (m/s) de la unidad mediante la Ec.6.1 El cual debe cumplir con las relaciones mencionadas anteriormente

$$V_H = \frac{100 * Q}{B * H}$$

$$V_H = \frac{100 * 0,0036}{3 * 1,5}$$

$$V_H = 0,80 \text{ m/s}$$

Determinar el tiempo de retención T_0 (horas), mediante la Ec.7.1

$$T_0 = \frac{A_s * H}{3600 * Q}$$

$$T_0 = \frac{27,7 * 1,5}{3600 * 0,036}$$

$$T_0 = 3,20 \text{ s}$$

Con una pendiente de 10% H ángulo en el fondo de la unidad se tiene como altura máxima con la Ec.8.1

$$H' = H + 0,1L_2$$

$$H' = 1,5 + (0,1 * 9,2)$$

$$H' = 1,74 \text{ m}$$

Con un vertedero de salida de longitud de cresta igual al ancho de la unidad se tiene como altura de agua sobre el vertedero con la Ec.9.1

$$H_2 = \left(\frac{Q}{1,84 * B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_2 = \left(\frac{0,0036}{1,84 * 3} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_2 = 0,075 \text{ m}$$

Para el diseño de la pantalla difusora

En el área total de orificios establece una velocidad de paso $V_0 = 0,1$ m/s, y cumpliendo con los criterios de diseño con la Ec.10.1

$$A_0 = \frac{Q}{V_0}$$

$$A_0 = \frac{0,0036}{0,1}$$

$$A_0 = 0,036 \text{ m}^2$$

Calculamos el área de cada orificio y se adopta un diámetro del orificio de 0.03y con la Ec 11.1

$$a_0 = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$a_0 = \frac{\pi 0,030^2}{4}$$

$$a_0 = 0,0007$$

Se determina el número de orificios con la ecuación Ec.12.1

$$N = \frac{A_0}{a_0}$$

$$N = \frac{0,036}{0,0007}$$

$$N = 51$$

Se calcula la porción de altura que tendrá en la pantalla difusora con los orificios y se utiliza la siguiente ecuación Ec.13.1

$$h = H - \frac{2}{5}H$$

$$h = 1,5 - \frac{2}{5}1,5$$

$$h = 0,9\text{m}$$

Se determina el espaciamiento entre filas y se establece un número de filas de orificios $n_f = 5$ con la Ec.14.1

$$a_1 = \frac{h}{n_f}$$

$$a_1 = \frac{0,9}{5}$$

$$a_1 = 0,18\text{ m}$$

Se determina el espaciamiento entre columnas y se asume el número de columnas $n_c = 10$ con la Ec.15.1

$$a_2 = \frac{B - a_1(n_c - 1)}{2}$$

$$a_2 = \frac{3 - 0,18(10 - 1)}{2}$$

$$a_2 = 0,7\text{m}$$

3.1.2.9 Cálculos y dimensiones del filtro

Se lo realizara de hormigón ya que las características del filtro de arena lo requiere con un caudal de 3,6 l/s, en este proceso se filtra partículas que no se sedimenta en la etapa anterior.

Número de filtros para este cálculo se aplica la Ec.16.1

$$n_f = 0,044\sqrt{Q}$$

$$n_f = 0,044 \sqrt{12,96 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$n_f = 0,16$$

Para el sistema de filtración se requiere de dos filtros.

Área superficial para este cálculo se aplica la Ec.17.1

$$A_{sf} = \frac{Q}{N_f V_f}$$

$$A_{sf} = \frac{12,96 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{2 * 0,8}$$

$$A_{sf} = 8,1 \text{m}^2$$

Coefficiente de mínimo costo (K) para este cálculo se aplica la Ec.18.1

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$

$$K = \frac{2 * 2}{2 + 1}$$

$$K = 1,33$$

Longitud del filtro para este cálculo se aplica la Ec.19.1

$$L_f = (A_{sf} * K)^{\frac{1}{2}}$$

$$L_f = (8,1 * 1,33)^{\frac{1}{2}}$$

$$L_f = 3,28 \text{ m}$$

Ancho del filtro para este cálculo se aplica la Ec.20.1

$$b = \left(\frac{A_{sf}}{K} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$b = \left(\frac{8,1}{1,33} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$b = 2,5 \text{ m}$$

Altura del filtro para este cálculo se aplica la Ec.21.1

Se define la capa del lecho filtrante, la altura de la capa del agua, la capa de soporte y altura de drenaje del sistema y se diseña con un factor de seguridad 10% con la siguiente ecuación :

$$Z_f = f_s(C_a + L_a + C_s + F_c)$$

$$f_s: 10\%$$

$$C_a: 1,0$$

$$L_a: 0,7$$

$$C_s: 0,3$$

$$F_c: 0,6$$

$$Z_f = 1,1(1 + 0,8 + 0,3 + 0,7)$$

$$Z_f = 3,08$$

Velocidad de filtración real (VR) para este cálculo se aplica la Ec.22.1

$$VR = \frac{Q}{2 * A * B}$$

$$VR = \frac{0,0036}{2 * 3,28 * 2,5}$$

$$VR = 2,2 * 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$VR = 0,0277 \text{ mm/s}$$

Sistema de drenaje para este cálculo se aplica la Ec.23.1

$$D_o = 4 \text{ mm}$$

$$A_{of} = \frac{\pi D_o^2}{4}$$

$$A_{of} = \frac{3,1416(0,004)^2}{4}$$

$$A_{of} = \frac{3,1416(0,004)^2}{4}$$

$$A_{of} = 1,25 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{of} = 0,0125 \text{ cm}^2$$

Número de laterales para este cálculo se aplica la Ec.24.1

$$e_L = 2\text{m}$$

$$N_L = n_L \frac{L_f}{e_L}$$

$$N_L = 2 * \frac{6,6}{2}$$

$$N_L = 6,6$$

Diámetro de la tubería de entrada al filtro. El diámetro de entrada del filtro se calcula con la velocidad del agua de 1,6 m/y se aplica la Ec 25.1

$$D_T = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

$$D_T = \sqrt{\frac{4 * 0,0036}{\pi 1,6}}$$

$$D_T = 0,054\text{m}$$

Diámetro de la tubería de salida al filtro

El diámetro de salida del filtro se calcula con la velocidad del agua de 0,6 m/y se utiliza la Ec.26.1

$$D_s = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

$$D_s = \sqrt{\frac{4 * 0,0036}{\pi 0,6}}$$

$$D_s = 0,09m$$

Velocidad optima del lavado

Se requiere el tamaño efectivo del medio y el coeficiente de uniformidad que se obtiene de la siguiente tabla 35.3 y la Ec.27.1

Tabla 35.3 Medio filtrante

| Medio filtrante de arena limpia | |
|---------------------------------|--------------------------|
| TE | 0,15- 0,35 mm |
| CU | 2- 5 preferentemente < 3 |

Fuente: ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices
Elaborado por: Karina Salazar 2015

$$v_1 = CU * TE$$

$$v_1 = 2,5 * 0,2$$

$$v_1 = 0,5 \text{ m/s}$$

Cantidad de agua para el lavado del filtro

Esto se determina para el cálculo del volumen de agua, es recomendable que el tiempo de lavado no sea menor a los 10 min, para este acaso se toma 15 min y utilizamos la siguiente Ec.28.1

$$V_{CL} = v_1 A_f t_1$$

$$V_{CL} = 0,5 * 8,1 * 15$$

$$V_{CL} = 72.9 \text{ m}^3$$

3.1.2.10 Desinfección

Se utilizara un sistema de cloración, en el cual se dosificara el cloro directamente al tanque de almacenamiento de hormigón,.

Para determinar la cantidad de hipoclorito de sodio se tendrá en cuenta los valores de la tabla.36.3, donde se determina 0,3 mg/L, el agua a tratar no es mayormente contaminada.

Tabla 36.3 Demanda de cloro para Aguas

| Tipo de Agua | Dosis necesaria |
|---------------|-----------------|
| Aguas Claras | 0,3 mg/L |
| Aguas Turbias | 1,5 mg/L |

Fuente: ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices

Elaborado por: Karina Salazar 2015

En la parroquia de Santiago de Calpi se a determinado la siguiente dosificación:

Tabla 37.3 Dosificación actual

| | Cantidad | Concentración | Tiempo de contacto |
|-----------------|----------|---------------|--------------------|
| Rediseño | 100 g | 0,8mg/L | 30 min |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

Peso de cloro necesario para el tratamiento

$$PM = \frac{(\text{ClO})_2}{\text{Ca}(\text{ClO})_2}$$

$$PM = \frac{103}{143}$$

$$PM = 0,72$$

$$\text{g de cloro} = \frac{1,39}{0,65}$$

$$\text{g de cloro} = 2,14 \text{ g de } \text{Ca}(\text{ClO})_2$$

Calculamos la cantidad de cloro en base al caudal actual

$$g \text{ total} = 0,003 \frac{g}{L} \times 86400 \frac{s}{d} \times 2,64 \frac{L}{s} \times \frac{1}{2}$$

$$g \text{ total} = 324 \text{ g de } Ca(ClO)_2$$

Tabla 38.3 Dosificación de rediseño

| | Cantidad | Concentración | Tiempo de contacto |
|----------|----------|---------------|--------------------|
| Rediseño | 300 g | 1,3 mg/L | 720 min |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

Por lo tanto necesitamos que el cloro este en contacto con agua en un recipiente cerrado de plástico de 500ml y dosificar por goteo para 12 horas

$$t = \frac{720 \text{ min} \times 1L}{500L}$$

$$t = 1.44 \text{ min}$$

3.1.3 Presupuesto del Rediseño del sistema

3.1.3.1 Construcción del sedimentador y sistema de filtración

Tabla 39.3 Costos de construcción del sedimentador y sistema de filtración

| SEDIMENTADOR | | | | | |
|------------------------------|---|---------------|-----------------|------------------------|----------------|
| CÓDIGO | RUBRO DE OBRA | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
| TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | |
| 1 | LIMPIEZA DEL TERREMO | M2 | 17,20 | 0,95 | 16,34 |
| 2 | REPLANTEO Y NIVELACION | M2 | 17,20 | 3,04 | 52,29 |
| 3 | EXCAVACION SUELO NATURAL CON MAQUINARIA | M3 | 8,93 | 7,25 | 64,74 |
| 4 | EXCAVACION MANUAL SUELO NATURAL | M3 | 6,44 | 8,10 | 52,16 |
| ESTRUCTURA | | | | | |
| 5 | HORMIGON SIMPLE EN REPLANTILLO f _c =180 kg/cm ² | M3 | 0,70 | 138,85 | 97,2 |
| 6 | HORMIGON EN ZAPATAS f _c =210 kg/cm ² | M3 | 2,76 | 175,13 | 483,36 |
| 7 | HORMIGON EN BORDILLO f _c =210 kg/cm ¹ | ML | 1,72 | 175,13 | 301,22 |
| 8 | HORMIGON EN LOSA f _c =210 kg/cm ² | M3 | 4,65 | 175,13 | 814,35 |
| 9 | HORMIGON SIMPLE EN MUROS f _c =210 kg/cm ² | M3 | 8,58 | 175,13 | 1502,62 |
| 10 | ACERO DE REFUERZO | KG | 615,23 | 2,17 | 1335,05 |
| 11 | ENCOFRADO PARA LOSA-MUROS | M2 | 100,33 | 9,63 | 966,18 |
| ALBAÑILERIA | | | | | |
| 12 | BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO 15X20X40cm | U | 38,00 | 0,72 | 27,36 |
| 13 | MASILLADO DE PISO/LOSA | M2 | 9,30 | 13,70 | 127,41 |
| 14 | CONTRAPISO HORMIGON SIMPLE f _c =180 kg/cm ² | M2 | 4,65 | 131,74 | 612,59 |
| 15 | ENLUCIDO VERTICAL | M2 | 95,68 | 9,43 | 902,26 |
| 16 | ENLUCIDO HORIZONTAL | M2 | 9,30 | 13,12 | 122,02 |

| RECUBRIMIENTOS | | | | | |
|--------------------------------------|---|---------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| 17 | PINTURA ELASTOMERICA EXTERIOR | M2 | 100,33 | 9,13 | 916,01 |
| 18 | EMPASTE EXTERIOR | M2 | 100,33 | 14,04 | 1408,63 |
| CARPINTERIA METAL/MADERA | | | | | |
| 19 | TAPA METÁLICA | U | 1,00 | 94,91 | 94,91 |
| INSTALACIONES HIDROSANITARIAS | | | | | |
| 20 | PUNTO DESAGUE PVC 4 PLG | PTO | 2,00 | 16,86 | 33,72 |
| 21 | PUNTO DESAGUE PVC 3 PLG | PTO | 2,00 | 16,86 | 33,72 |
| 22 | TUBERIA PVC DESAGUE 4 PLG | M | 7,00 | 9,83 | 68,81 |
| 23 | TUBERIA PVC DESAGUE 3PLG | M | 4,00 | 16,59 | 66,36 |
| 24 | REJILLA DE PISO 3 PLG | U | 2,00 | 7,04 | 14,08 |
| TRABAJOS FINALES | | | | | |
| 25 | LIMPIEZA FINAL DE OBRA | M2 | 17,20 | 2,20 | 37,84 |
| COSTO TOTAL | | | | | 10153,23 |
| SISTEMA DE FILTRACIÓN | | | | | |
| CÓDIGO | RUBRO DE OBRA | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
| TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | |
| 1 | LIMPIEZA DEL TERREMO | M2 | 47,52 | 0,95 | 45,14 |
| 2 | REPLANTEO Y NIVELACION | M2 | 47,52 | 3,04 | 144,46 |
| 3 | EXCAVACION SUELO NATURAL CON MAQUINARIA | M3 | 33,26 | 7,25 | 241,14 |
| 4 | EXCAVACION MANUAL SUELO NATURAL | M3 | 15,76 | 8,10 | 127,66 |
| ESTRUCTURA | | | | | |
| 5 | HORMIGON SIMPLE EN REPLANTILLO f c=180 kg/cm2 | M3 | 1,78 | 138,85 | 247,15 |
| 6 | HORMIGON EN ZAPATAS f c=210 kg/cm2 | M3 | 7,34 | 175,13 | 1285,45 |
| 7 | HORMIGON EN BORDILLO f c=210 kg/cm1 | ML | 3,96 | 175,13 | 693,51 |
| 8 | HORMIGON EN LOSA f c=210 kg/cm2 | M3 | 16,40 | 175,13 | 2872,13 |
| 9 | HORMIGON SIMPLE EN MUROS f c=210 kg/cm2 | M3 | 11,70 | 175,13 | 2049,02 |
| 10 | ACERO DE REFUERZO | KG | 1951,34 | 2,17 | 4234,41 |

| | | | | | |
|--------------------------------------|---|-----|--------|--------|----------------|
| 11 | ENCOFRADO PARA LOSA-MUROS | M2 | 88,00 | 9,63 | 847,44 |
| 12 | GRAVA FINA | M3 | 14,00 | 4,30 | 60,20 |
| 13 | GRAVA GRUESA | M3 | 16,40 | 3,50 | 57,40 |
| 14 | VALCULA DE COMPUERTA | U | 2,00 | 12,00 | 24,00 |
| ALBAÑILERIA | | | | | |
| 15 | BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO 15X20X40cm | U | 132,00 | 0,72 | 95,04 |
| 16 | MASILLADO DE PISO/LOSA | M2 | 32,80 | 13,70 | 449,36 |
| 17 | CONTRAPISO HORMIGON SIMPLE f'c=180 kg/cm2 | M2 | 16,40 | 131,74 | 2160,54 |
| 18 | ENLUCIDO VERTICAL | M2 | 71,60 | 9,43 | 675,19 |
| 19 | ENLUCIDO HORIZONTAL | M2 | 16,40 | 13,12 | 215,17 |
| RECUBRIMIENTOS | | | | | |
| 20 | PINTURA ELASTOMERICA EXTERIOR | M2 | 176,00 | 9,13 | 1606,88 |
| 21 | EMPASTE EXTERIOR | M2 | 176,00 | 14,04 | 2471,04 |
| CARPINTERIA METAL/MADERA | | | | | |
| 22 | TAPA METÁLICA | U | 2,00 | 36,29 | 72,58 |
| INSTALACIONES HIDROSANITARIAS | | | | | |
| 23 | PUNTO DESAGUE PVC 4 PLG | PTO | 4,00 | 16,86 | 67,44 |
| 24 | PUNTO DESAGUE PVC 3 PLG | PTO | 4,00 | 16,86 | 67,44 |
| 25 | TUBERIA PVC DESAGUE 4 PLG | M | 17,10 | 9,38 | 160,4 |
| 26 | TUBERIA PVC DESAGUE 3PLG | M | 5,10 | 16,59 | 84,61 |
| 27 | REJILLA DE PISO 3 PLG | U | 4,00 | 7,04 | 28,16 |
| TRABAJOS FINALES | | | | | |
| 28 | LIMPIEZA FINAL DE OBRA | M2 | 47,52 | 2,20 | 104,54 |
| COSTO TOTAL | | | | | 21189,5 |
| COSTO TOTAL PROYECTO | | | | | 31342,73 |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

3.1.3.2 Costos de operación diaria

Tabla 40.3 Costos de operación

| Material | Cantidad | Presentación | Costo total |
|---|----------|---------------|-------------|
| Hipoclorito de calcio Ca(ClO) ₂ | 324g/día | Saco de 25 kg | 10 |
| Cloruro de sodio NaCl | 240g | Funda de 1 kg | 1 |
| TOTAL | | | 11 |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

3.2 Resultados

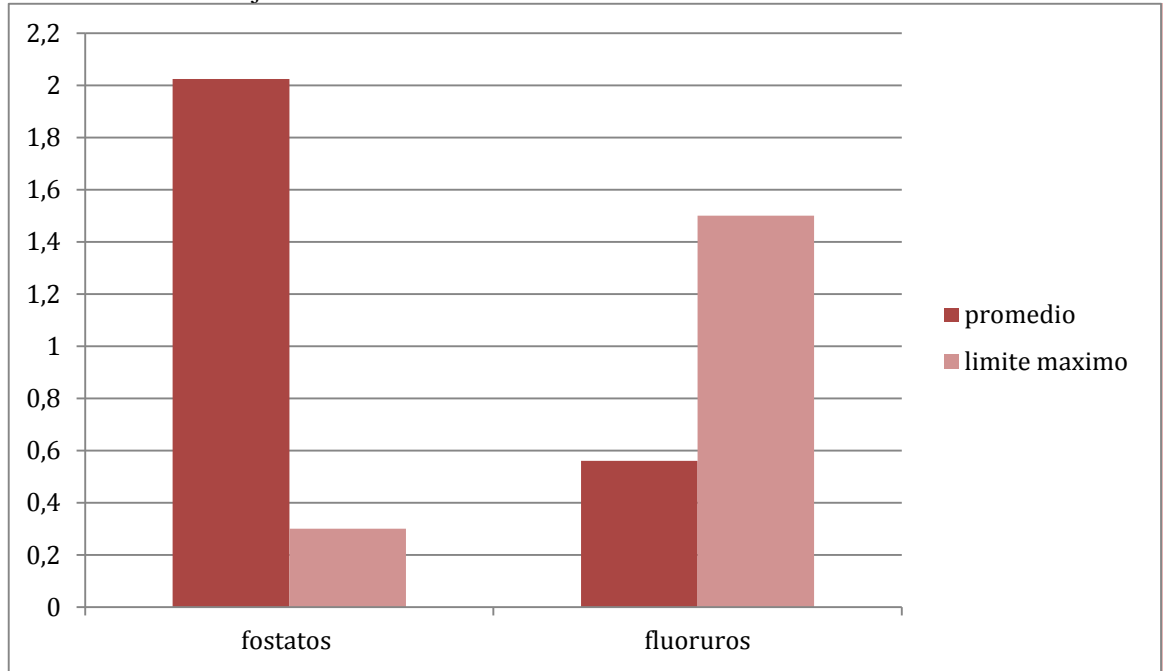
3.2.1 Resultado de la dosificación de PAC

Tabla 41.3 Resultados prueba de jarras

| Parámetros | Dosis ml | | | | | |
|------------|----------|------|------|------|------|--------|
| | Inicial | 2 | 4 | 6 | 8 | Limite |
| Fosfatos | 1.45 | 2,45 | 1,57 | 2,20 | 1,88 | 0,3 |
| Fluoruros | 2.01 | 0,57 | 0,73 | 0,45 | 0,51 | 1,5 |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

Gráfico 2.3 Prueba de jarras con PAC



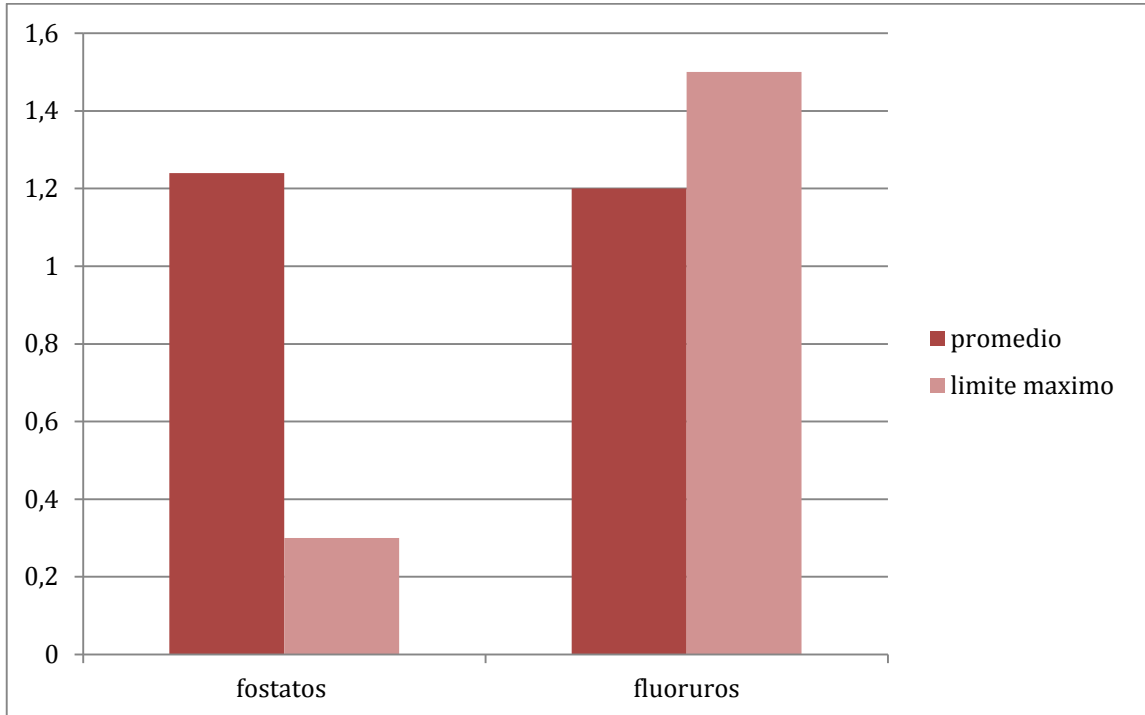
Elaborado por: Karina Salazar 2015

Tabla 42.3 Resultados de filtración por Zeolita

| Parámetros | Muestras | | | |
|------------|----------|-----------------|------------|---------|
| | Inicial | Muestra con PAC | Agua cruda | Limites |
| Fosfatos | 1.45 | 1,24 | 0,26 | 0,3 |
| Fluoruros | 2.01 | 1,20 | 1,30 | 1,5 |

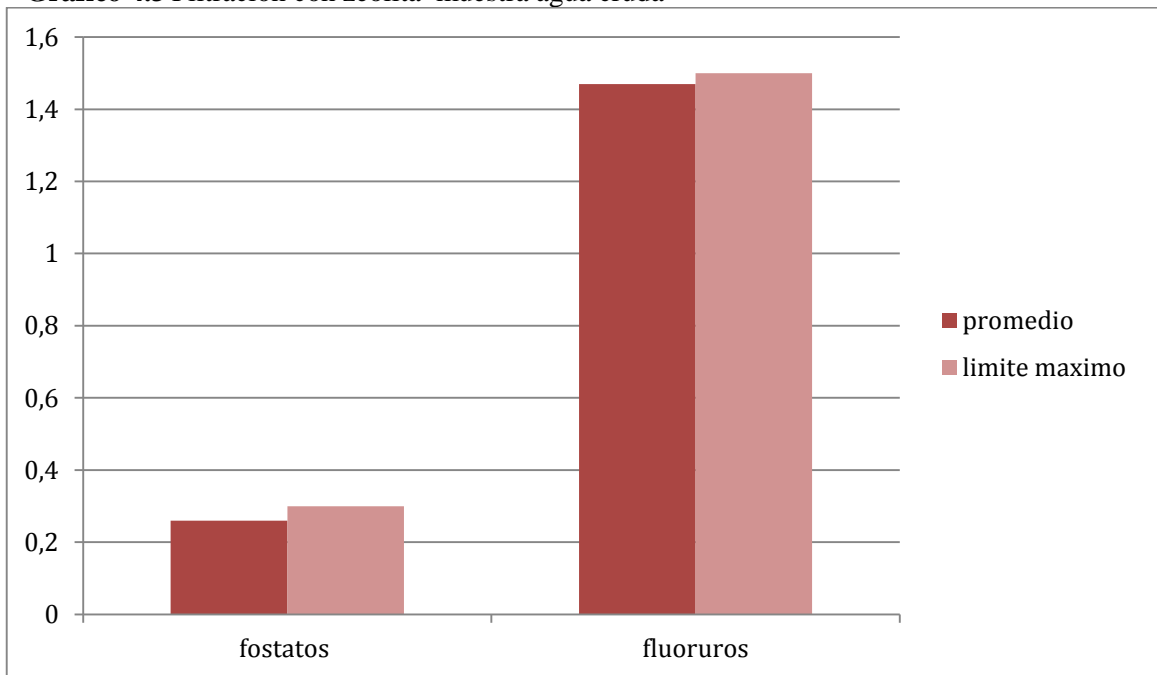
Elaborado por: Karina Salazar 2015

Gráfico 3.3 Filtración con zeolita muestra con PAC



Elaborado por: Karina Salazar 2015

Gráfico 4.3 Filtración con zeolita muestra agua cruda



Elaborado por: Karina Salazar 2015

3.2.3 Resultados de la caracterización

Tabla 43.3 Resultados de la caracterización entre el agua actual del sistema y agua tratada.

| Parámetros | Unidades | Agua actual del sistema | Agua tratada | Límite Máximo permisible Norma NTE INEN 1108:2011 |
|--------------------|------------|-------------------------|--------------|---|
| Color | und Co/Pt | | <1 | <15 |
| pH | unid | 6,81 | 6,94 | 6.5-8.5 |
| Conductividad | μSiems/cm | 565 | 750 | <1250 |
| Turbiedad | UNT | 0,40 | 0,2 | 5 |
| Cloruros | mg/l | 12,77 | 7,1 | 250 |
| Dureza | mg/l | 249,33 | 240 | 300 |
| Calcio | mg/l | 67,20 | 51,2 | 70 |
| Magnesio | mg/l | 17,80 | 27,2 | 30 – 50 |
| Alcalinidad | mg/l | 280,00 | 300 | 250 – 300 |
| Bicarbonatos | mg/l | 285,60 | 306 | 250 – 300 |
| Sulfatos | mg/l | 48,33 | 50 | 200 |
| Amonios | mg/l | 0,01 | 0,01 | 1.00 |
| Nitritos | mg/l | 0,01 | 0,01 | 0.01 |
| Nitratos | mg/l | 1,97 | 1,80 | 10 |
| Hierro | mg/l | 0,05 | 0.04 | 0.3 |
| Fosfatos | mg/l | 1,45 | 0,26 | 0.3 |
| Fluoruros | mg/l | 2,01 | 1,30 | <1.5 |
| Sólidos Totales | mg/l | 511,33 | 560 | 1000 |
| Sólidos Disueltos | mg/l | 230,67 | 300 | 500 |
| Coliformes totales | UFC/100 ml | 1 | --- | <1 |
| Coliformes fecales | UFC/100 ml | 1 | --- | <1 |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

3.2.4 Resultados del rediseño

Tabla 44.3 Resultado del Rediseño

| Cálculo | Símbolo | Unidades |
|--------------------------|---------|-------------------------------|
| Población Futura | P_f | 893.1 hab |
| Tiempo de funcionamiento | T_f | 20 años |
| Caudal medio Diario | cmd | 148853 $\frac{L}{\text{día}}$ |
| Caudal máximo Diario | CMD | 2.24 $\frac{L}{s}$ |
| Caudal máximo horario | CMH | 3,6 $\frac{L}{s}$ |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

Tabla 45.3 Sedimentador simple

| Cálculo | Símbolo | Unidades |
|---|---------|----------------------|
| Área superficial | A_s | 27,7m ² |
| Largo | L_2 | 9,2m |
| Largo del sedimentador | L | 9,9 m |
| Profundidad | H | 3m |
| Velocidad Horizontal | V_H | 0,8 $\frac{m}{s}$ |
| Tiempo de retención | T_0 | 3,2 s |
| Pendiente del sedimentador | H' | 1,74 m |
| Vertedero de salida | H_2 | 0,075m |
| Área total de cada orificio | A_0 | 0,036 m ² |
| Área del orificio | a_0 | 0,0007m ² |
| Número de orificios | N | 51 |
| Porción de altura de la pantalla difusora | h | 0,9m |
| Espacio entre filas | a_1 | 0,18m |
| Espacio entre columnas | a_2 | 0,7m |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

Tabla 46.3 Filtración

| Cálculo | Símbolo | Unidades |
|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Número de filtros | n_f | 0,16 |
| Área superficial | A_{sf} | 8,1m² |
| Coeficiente mínimo de costo | K | 1,33m |
| Longitud del filtro | L_f | 3,28m |
| Ancho del filtro | b | 2,5m |
| Altura del filtro | Z_f | 3,08m |
| Velocidad de filtración | VR | 0,0277mm/s |
| Sistema de drenaje | A_{of} | 0,0125 cm² |
| Número de laterales | N_L | 6,6 |
| Diámetro de a tubería de entrada | D_{Te} | 0,054m |
| Diámetro de a tubería de salida | D_{Ts} | 0,09m |
| Velocidad optima de lavado | V_1 | 0,5m/s |
| Cantidad de agua para el lavado | V_{CL} | 72,9 m³ |

Elaborado por: Karina Salazar 2015

3.3 *Discusión*

Una vez realizado el análisis y la caracterización físico química y microbiológica del sistema actual se estableció que cuatro parámetros están fuera de los límites máximos permisibles de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable” :

- Fosfatos 1,45 mg/L
- Fluoruros 2.01 mg/L
- Coliformes Totales 1 UFC/100ml
- Coliformes Fecales 1 UFC/100ml

Al experimentar la prueba de jarras en el agua con una dosis de PAC los fluoruros disminuyeron pero los fosfatos no tuvieron una reacción favorable para la implementación del presente trabajo. Con los resultados obtenidos en este proceso se determinó la utilización de un tratamiento alternativo para disminuir la cantidad de fosfatos.

Se realizó una prueba de tratabilidad en la cual se utilizó a la zeolita como lecho filtrante e hipoclorito de calcio como agente desinfectante, dando un resultado óptimo para la aplicación en el tratamiento de agua potable para la Parroquia Santiago de Calpi.

Una vez aplicado las pruebas de tratabilidad en el laboratorio lo resultados obtenidos fueron los siguientes :

Fosfatos 0,26 mg/L

Fluoruros 1,30 mg/L

Coliformes Totales Ausencia

Coliformes Fecales Ausencia

El porcentaje de rendimientos en los fosfatos es del 82,07% de remoción, en los fluoruros se obtuvo 64,7 % y los parámetros microbiológicos del 100%, evidenciando que el sistema propuesto ofrece un mejoramiento en la calidad del agua.

CONCLUSIONES

Se rediseñó el Sistema de Tratamiento de Agua Potable para la Parroquia Santiago de Calpi, Cantón Riobamba, con la mejora de los procesos y la optimización de los recursos que tiene el sistema actual; así se garantiza la calidad y cumplimiento de la Norma NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable”.

Se diagnosticó el sistema de potabilización identificando las condiciones, componentes y procesos que presenta el tratamiento actual de la Parroquia de Santiago de Calpi, se evidenció la falta de procesos técnicos.

Luego de la caracterización se determinó los parámetros físico químicos y microbiológicos que presenta el sistema actual, como resultado se obtuvo fosfatos 1.45mg/L, fluoruros 2,01mg/L, Coliformes fecales y Coliformes totales de 1 UFC/100ml; valores que no se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de la Norma NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable”.

Se realizó pruebas de tratabilidad usando policloruro de aluminio, filtración con zeolita previamente activada al 10% con Cloruro de sodio e hipoclorito de calcio. En los cuales se obtuvo resultados favorables para el tratamiento de los contaminantes.

Se aplicó cálculos específicos para el rediseño del sistema actual, donde se plantea el mejoramiento de la cloración, la implementación de procesos como sedimentación y filtración, garantizando el buen funcionamiento del sistema.

Se analizó las características del agua una vez aplicados las pruebas de tratabilidad, teniendo un porcentaje de mejora en los fosfatos de 82,07%, fluoruros de 64,7 % y los parámetros microbiológicos del 100%, y se determina un rendimiento óptimo en las etapas planteadas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de la propuesta de rediseño Sistema de Tratamiento de Agua Potable para la Parroquia Santiago de Calpi, Cantón Riobamba para la distribución de agua apropiada para el consumo de los habitantes.

Designar personal que se encargue de las operaciones y mantenimiento del sistema, con conocimientos básicos del funcionamiento de las diferentes etapas del rediseño así garantizando el buen funcionamiento del mismo.

Capacitar permanentemente al personal que realice las actividades dentro del sistema para una correcta manipulación de los componentes de las diferentes etapa.

Monitorear periódicamente el estado del agua para descartar mal funcionamiento y deterioro de los procesos planteados en el rediseño.

Es recomendable la revisión de las vertientes de donde se obtiene el agua y establecer sistemáticas para la identificación de factores que influyan en el mal funcionamiento del sistema y se determine posibles soluciones.

Es necesario supervisar el proceso de filtración periódicamente para evitar la saturación del lecho filtrante con materia orgánica.

BIBLIOGRAFÍA

American water Works Association. *Calidad y tratamiento del agua.* México: Editorial Limusa. 2002, P.p. 131

APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 17^a ed., Madrid. España. Díaz de Santos. 1992, P.p. 208 – 225.

GITS., Cálculo del sedimentador (En línea),.(Consulta:2015-03-21) Disponible en: <http://www.gits.ws/08cyd/pdfs/A1-SedimentadorSanLuis.pdf>

Guerrero R., MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS. México: Editorial Limusa. 1991, P.p. 106

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN),. Norma Técnica Ecuatoriana - Requisitos para el Agua de Potable INEN 1 108:2011., Quito – Ecuador

Jiménez J.,(2013) MANUAL PARA EL DISEÑO DEL SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO. Universidad Veracruzana, Xalapa, México. P.p. 16,17,19

Kemmer F., McCallion J., MANUAL DEL AGUA. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. México: Editorial McGRAW-HILL. 1990, P.p. 2-10, 6-8, 10-12

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD., Guía para diseño de sistema de tratamiento de filtración en múltiples etapas (En línea),. (Consulta 2015-03-28) Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf>

Romero J., PURIFICACIÓN DEL AGUA. México: Editorial Escuela colombiana de Ingeniería. 2006, P.p. 29, 36, 53, 57, 83,84, 141, 142, 143, 155, 213, 214, 243, 245,246,331, 332, 333,351, 355, 356

Romero J., PURIFICACIÓN DEL AGUA. México: Editorial Escuela colombiana de Ingeniería. 2005, P.p. 20, 21, 269, 270, 282

Romero J., Calidad del Agua. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2002, P.p.

283, 318

Sierra C., Calidad del Agua, Evaluación y Diagnóstico. Bogotá: Editorial Ediciones de la U. 2011, P.p. 27, 52-59, 60-62, 70-73,82

Spellman F y Drinan J., Manual del agua potable. Zaragoza: Editorial Acribia. 2000, P.p 183, 230, 232

ANEXOS

ANEXO A. NTE INEN 1 108:2011



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2011
Cuarta revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

Primera Edición

DRINKING WATER REQUIREMENTS

Second Edition

DESCRIPCIÓN: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.
AL: 01.06-401
COU: 628.1.033
CITE: 4200
ICS: 13.060.20

Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria

AGUA POTABLE.
REQUISITOS

NTE INEN
1 108 :2011
Cuarta revisión
2011-06

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 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

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

3.1.2 *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.

3.1.3 *Límite máximo permitido*. 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. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

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

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

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

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

3.1.8 *Plaguicidas*. Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, 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.

3.1.9 *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.

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

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

3.1.12 *Sistema de abastecimiento de agua potable*. El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

(Continúa)

DESCRIPCIÓN: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.

Pesticidas

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|----------------------------|--------|-------------------------|
| Isoproturón | mg/l | 0,009 |
| Lindano | mg/l | 0,002 |
| Pentametalina | mg/l | 0,02 |
| Pentaclorofenol | mg/l | 0,009 |
| Dicloroprop | mg/l | 0,1 |
| Alacloro | mg/l | 0,02 |
| Aldicarb | mg/l | 0,01 |
| Aldrin y Dieldrin | mg/l | 0,0003 |
| Carbofuran | mg/l | 0,007 |
| Clorpirifós | mg/l | 0,03 |
| DDT y metabolitos | mg/l | 0,001 |
| 1,2-Dicloro-3-cloropropano | mg/l | 0,001 |
| 1,3-Dicloropropano | mg/l | 0,02 |
| Dimetato | mg/l | 0,006 |
| Endrin | mg/l | 0,0006 |
| Terbufosina | mg/l | 0,007 |
| Clorano | mg/l | 0,0002 |

Residuos de desinfectantes

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|---------------|--------|-------------------------|
| Monocloramina | mg/l | 3 |

Subproductos de desinfección

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|---------------------------------|--------|-------------------------|
| 2,4,6-Triclorofenol | mg/l | 0,2 |
| Trihalometanos totales | mg/l | 0,5 |
| Si pasa de 0,5 mg/l investigar: | | |
| • Bromodiformina | mg/l | 0,06 |
| • Cloroformo | mg/l | 0,3 |
| Acido tricloroacético | mg/l | 0,2 |

Cianotoxinas

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|-----------------|--------|-------------------------|
| Microcistina-LR | mg/l | 0,001 |

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


Requisitos microbiológicos

| | Máximo |
|--|----------|
| Coliformes fecales ¹⁴ : | |
| - Tubos múltiples NMP/100 ml ó | < 1,1 * |
| - Filtración por membrana UFC/100 ml | < 1 ** |
| <i>Cryptosporidium</i> , número de oocistos/100 litros | Ausencia |
| Giardia, número de quistes/100 litros | Ausencia |

* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ ó 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo
 ** < 1 significa que no se observan colonias
¹⁴ ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida

(Continúa)

ANEXO B. FICHA TECNICA PAC

| | | |
|---|--|---|
| FTP PAG. 1 DE 1 VERSION: 1 | FICHA TÉCNICA POLICLORURO DE ALUMINIO – PAC QUIMPAC |  |
|---|--|---|

| | | | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-------------|---------|-------------|---------|----------------------------------|------|--|
| <p>PROPIEDADES</p> <p>FÓRMULA: $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$</p> <p>SINÓNIMOS: PAC, QUIMPAC</p> <p>PESO MOLECULAR: 219 gramos/mol</p> <p>REGULACIONES</p> <p>RIESGO ASOCIADO: Irritante, Corrosivo</p> <div style="text-align: center;"></div> <p>USOS PRINCIPALES</p> <p>El policloruro de aluminio tiene excelentes resultados en el uso como coagulante y/o floculante en el tratamiento de aguas potables, industriales y residuales. Amplio uso en agua con turbiedades altas y aguas con elevado contenido de materia orgánica. En la industria del papel se utiliza como agente de retención y para encolado en la fabricación del papel. Tiene aplicación en la industria textil, cerámica, extracción de petróleo y cosmética.</p> <p>PROPIEDADES TÍPICAS</p> <table><tr><td>Apariencia</td><td>Sólido Amarillo</td></tr><tr><td>pH (1% Sln)</td><td>3,5 – 5</td></tr><tr><td>Basicidad %</td><td>75 – 90</td></tr><tr><td>Al₂O₃ %</td><td>30±1</td></tr></table> | Apariencia | Sólido Amarillo | pH (1% Sln) | 3,5 – 5 | Basicidad % | 75 – 90 | Al ₂ O ₃ % | 30±1 | <p>MANEJO Y ALMACENAMIENTO</p> <p>El PAC no es tóxico pero deben ser manejados como ligeramente corrosivos; se debe utilizar guantes de caucho, gafas de seguridad y overol.</p> <p>El PAC es un producto higroscópico por lo que se debe almacenar en lugares frescos, con mínima humedad y buena ventilación.</p> <p>El producto se comercializa en bolsas de 25 Kg.</p> <p>PRECAUCIÓN</p> <p>Usar los elementos de seguridad: guantes, gafas y protección respiratoria durante la manipulación del producto.</p> <p>En caso de contacto con la piel y ojos lavar con abundante agua.</p> <p>En caso de ingestión lavar la boca inmediatamente y suministrar 500 ml de agua.</p> <p>En caso de inhalación salir del área y buscar un área con aire fresco.</p> <p>En caso de paro respiratorio se debe suministrar oxígeno. Obtener ayuda médica inmediatamente para todos los casos.</p> <p>En caso de derrame, recoja el residuo con precaución y lave la zona contaminada con agua.</p> |
| Apariencia | Sólido Amarillo | | | | | | | | |
| pH (1% Sln) | 3,5 – 5 | | | | | | | | |
| Basicidad % | 75 – 90 | | | | | | | | |
| Al ₂ O ₃ % | 30±1 | | | | | | | | |

ANEXO C. COTIZACION DE LA ZEOLITA



| | | | |
|--|-------------------------|-------------------------------|--------------------|
| | | | |
| AV. ELOY ALFARO LOTE 12 Y JUAN MOLINEROS | | N°. 00764 | |
| TELFAX: 2479061 / 2483150 / 2483151 / 2484177 / 0988492514 | | | |
| email: carmita@hyh.com.ec / karcarguamani@hotmail.com | | | |
| Quito - Ecuador | | RUC 1791293908001 | |
| CONTRIBUYENTE ESPECIAL | | | |
| PROFORMA | | | |
| FECHA: | QUITO, 1 ABRIL DEL 2015 | VENDEDOR: LIC. CARMEN GUAMANI | |
| | | | |
| CANTD | PRODUCTO | VALOR UNIT. | VALOR TOTAL |
| 50 | KILOS DE ZEOLITA | 0,50 | 25,00 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | TOTAL | 25,00 |
| | | 12% IVA | 3,00 |
| | | TOTAL | 28,00 |
| | | | |
| CLIENTE: | KARINA SALAZAR | | |
| FORMA DE PAGO: AL CONTADO | | | |
| TIEMPO DE OFERTA: 15 DIAS. | | | |
| TIEMPO DE ENTREGA: 48 HORAS | | | |

ANEXO D. FICHA TÉCNICA DE ZEOLITA

HINOJOSA & HERRERA QUIMICOS
EXPORTACIONES e IMPORTACIONES Cía. Ltda.

www.hyh.com.ec

FECHA DE REVISIÓN: 29/05/2015

FICHA TÉCNICA Zeolita

CÓDIGO DEL PRODUCTO: 2015 - 1384

DESCRIPCIÓN

La Zeolita es una roca compuesta de aluminio, silicio y oxígeno. La zeolita tiene una porosidad natural debido a que tiene una estructura cristalina con ventanas, jaulas y super jaulas. Las zeolitas naturales tienen ventanas de tamaño limitado (tamaño de poro) y todas son hidrofílicas (tienen afinidad por el agua), tienen afinidad por los compuestos orgánicos y pueden absorber vapores orgánicos con moléculas de tamaño más pequeño que el de sus poros.

Tanto el carbón como la zeolita pueden absorber agua y moléculas orgánicas; sin embargo, aquello por lo que tenga mayor afinidad, desplazará las demás moléculas, dependiendo del tipo de zeolita que se seleccione generalmente entre mayor sea la razón de silicio y aluminio más hidrofóbica es la zeolita.

Sil Zeolita se forma de una mezcla con un catión orgánico, la estructura se puede formar alrededor del catión orgánico utilizándolo como patrón; esto ha dado lugar a zeolitas hidrofílicas ricas en silicio con un tamaño de poro (o tamaño de ventana), lo suficientemente grande como para dejar pasar todo salvo las moléculas de petróleo que son más grandes.

CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES

- 1.- La Zeolita es capaz de intercambio selectivo de iones.
- 2.- La Zeolita puede absorber moléculas en su gran área interna, siempre que puedan pasar por las ventanas.
- 3.- La Zeolita puede ser un catalizador ácido sólido.
- 4.- Se puede usar la Zeolita como un tamiz molecular debido a que tiene un tamaño de ventana uniforme.

RESULTADO DE ZEOLITAS

| K | Ca | Mg | Na | Capacidad de intercambio Catiónico | Sumatoria de bases |
|------|-------|-----|------|------------------------------------|--------------------|
| 1.30 | 96.95 | 1.6 | 53.2 | 78.32 | 153.17 |

USOS

- **Agricultura:** Se utilizan como fertilizante; permiten que las plantas crezcan más rápido, pues les facilita la fotosíntesis y las hace más frondosas.
- **Acuicultura:** Se utiliza como un ablandador de aguas, debido a su capacidad de intercambiar iones, y también se utiliza para hacer engordar más rápido a algunos peces, aunque el exceso puede ser mortal, por lo cual sólo se puede utilizar como un suplemento alimenticio.
- **Intercambio iónico:** La mayor parte de los intercambios iónicos se lleva a cabo a través de la solución acuosa, por lo cual se utiliza para ablandar aguas duras residuales.
- **Otros usos:** Alimentación del ganado, catalizador en la industria química.

ZEOLITA

1

Matriz Quito: Av. Eloy Alfaro N59-72 y Juan Molineros • Telefax: [593-2] 2479061 • Telfs.: 2483150 - 2483151 - 2484177 - 2484937 - 2484938 - 2485790 - 2485791 - 2477074 - 2476368 - 3455042 - 3455134 • Móvil: (09) 99563775 - (09) 99806396 - (09) 99806397 - (09) 99806403 • P. O. Box: 17-01-3933.

Sucursal Guayaquil: Av. Juan Tanca Marengo N200 y Calle Principal • Edificio Francisco Sánchez García, Piso N°2 • Oficina #9 • Telfs.: (593-4) 2693640 - 2693934 - 6026248 - 6026249 • Móvil: (09) 93585641 • E-mail: quimicos@hyh.com.ec

ANEXO E. CARACTERIZACIÓN INICIAL



EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO 171-15

| CLIENTE: Srta. Karina Salazar | | | |
|--|-------------------------|---|-----------|
| DIRECCIÓN: ESPOCH - TESIS | | TELÉFONO: 0987638517 | |
| TIPO DE MUESTRA: Agua vertiente San Juan | | | |
| FECHA DE RECEPCIÓN: 06 de marzo de 2015 | | | |
| FECHA DE MUESTREO: 06 de marzo de 2015 | | | |
| EXAMEN FISICO | | | |
| COLOR: incoloro | | | |
| OLOR: Inoloro | | | |
| ASPECTO: no presenta sólidos | | | |
| PARÁMETROS | MÉTODO | VALOR REFERENCIAL | RESULTADO |
| Coliformes totales UFC/100mL | Filtración por membrana | --- | 20 |
| Coliformes fecales UFC/100mL | Vertido en placa | <1 | 4 |
| OBSERVACIONES: | | | |
| FECHA DE ANÁLISIS: 06 de marzo de 2015 | | | |
| FECHA DE ENTREGA : 10 de marzo de 2015 | | | |
| RESPONSABLES: | | | |
|  | |  | |
|  | | | |
| Dra. Gina Álvarez R. | | Dra. Fabiola Villa | |
| El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables. | | | |

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO 170-15

| CLIENTE: Srta. Karina Salazar | | | |
|--|-------------------------|---|-----------|
| DIRECCIÓN: ESPOCH TESIS | | TELÉFONO: 0987638517 | |
| TIPO DE MUESTRA: Agua potable tanque almacenamiento Calpi | | | |
| FECHA DE RECEPCIÓN: 06 de marzo de 2015 | | | |
| FECHA DE MUESTREO: 06 de marzo de 2015 | | | |
| EXAMEN FISICO | | | |
| COLOR: Incoloro | | | |
| OLOR: Inoloro | | | |
| ASPECTO: Libre de material extraño | | | |
| PARÁMETROS | MÉTODO | VALOR REFERENCIAL | RESULTADO |
| Coliformes totales UFC/100mL | Filtración por membrana | --- | 1 |
| Coliformes fecales UFC/100mL | Filtración por membrana | <1 | 1 |
| OBSERVACIONES: | | | |
| FECHA DE ANÁLISIS: 06 de marzo de 2015 | | | |
| FECHA DE ENTREGA : 10 de marzo de 2015 | | | |
| RESPONSABLES: | | | |
|   <small>Servicio Analítico Químico y Microbiológico</small> | |  | |
| Dra. Gina Álvarez R. | | Dra. Fabiola Villa | |
| El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables. | | | |

ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Karina Gabriela Salazar Llangari

Fecha de análisis: 9 de Febrero del 2015

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico. A Tanque de Almacenamiento

Localidad: Parroquia Santiago de Calpi

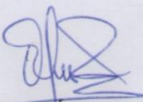
Código: LAT 232-15

b

| Determinaciones | Unidades | *Límites | Resultados |
|-------------------|----------------|-----------|------------|
| Color | und Co/Pt | < 5 | < 1 |
| pH | Unid | 6.5 - 8.5 | 6,55 |
| Conductividad | μ Siems/cm | < 1250 | 449 |
| Turbiedad | UNT | 5 | 0,7 |
| Cloruros | mg/L | 250 | 15,6 |
| Dureza | mg/L | 200 | 240,0 |
| Calcio | mg/L | 70 | 80,0 |
| Magnesio | mg/L | 30 - 50 | 9,7 |
| Alcalinidad | mg/L | 250 - 300 | 260,0 |
| Bicarbonatos | mg/L | 250 - 300 | 254,0 |
| Sulfatos | mg/L | 200 | 50,0 |
| Amonios | mg/L | < 0.50 | 0,001 |
| Nitritos | mg/L | 0,01 | 0,010 |
| Nitratos | mg/L | < 40 | 1,70 |
| Hierro | mg/L | 0.30 | 0,050 |
| Fluoruros | mg/L | 1,5 | 1,8 |
| Fosfatos | mg/L | < 0.30 | 1,6 |
| Sólidos Totales | mg/L | 1000 | 450,0 |
| Sólidos Disueltos | mg/L | 500 | 192,0 |

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de Fosfatos y Fluoruos.
Atentamente,


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Karina Gabriela Salazar Llangari

Fecha de análisis: 16 Marzo del 2015

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico. A Tanque de Almacenamiento

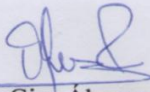
Localidad: Parroquia Santiago de Calpi

Código: LAT 233-15

| Determinaciones | Unidades | *Límites | Resultados |
|-------------------|------------|-----------|------------|
| Color | und Co/Pt | < 5 | 1 |
| pH | Unid | 6.5 - 8.5 | 6,94 |
| Conductividad | μ Siems/cm | < 1250 | 750 |
| Turbiedad | UNT | 5 | 0,2 |
| Cloruros | mg/L | 250 | 7,1 |
| Dureza | mg/L | 200 | 240,0 |
| Calcio | mg/L | 70 | 51,2 |
| Magnesio | mg/L | 30 - 50 | 37,2 |
| Alcalinidad | mg/L | 250 - 300 | 300,0 |
| Bicarbonatos | mg/L | 250 - 300 | 290,0 |
| Sulfatos | mg/L | 200 | 50,0 |
| Amonios | mg/L | < 0.50 | 0,001 |
| Nitritos | mg/L | 0,01 | 0,010 |
| Nitratos | mg/L | < 40 | 1,80 |
| Hierro | mg/L | 0.30 | 0,040 |
| Fluoruros | mg/L | 1,5 | 2,2 |
| Fosfatos | mg/L | < 0.30 | 1,3 |
| Sólidos Totales | mg/L | 1000 | 500,0 |
| Sólidos Disueltos | mg/L | 500 | 300,0 |

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de Fosfatos y Fluoruos.
Atentamente,


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Karina Gabriela Salazar Llangari

Fecha de análisis: 08 de Abril del 2015

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico. A Tanque de Almacenamiento

Localidad: Parroquia Santiago de Calpi

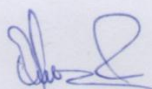
Código: LAT 234-15

b

| Determinaciones | Unidades | *Límites | Resultados |
|-------------------|----------------|-----------|------------|
| Color | und Co/Pt | < 5 | < 2 |
| pH | Unid | 6.5 - 8.5 | 6,93 |
| Conductividad | μ Siems/cm | < 1250 | 496 |
| Turbiedad | UNT | 5 | 0,3 |
| Cloruros | mg/L | 250 | 15,6 |
| Dureza | mg/L | 200 | 268,0 |
| Calcio | mg/L | 70 | 70,4 |
| Magnesio | mg/L | 30 - 50 | 36,5 |
| Alcalinidad | mg/L | 250 - 300 | 300,0 |
| Bicarbonatos | mg/L | 250 - 300 | 306,0 |
| Sulfatos | mg/L | 200 | 50,0 |
| Amonios | mg/L | < 0.50 | 0,001 |
| Nitritos | mg/L | 0,01 | 0,010 |
| Nitratos | mg/L | < 40 | 240,00 |
| Hierro | mg/L | 0.30 | 0,050 |
| Fluoruros | mg/L | 1,5 | 2,0 |
| Fosfatos | mg/L | < 0.30 | 1,45 |
| Sólidos Totales | mg/L | 1000 | 524,0 |
| Sólidos Disueltos | mg/L | 500 | 200,0 |

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de Fosfatos y Fluoruos.
Atentamente,


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



ANEXO F. CARACTERIZACIÓN DESPUÉS DE LA TRATABILIDAD



EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO 276-15

| CLIENTE: Srta. Karina Salazar | | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|-----------|
| DIRECCIÓN: ESPOCH - TESIS | | TELÉFONO: 0987638517 | |
| TIPO DE MUESTRA: Agua potable tratada, Calpi | | | |
| FECHA DE RECEPCIÓN: 21 de mayo de 2015 | | | |
| FECHA DE MUESTREO: 21 de mayo de 2015 | | | |
| EXAMEN FISICO | | | |
| COLOR: Incoloro | | | |
| OLOR: Inoloro | | | |
| ASPECTO: Libre de material extraño | | | |
| PARÁMETROS | MÉTODO | VALOR REFERENCIAL | RESULTADO |
| Coliformes totales UFC/100mL | Filtración por membrana | --- | Ausencia |
| Coliformes fecales UFC/100mL | Filtración por membrana | <1 | Ausencia |
| OBSERVACIONES: | | | |
| FECHA DE ANÁLISIS: 21 de mayo de 2015 | | | |
| FECHA DE ENTREGA: 23 de mayo de 2015 | | | |
| RESPONSABLES: | | | |
|    | | | |
| Dra. Gina Álvarez R. | | Dra. Fabiola Villa | |
| El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables. | | | |



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 027 - 15

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Srta. Karina Salazar
EMPRESA: Tesis ESPOCH
DIRECCIÓN: Av. 9 de Octubre y La Prensa

INFORME Nº: 027- 15
Nº SE: 027-15

FECHA DE RECEPCIÓN: 21 - 05 - 15
FECHA DE INFORME: 25-05-15

TELÉFONO: 2954771

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Potable Tratada, Calpi

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA-061-15 Duplicado Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA -061-15

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|----------------------|------------|-------------------------|-----------|--------|-------------------|
| * Coliformes Totales | UFC/100 ml | STANDARD METHODS 9221 C | < 2 | N/A | 21- 05 - 15 |
| * Coliformes Fecales | UFC/100 ml | STANDARD METHODS 9221 C | < 2 | N/A | 21- 05 - 15 |

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLE DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.



-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Karina Gabriela Salazar Llangari

Fecha de análisis: 21 de Mayo del 2015

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico. A Agua Tratada

Localidad: Parroquia Santiago de Calpi

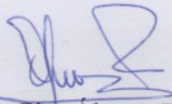
Código: LAT 235-15

b

| Determinaciones | Unidades | *Límites | Resultados |
|-------------------|------------|-----------|------------|
| Color | und Co/Pt | < 5 | 1,1 |
| pH | Unid | 6.5 - 8.5 | 6,94 |
| Conductividad | μ Siems/cm | < 1250 | 750 |
| Turbiedad | UNT | 5 | 0,2 |
| Cloruros | mg/L | 250 | 7,1 |
| Dureza | mg/L | 200 | 240,0 |
| Calcio | mg/L | 70 | 51,2 |
| Magnesio | mg/L | 30 - 50 | 37,2 |
| Alcalinidad | mg/L | 250 - 300 | 300,0 |
| Bicarbonatos | mg/L | 250 - 300 | 280,0 |
| Sulfatos | mg/L | 200 | 50,0 |
| Amonios | mg/L | < 0.50 | 0,001 |
| Nitritos | mg/L | 0,01 | 0,010 |
| Nitratos | mg/L | < 40 | 10,00 |
| Hierro | mg/L | 0.30 | 0,040 |
| Fluoruros | mg/L | 1,5 | 1,3 |
| Fosfatos | mg/L | < 0.30 | 0,26 |
| Sólidos Totales | mg/L | 1000 | 511,3 |
| Sólidos Disueltos | mg/L | 500 | 230,7 |

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores dentro de la norma
Atentamente,

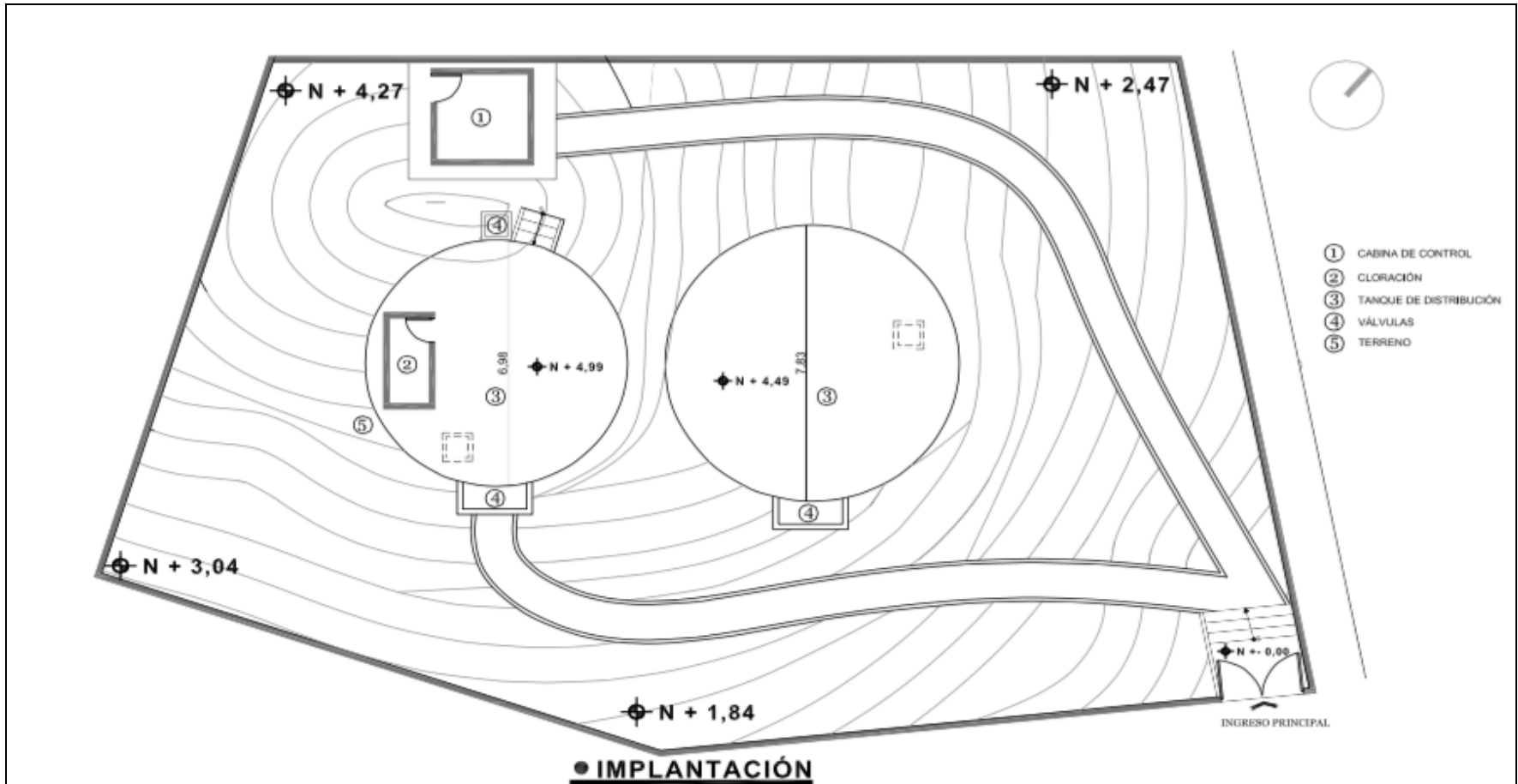


Dra. Gina Álvarez R.

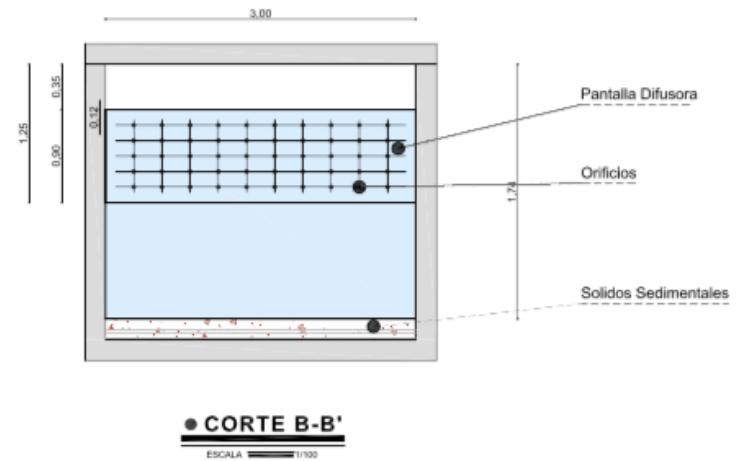
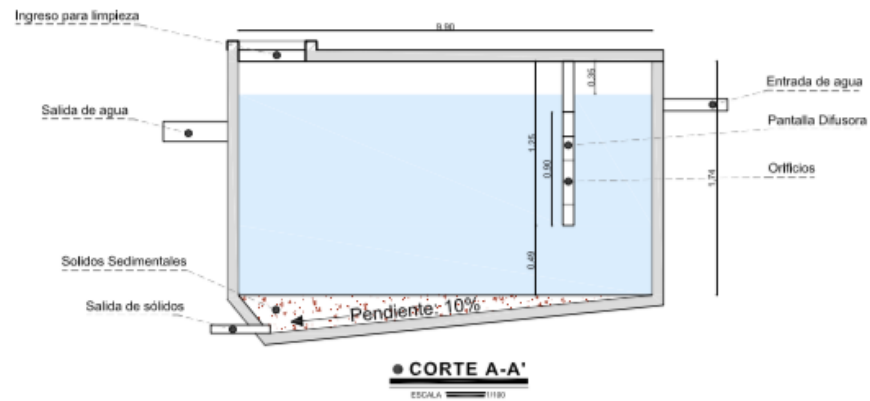
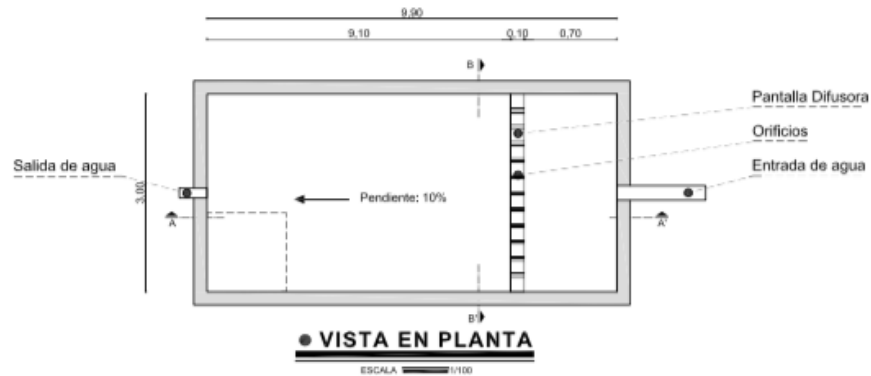
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



ANEXO G. REDISEÑO DEL SISTEMA



| | | | | | |
|---------------|--|---|--|------------|-------|
| NOTAS | <p>ESCALA 1/1000</p> <p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Información</p> | <p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA</p> <p>KARINA GABRIELA SALZAR LLANAGARI</p> | <p>REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SANTIAGO DE CALPI</p> | | |
| ESTADO ACTUAL | | | Lámina | Escala | Fecha |
| | | 1/5 | 1/1000 | 31/07/2015 | |



NOTAS

SEDIMENTADOR

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

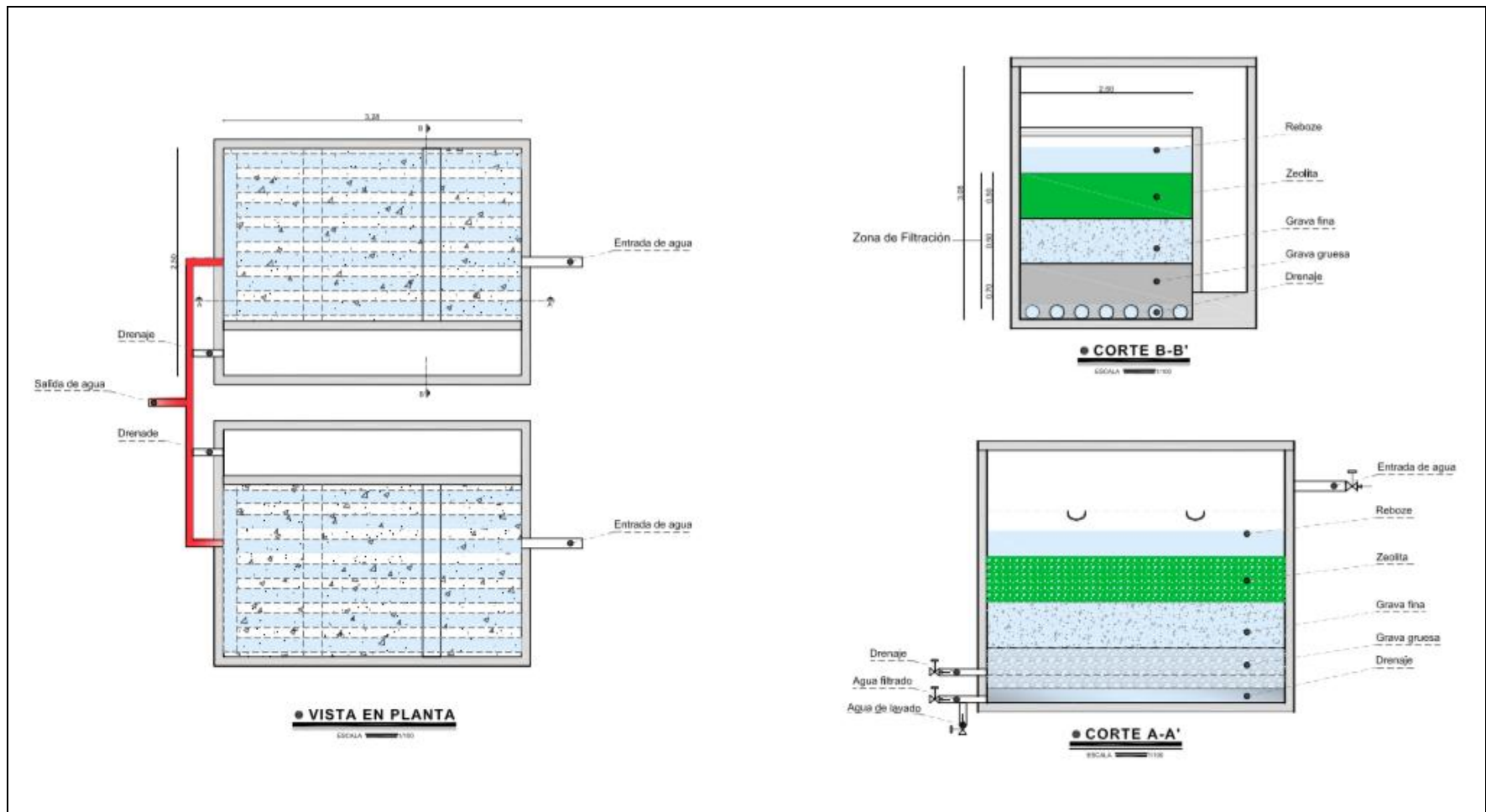
- | | |
|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por Eliminar |
| <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Por Aprobar |
| <input type="checkbox"/> Por Calificar | <input type="checkbox"/> Información |

ESPOCH

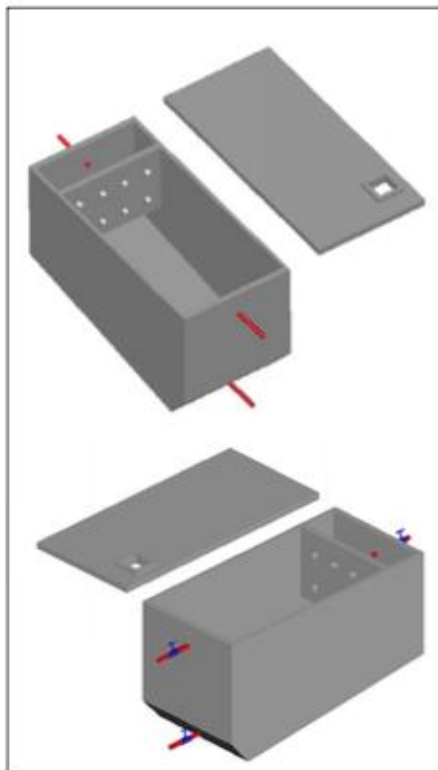
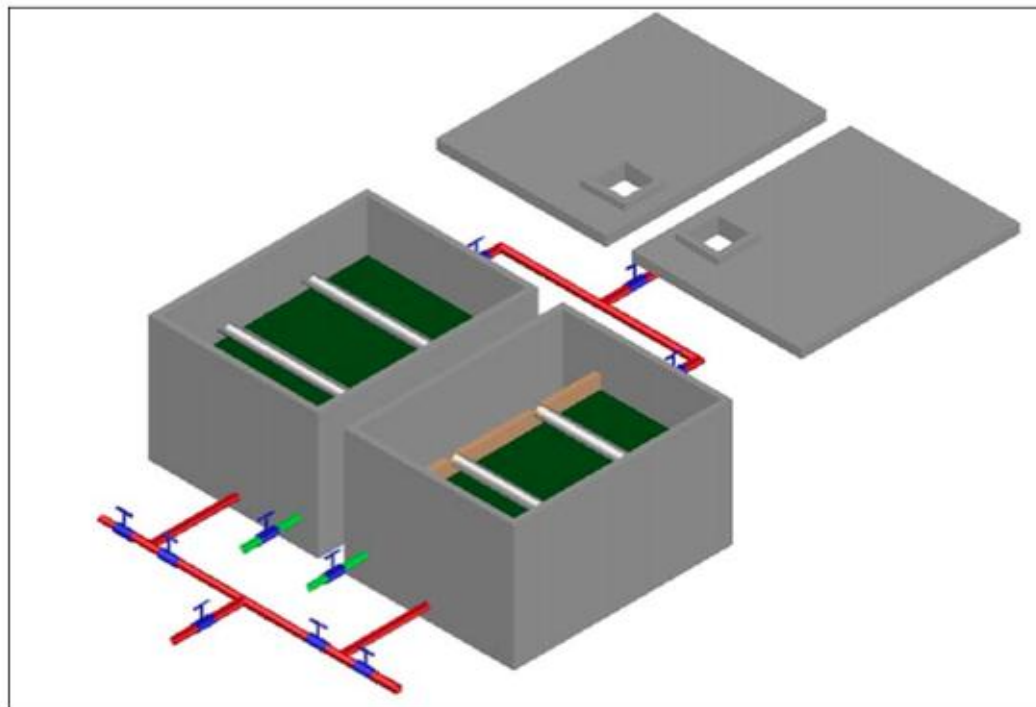
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
KARINA GABRIELA SALZAR LLANAGARI

REDISEÑO DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA
LA PARROQUIA SANTIAGO DE CALPI

| Lámina | Escala | Fecha |
|--------|--------|------------|
| 2/5 | 1/1000 | 31/07/2015 |



| | | | | | |
|------------------------------|---|--|--|--------|------------|
| FILTRO LENTO DE ARENA | <p style="text-align: center;">CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p> <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Información | <p style="font-size: 24px; font-weight: bold;">ESPOCH</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA KARINA GABRIELA SALZAR LLANAGARI</p> | REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SANTIAGO DE CALPI | | |
| | | | Lámina | Escala | Fecha |
| | | | 3/5 | 1/1000 | 31/07/2015 |

A**B****NOTAS****A. SEDIMENTADOR****B. FILTRO LENTO DE ARENA****CATEGORÍA DEL DIAGRAMA**

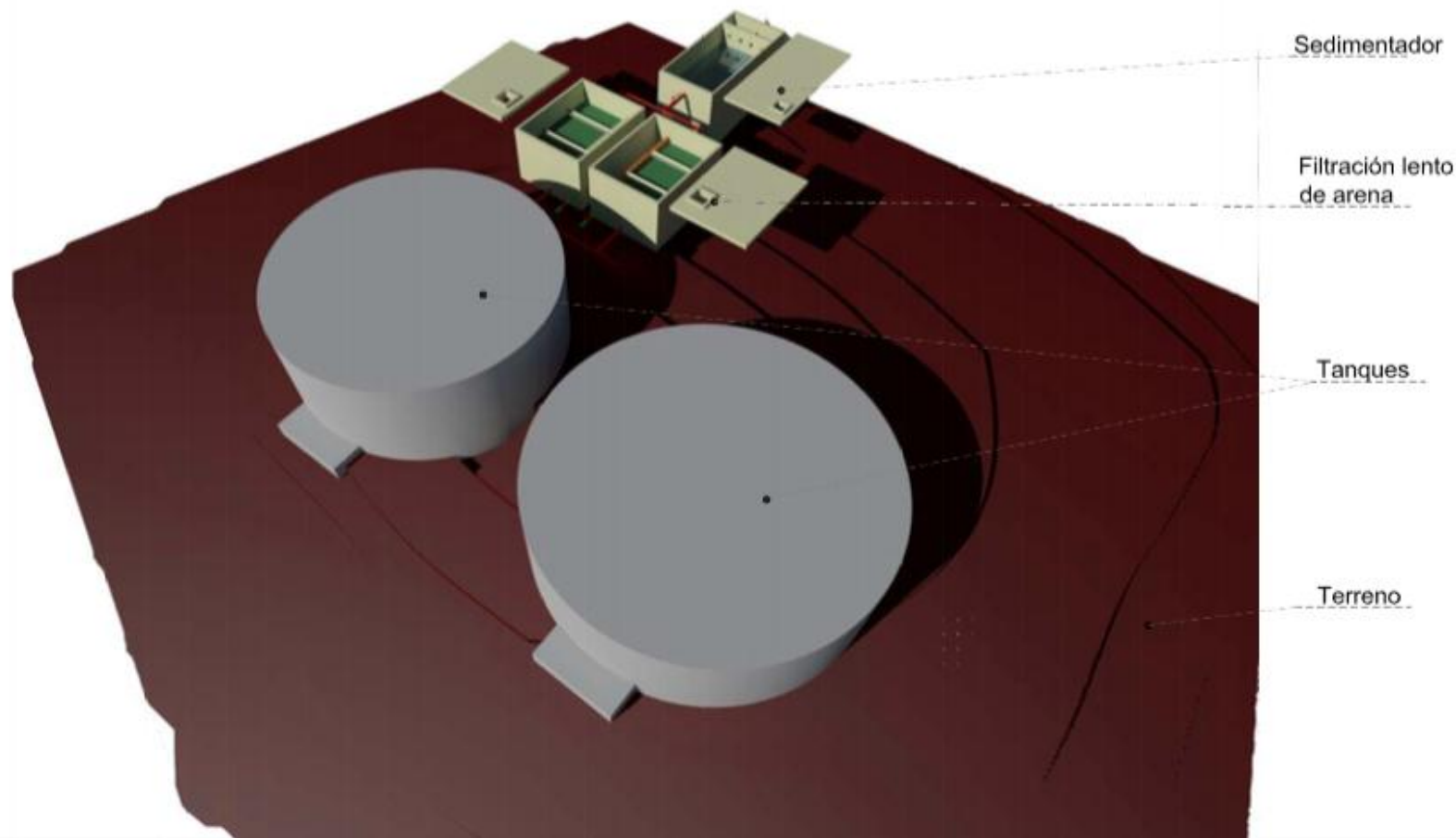
- | | |
|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por Eliminar |
| <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Por Aprobar |
| <input type="checkbox"/> Por Calificar | <input type="checkbox"/> Información |

ESPOCH

FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
 KARINA GABRIELA SALZAR LLANAGARI

REDISEÑO DEL SISTEMA DE
 TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA
 LA PARROQUIA SANTIAGO DE CALPI

| Lámina | Escala | Fecha |
|--------|--------|------------|
| 4/5 | 1/1000 | 31/07/2015 |



| | | | | | |
|-----------------|--|--|--|------------|-------|
| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA KARINA GABRIELA SALZAR LLANAGARI | REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SANTIAGO DE CALPI | | |
| REDISEÑO | <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Información | | Lámina | Escala | Fecha |
| | | 5/5 | 1/1000 | 31/07/2015 | |

