

**EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA
PTAP DEL ACUEDUCTO REGIONAL ACUALIMONAL, LOCALIZADO
EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SASAIMA CUNDINAMARCA**

GERMAN ALBERTO LÓPEZ ARAGÓN

CODIGO 2094778

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO
ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIO AMBIENTE**

BOGOTA D.C. DICIEMBRE DE 2016

**EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA PTAP
DEL ACUEDUCTO REGIONAL ACUALIMONAL, LOCALIZADO EN
ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SASAIMA CUNDINAMARCA**

GERMAN ALBERTO LÓPEZ ARAGÓN

CODIGO 2094778

TRABAJO FINAL DE GRADO

DIRECTOR:

ING. JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO
ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIO AMBIENTE**

BOGOTA D.C. DICIEMBRE DE 2016

Nota de aceptación

Firma del Director de Proyecto

Bogotá D.C., Diciembre de 2016

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Este proceso académico que culmina en esta etapa y que es la base para continuar con mi desarrollo profesional futuro, ha sido fruto del esfuerzo y dedicación propia, pero es a la vez el reflejo de las personas que directa e indirectamente han influido en el mismo.

En primera instancia y como eje central de mi existir está DIOS, sin sus permanentes bendiciones y enseñanzas diarias no habría sido posible tomar el camino que he seguido, no habría conocida las personas que me han influido y guiado, seres humanos que han sido ejemplo a emular y permanente ayuda en el diario vivir.

Capítulo especial para mi familia, los que están y los que se han ido, soy el resultado de su vivir, de su existir y una razón permanente de superación que me ha permitido alcanzar estas metas tan apreciadas, Mi Madre bastión fundamental, Mi Esposa ejemplo y cómplice en un fabuloso proyecto de vida y por sobre todo.... mi hija Juliana: lo más importante de mi vida!! El ámbito profesional que tantas satisfacciones me ha brindado y me ha hecho feliz, a pesar de los momentos tan difíciles a veces vividos, que se convierten en retos a superar y vencer con las enseñanzas y criterios expertos que mis docentes y condiscípulos me han brindado, que con humildad he podido aplicar en una dimensión tal vez no tan amplia, como sí honesta.

A todos muchas bendiciones y gracias infinitas!!!

Índice general

1. Introducción	11
2. Objetivo General	12
3. Objetivos Específicos.....	12
4. Marco General.....	13
4.1 Localización geográfica	13
4.2 División política.....	14
4.3 Población.....	14
4.4 Clima	16
4.4.1 Brillo solar.....	16
4.5 Topografía	17
4.6 Geotecnia.....	18
4.7 Hidrología.....	18
4.7.1 Morfometría de las cuencas.....	19
4.8 Geología.....	19
4.9 Aspectos Socioeconómicos	21
5. Marco Legal.....	22
5.1 Decreto 1575 del 09 de Mayo de 2007	22
5.2 Resolución 2115 del 22 de Junio de 2007	22
5.3 Resolución 0811 del 05 de Marzo de 2008.....	24
5.4 Resolución 1096 del 17 de Noviembre del 2000-RAS	24
5.5 Resolución 2320 del 27 de Noviembre de 2009.....	25
6. Componente Institucional.....	27
6.1 Asociación de Suscriptores y Usuarios del Acueducto Regional Acualimonal.....	27

6.1.1	Área de influencia del Acueducto Acualimonal	28
6.2	Componentes del sistema	29
6.2.1	Fuente de abastecimiento hídrico	29
6.2.2	Captación	29
6.2.3	Planta de tratamiento y redes	30
6.3	Estado de cumplimiento de la Ley 142 de 1994.....	31
6.3.1	Institucionales y legales	31
6.3.2	Comercial	32
6.3.3	Administrativa	34
6.3.4	Financiera.....	35
6.3.5	Operativo	37
6.3.6	Técnico.....	38
6.3.7	Resultado de la evaluación.....	38
7.	Análisis de la operación de la PTAP	39
7.1	Caudal.....	39
7.2	Aforo y Mezcla Rápida:.....	40
7.3	Floculación	42
7.4	Sedimentación.....	43
7.5	Filtración.....	44
7.6	Desinfección	45
7.7	Control de Operación.....	46
8.	Conclusiones	49
9.	Bibliografía	50

Índice de tablas

Tabla 1. Proyección de población municipal municipio de Sasaima	15
Tabla 2. Características geomorfológicas de las cuencas del proyecto Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca EPC (2013).....	19
Tabla 3. Características Físicas Fuente: http://www.minvivienda.gov.co/	22
Tabla 4. Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana Fuente: http://www.minvivienda.gov.co/	23
Tabla 5. Características microbiológica Fuente: http://www.minvivienda.gov.co/	23
Tabla 6. Número mínimo de puntos para la recolección de muestra Fuente: http://www.minvivienda.gov.co/	24
Tabla 7. Parámetros de evaluación sistemas de potabilización Fuente: http://www.minvivienda.gov.co/	25
Tabla 8. Periodos máximos de diseño para sistemas de acueducto http://www.minvivienda.gov.co/	Fuente: 26
Tabla 9 Generalidades del Acueducto Regional Acualimonal.	27
Tabla 10 Descripción técnica de puntos de abastecimiento de agua. Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. ESP, 2013.	30
Tabla 11 Suscriptores Acueducto Acualimonal.....	33
Tabla 12 Resultado Matriz IVOs.	38
Tabla 13 Evaluación Aforo y Mezcla Rápida	41
Tabla 14 Evaluación Floculadores de Flujo Horizontal	42
Tabla 15 Evaluación Sedimentadores de Alta Tasa	43
Tabla 16 Evaluación Filtros Rápido descendentes.....	44
Tabla 17 Evaluación Sistema Cloración	45
Tabla 18 Características de Calidad del agua	48
Tabla 19 Resultados parámetros de tratamiento	103

Índice de Figuras

FIGURA 1. Ubicación de Sasaima en Cundinamarca Fuente: Wikipedia	13
FIGURA 2. Mapa político de Sasaima, Cundinamarca Fuente: Sitio oficial de Sasaima	15
FIGURA 3. Mapa de brillo solar total anual (horas) de Cundinamarca Fuente: Atlas climatológico de Colombia (IDEAM).....	16
FIGURA 4. Mapa topografía Sasaima Fuente: http://es-co.topographic-map.com/	17
FIGURA 5 Área de drenaje de las cuencas base plancha IGAC Fuente: Informes Empresas Públicas de Cundinamarca 2013.....	19
FIGURA 6. Cartografía ingeominas, K5. Formación Hiló Fuente: Cundinet	20
FIGURA 7 Ubicación geográfica del área de influencia del acueducto Acualimonal. Fuente: Elaborada Consorcio Acueducto Sasaima – 2015, con información de la Gobernación de Cundinamarca.	28
FIGURA 8 Organigrama Acueducto Acualimonal Fuente: Archivo Acueducto Acualimonal.	34
FIGURA 9 Manual de Procesos y Procedimientos. Fuente: Manual de procedimientos, 2015.....	35
FIGURA 10 Reporte del formato Plan de contabilidad para entes prestadores de servicios públicos. Fuente: Reporte estados financieros Anual 2013 Acueducto Acualimonal – SUI, 2015.	36
FIGURA 11 Diploma SENA fontanero Acueducto Acualimonal Fuente: Archivo Acueducto Acualimonal, 2013.	38

Índice de Fotografías

Fotografía 1 Bocatoma. Fuente: Archivo Acueducto Acualimonal, 2014.....	29
Fotografía 2 Desarenador. Fuente: Archivo Acueducto Acualimonal, 2014.	30
Fotografía 3 Planta de tratamiento de Agua Potable Fuente: Propia, 2015.	31
Fotografía 4. Oficina de atención de peticiones, quejas y reclamos.....	32
Fotografía 5 Salón de herramientas del Acueducto Acualimonal Fuente: Consorcio Acueducto Sasaima, 2015.	37
Fotografía 6 Cámara de entrada Canaleta Parshall	109
Fotografía 7 Estado Actual Floculadores Hidráulicos Horizontales.....	110

Fotografía 8 Tabiques horizontales acrílicos para flujo horizontal.	110
Fotografía 9 Canal de ingreso del agua a Filtros de Alta Tasa.....	111
Fotografía 10 Vista posterior de Sedimentadores, al fondo filtros	112
Fotografía 11 Vista posterior de Sedimentadores se observan los paneles hexagonales de flujo ascendente, al fondo filtros rapidos.	112
Fotografía 12 Paso del Agua de los sedimentadores a filtros lentos - flujo descendente en arena	113
Fotografía 13 Paso del Agua de los sedimentadores a filtros lentos - flujo descendente en arena	113
Fotografía 14. Válvulas de lavado en la parte baja de los filtros de flujo descendente, descarga abierta.	114
Fotografía 15 Tanques 1 y 2 de Almacenamiento de 70 y 50 Metros Cúbicos.	114
Fotografía 16 Interior de tanque de almacenamiento No. 1 en los momentos de mayor consumo	115
Fotografía 17 Ingreso del agua clarificada a los filtros descendentes.....	115
Fotografía 18 Inserción de Cloro gaseoso al efluente de la Planta, previo al almacenamiento.....	116
Fotografía 19 Sistema de Cloración dentro de la Caseta para tal Fin.	116
Fotografía 20. Contenedor vertical de cloro gaseoso.....	117

Índice de gráficas

Gráfica 2. Alcalinidad	103
Gráfica 3. Dureza Total	104
Gráfica 4. Cloro Residual.....	104
Gráfica 5. Hierro.....	105
Gráfica 6. Ph 105	
Gráfica 7. Color.....	106
Gráfica 8. Turbiedad.....	106
Gráfica 9. Coliformes Totales.....	107

Anexos

Anexo No. 1 Cálculos

Anexo No. 2 Análisis de resultados de laboratorio

Anexo No. 3 Plano PTAP

1. Introducción

El presente trabajo tiene como fin primordial presentar el análisis de los parámetros de operación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Acueducto Regional Acualimonal, ubicada en la Vereda la Granja del municipio de Sasaima y desde donde se surten 12 veredas de la zona rural de este municipio.

El trabajo que se presenta desarrolla toda la contextualización que involucra la Planta de Tratamiento de Agua Potable Acualimonal, dentro de lo que corresponde con aspectos geográficos, políticos, administrativos y técnicos. Se establecen los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo del trabajo, orientados a determinar las metas que se pretenden alcanzar con el mismo.

Se desarrolla un marco general con el que se ubica dentro del que se ubica el municipio de Sasaima, como ente territorial dentro del cual opera el proyecto, sus generalidades y aspectos relevantes y la localización geográfica y administrativa a que pertenece la PTAP que se analiza en condiciones actuales.

Se hace igualmente presentación de la normativa técnica vigente y sobre la cual se cotejan los parámetros evaluados y el resultado de ello, estableciendo la información que se obtuvo del análisis operativo en relación con los exigidos y su efecto de cumplimiento, de igual forma es analizado los aspectos institucionales sobre los que se apoya el funcionamiento del acueducto, como soporte a las sostenibilidad administrativa del sistema.

Se presenta el análisis detallado del funcionamiento y operación actual del sistema, mediante la descripción general del procesos, controles y funcionalidad de la PTAP de acuerdo con los parámetros técnico que debe cumplir y para ello se estable el resumen de condiciones operativas encontradas y las observaciones que de ello se deriva.

Finalmente se establecen conclusiones del análisis efectuado y algunas recomendaciones que buscan mejorar la operación y funcionalidad del sistema como sugerencias técnicas.

2. Objetivo General

Evaluar las condiciones de operación bajo las cuales está funcionando la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Acueducto Regional Acualimonal, en el municipio de Sasaima Cundinamarca, de acuerdo con parámetros técnicos y normativos vigentes.

3. Objetivos Específicos

- Conocer y enumerar los parámetros de operación de la PTAP Acualimonal, en Operación.
- Revisar la conformidad de la operación con los requerimientos del RAS 2000.
- Evaluar la conformidad del efluente con la resolución 2115 de 2007.
- Proponer recomendaciones para la operación de la PTAP Acualimonal.

4. Marco General

4.1 Localización geográfica

Descripción Física:

“Sasaima es uno de los 116 municipios del departamento de Cundinamarca, hace parte de la provincia del Gualivá conformada por los siguientes 12 municipios: La Peña, Útica, Sasaima, Vergara, Quebrada Negra, Nimaima, Albán, Villeta, Nocaima, Supatá, San Francisco y La Vega. El municipio de Sasaima tiene una superficie de 114 km² Su cabecera municipal se ubica a los 04° 58' 53" de latitud norte y 74° 26' 13" de longitud oeste, a 1.150 m sobre el nivel del mar, con una temperatura media de 22°C aproximadamente. Entre los accidentes orográficos se destacan los cerros Nariz alta, Guásimo, La Cruz, Viajal, La Morena, Las Peñas entre los accidentes orográficos se destacan los cerros Nariz alta, Guásimo, La Cruz, Viajal, La Morena, Las Peñas del Aserradero, El Alto del Águila.

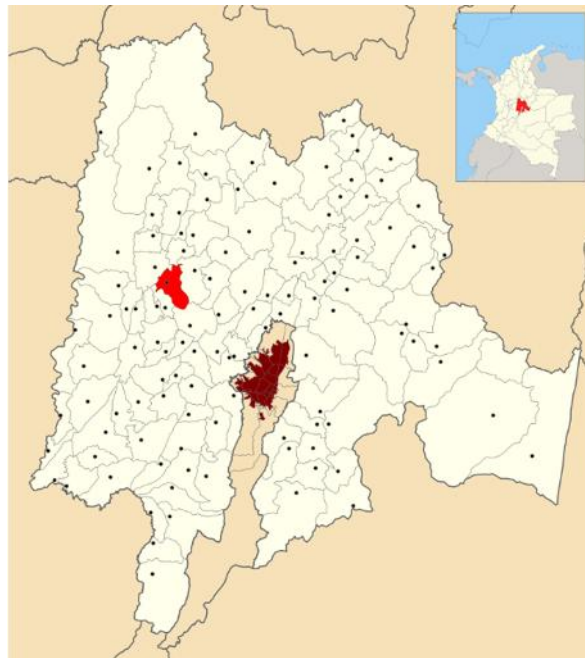


FIGURA 1. Ubicación de Sasaima en Cundinamarca Fuente: Wikipedia

Límites del municipio:

La mayoría de sus tierras corresponden al piso térmico templado y se extiende sobre las cuencas de tres ríos, Dulce, Gualivá y Namay. Limita por el norte con los municipios de Villeta y Nocaima, por el oriente con la Vega, por el sur con Facatativá y por el Occidente con Albán y Villeta.

Extensión total: 111 km², Extensión área urbana: 0,80 km² (casco urbano y corregimiento Santa Inés) Extensión área rural: 110,91 km².

(Sitio oficial de Sasaima en Cundinamarca, 2009)

4.2 División política

Políticamente el municipio está dividido en 24 veredas (Figura 2): Pilacá, Limonal, Lomalarga, Palacio, La Granja, Mesetas, La Paz, Acuapal, Nariz alta, Guayacundo, Santa Ana, Buenos Aires, Candelaria, Iló, El Entable, El Mojón, San Bernardo, Guane, Gualivá, Piluma, Santa Teresa, La Victoria, Las Mercedes y El Sinaí. El casco urbano del municipio cuenta con los barrios: Conjunto cerrado La Ceiba, El Carmen, El Mirador del Rio, Primero de Julio, San Antonio, San Carlos, San José, Urbanización Roberto Guerrero, Centro y Villa Carolina.

4.3 Población

De acuerdo con las proyecciones municipales por área establecidas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el municipio de Sasaima presenta una población total de 10.742 habitantes para el año 2016, aproximadamente el 23% (2.449 hab.) residen en la cabecera municipal y el 77% (8.293 hab.) viven en el casco rural.

En la tabla 1 se incluye la proyección de población para Sasaima.

PERIODO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
TOTAL	10.205	10.249	10.297	10.340	10.400	10.445	10.495	10.543	10.590	10.632	10.688	10.742	10.778	10.828	10.868	10.912
AREA URBANA	2.232	2.251	2.271	2.290	2.312	2.331	2.351	2.371	2.390	2.408	2.429	2.449	2.466	2.485	2.502	2.520
AREA RURAL	7.973	7.998	8.026	8.050	8.088	8.114	8.144	8.172	8.200	8.224	8.259	8.293	8.312	8.343	8.366	8.392

Tabla 1. Proyección de población municipal municipio de Sasaima

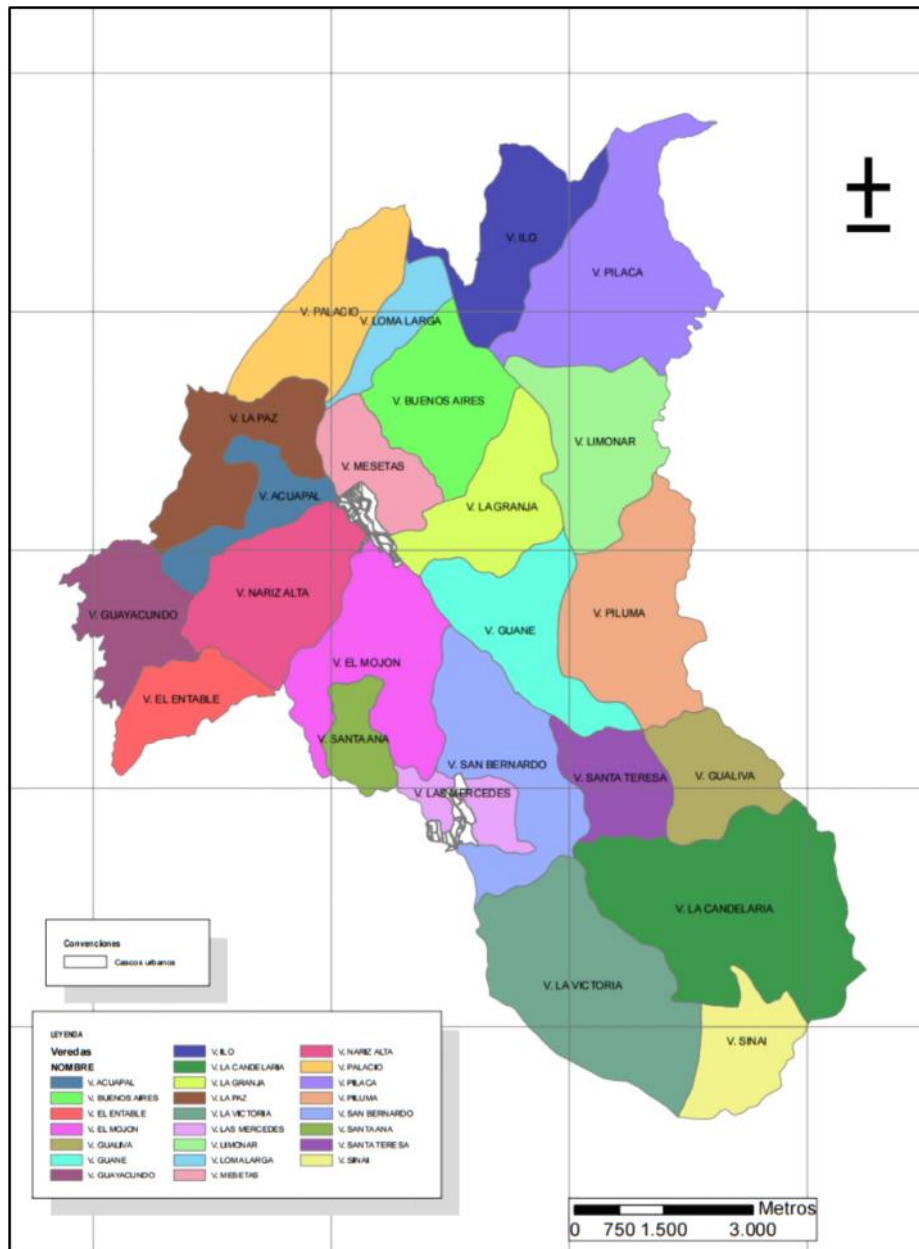


FIGURA 2. Mapa político de Sasaima, Cundinamarca Fuente: Sitio oficial de Sasaima

4.4 Clima

El municipio se encuentra ubicado a una altitud de 1150 msnm, con una temperatura promedio de 24°C y una pluviosidad media anual de 2800 mm.

4.4.1 Brillo solar

El brillo solar son las horas de sol efectivo en el día, en la Ilustración 7, se muestra el promedio multianual, concluyéndose que para el departamento de Cundinamarca el rango oscila entre 900 a 1700 horas. En la zona de estudio específicamente el rango es de 1300 a 1700 horas.

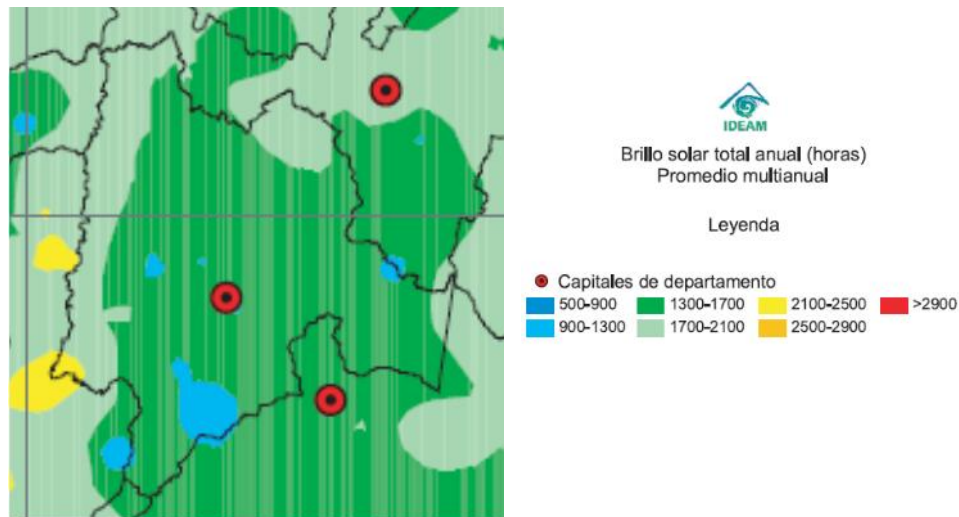


FIGURA 3. Mapa de brillo solar total anual (horas) de Cundinamarca Fuente: Atlas climatológico de Colombia (IDEAM)

Observándose a lo largo del año un período de valor de insolación alto en el mes de Enero con 173 horas sol/mes; dos de bajos registros, ajustados a un régimen bimodal, correspondiente a las dos temporadas de lluvias y a las dos de estiaje que se presentan en la zona Andina colombiana. Las menores insolaciones se presentan en Marzo y Junio, con valores de 125 y 123 horas sol/mes, correspondiente al primer y segundo período de lluvias, para promedio anual de 1675 horas sol/año, equivalente a 4.6 horas de sol al día.

4.5 Topografía

La topografía de la (Figura 4) resalta tres zonas: zona alta de recarga de acuíferos, clima de páramo y con suelos con vocación forestal; zona media altamente intervenida por minifundismo con ampliación de la frontera agrícola; zona baja ubicada en cercanías del perímetro urbano con mayor desarrollo de vivienda, presenta un alto impacto por contaminación con vertimientos residenciales al sistema hídrico. (CMGRD, 2012).

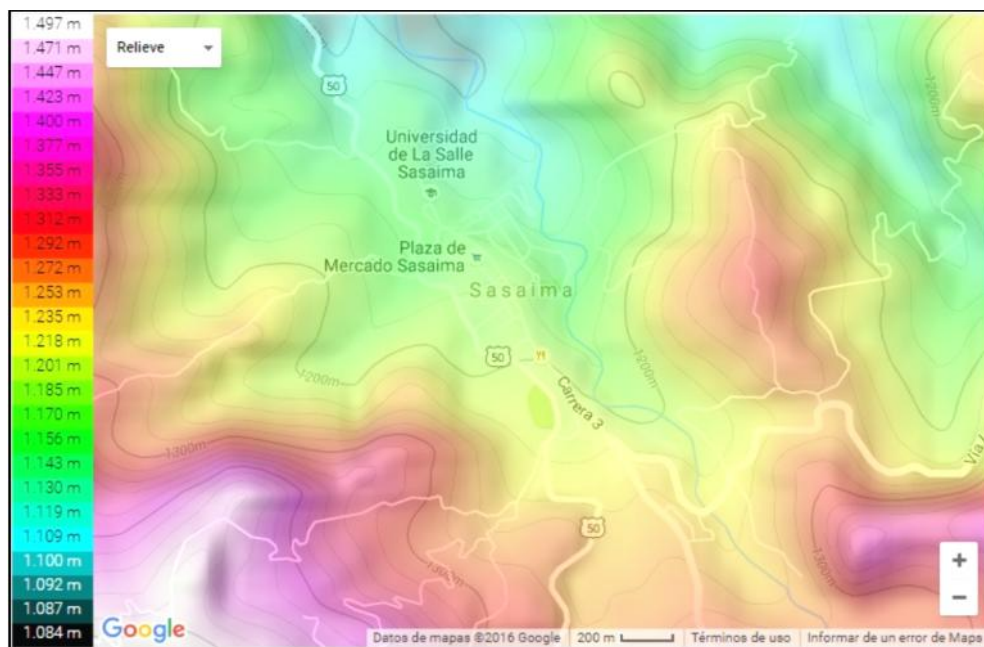


FIGURA 4. Mapa topografía Sasaima Fuente: <http://es-co.topographic-map.com/>

El estudio topográfico implicó levantamiento de información desde el punto de captación sobre la Quebrada denominada Los Cafuches en estribaciones de la cordillera central altura aproximada de 2000 msnm, límites con el municipio de Albán a través de una red de conducción de 14.5 kilómetros en tuberías que van desde 2 hasta cuatro pulgadas en PVC y un sector de 1200 mts en acero, hasta el Cerro de Minas donde se construyó la Planta de Tratamiento de Agua Potable en una altura aproximada de 1637 msnm, sitio donde también se ubican dos tanques de almacenamiento de 70 y 80 metros cúbicos de capacidad.

4.6 Geotecnia

El acueducto recorre las veredas ubicadas en la zona norte del municipio de Sasaima, sobre terrenos de topografía ondulada a abrupta del Grupo Villeta, correspondientes a bloques de lutitas, areniscas y calizas embebidos en matriz arcillosa cubiertos por depósitos de cenizas volcánicas, suelos aptos para los cultivos de café, caña de azúcar, frutales y cítricos.

4.7 Hidrología

El municipio de Sasaima se encuentra ubicado en la cuenca del Río Negro, que lo conforman los municipios de Albán, Bituima, Caparrapi, El Peñón, Guaduas, Guayabal de Siquima, La Palma, La Peña, La Vega, Nimaima, Tocaima, Pacho, Puerto Salgar, Quebrada Negra, Sasaima, San Francisco, Supata, Topaipí, Utica, Vergara, Viani, Villeta y Yacopi.

La subcuenca del río Tobía tiene una extensión de 93.465 ha. Uno de los principales afluentes de la subcuenca es el río Dulce que nace en la parte alta de la Zona de Reserva Forestal Protectora Productora Peñas del Aserradero a 2500 metros, a este le llegan las aguas de los ríos Namay y Guane, allí también nace la quebrada Candelaria que es importante tributaria para el río Gualiva. Dentro de la micro cuenca del Río Villeta se encuentra la micro cuenca del río Dulce que posee una extensión de 116.45 Km² y entrega sus aguas al río Contador o Bituima en cuya confluencia toma el nombre de Villeta, entre los tributarios se encuentran los ríos Icali y Namay, las quebradas Honda, La Maria, El Tambor, entre otros. Entre los principales afluentes de la microcuenca del río tabacal se encuentran los ríos Gualivá, Sabaneta y las quebradas El Muña, Natauta y Curazao. Dentro de esta se encuentra la microcuenca del río Gualiva que se encuentra en jurisdicción de los municipios de Sasaima y La Vega. El río Gualiva nace a los 2.800 m.s.n.m en la parte alta del municipio y entrega sus aguas al río Tabacal sobre los 1.000 m.s.n.m, la quebrada la Candelaria es su principal tributario es la fuente de abastecimiento de gran parte de la población. (Secretaría de Infraestructura y Planeación, 2009)

4.7.1 Morfometría de las cuencas

En la tabla se presentan las principales características geomorfológicas asociadas a las cuencas mencionadas anteriormente, a continuación:

Cuenca	Área (km ²)	Longitud Canal Principal	Cotas		Pendiente media (%)
			Máxima	Salida	
Quebrada Blanca	1.51	1.98	2575	1992	29%
Quebrada Padua	0.88	1.56	2225	1950	18%
Quebrada Cafuches	5.49	3.87	2950	2012	24%

Tabla 2. Características geomorfológicas de las cuencas del proyecto Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca EPC (2013)

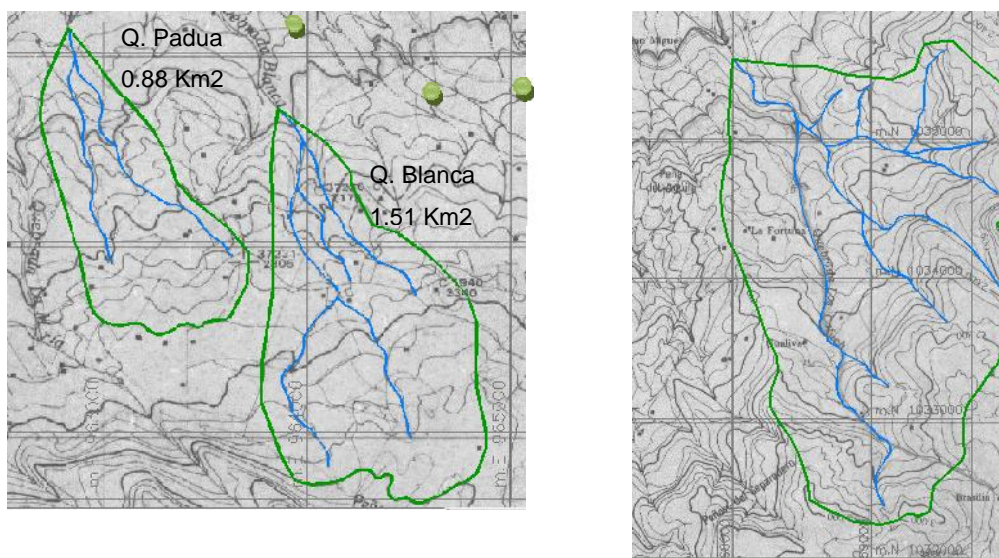


FIGURA 5 Área de drenaje de las cuencas base plancha IGAC Fuente: Informes Empresas Públicas de Cundinamarca 2013

4.8 Geología

Sección Albán - Sasaima. Afloran aquí 150 m de la Formación Hiló (Figura 5), afectados en su parte media por una falla normal de desplazamiento indeterminado. La secuencia consta de arcillolitas, ligeramente lodosas, a lodolitas silíceas, las cuales son a veces ligeramente calcáreas, con laminación paralela, exceptuando algunos niveles en los metros 27 y 135 (Figura 4) donde hay laminación ondulosa no paralela. (INGEOMINAS, 2002).

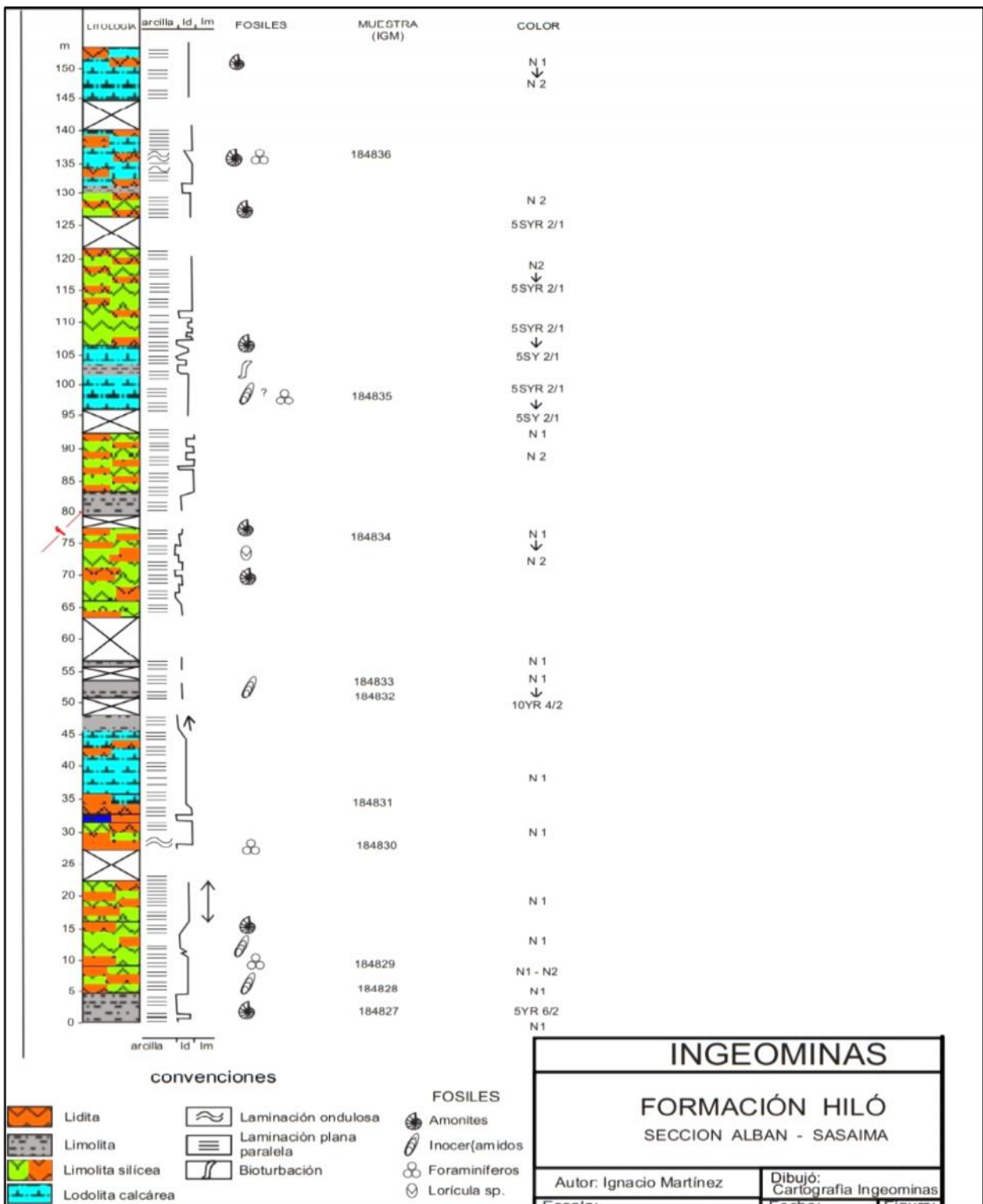


FIGURA 6. Cartografía ingeominas, K5. Formación Hiló Fuente: Cundinet

4.9 Aspectos Socioeconómicos

En el municipio se encuentran registrados un total de 183 negocios o actividades comerciales que desarrollan sus actividades en: venta de teléfonos celulares y minutos, venta de bambú, hospedajes, transporte de pasajeros, venta de licor, bares, venta de comida, venta de pañales, talleres y mantenimiento de vehículos, expendio de carnes, venta de plásticos y desechables, venta de ropa, venta de material para construcción, cría de ganado porcino, cría de especies menores, venta de madera, compra y venta de materiales eléctricos, taller de ornamentación, panaderías, venta de plantas medicinales, procesamiento de alimentos en conserva, campo de tejo, droguería, comercio al por menor de frutas y hortalizas, prestación de servicios hospitalarios, expendio de gasolina, prestación de servicios al sector agropecuario, venta de insumos agropecuarios, venta de ropa, venta de bicicletas, venta de implementos para aseo, venta de juguetes, carpintería y ebanistería, servicio de televisión por cable, fotografía, taller de joyería, transporte de carga, recolección de basuras, servicios de aseo, confección de ropa, levante pollos de engorde, compra de café, venta de víveres, producción de ganado, funeraria y planes exequiales, venta de vidrio, billares, degüello de ganado mayor y menor, centro médico, fabricación y venta de artesanías, préstamo y alquiler de video juegos, discoteca, explotación avícola, avicultura cría de pollos, procesamiento derivados de la leche, compra y venta de electrodomésticos, reparación y mantenimiento de maquinaria agrícola, banco comercial, fabricación y venta de bloques de cemento, manufacturas en cuero, monta llantas, producción y comercialización de panela. (CMGRD, 2012)

5. Marco Legal

A continuación se presentan los aspectos de tipo legal que establecen y regulan los parámetros de Calidad del agua apta para consumo humano.

5.1 Decreto 1575 del 09 de Mayo de 2007

En su artículo 1º a la letra reza:

“OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN. *El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada”*

En el cual se establecen las responsabilidades de todos y cada uno de los entes que participan en la evaluación de los parámetros de calidad del agua.

5.2 Resolución 2115 del 22 de Junio de 2007

“Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”

En el CAPITULO II, Artículo 2, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, el presente artículo referencia los valores máximos, los cuales no pueden ser sobrepasados, ni evidenciados en los resultados de laboratorio practicados al agua para consumo humano:

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Tabla 3. Características Físicas Fuente: <http://www.minvivienda.gov.co/>

En el Artículo 5 del mismo CAPITULO II, se encuentran las **características químicas** de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, los cuales se evidencian en la Tabla 4:

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN-	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01

Tabla 4. Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana
Fuente: <http://www.minvivienda.gov.co/>

En el Artículo 10 del Capítulo III, esta resolución nos indica las técnicas aceptadas para realizar los análisis microbiológicos del agua que se deben tener en cuenta, como lo son *ESCHERICHIA COLI* Y *COLIFORMES TOTALES* y *GIARDIA* Y *CRYPTOSPORIDIUM*, las cuales deben enmarcarse dentro de los valores de la Tabla 5:

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Tabla 5. Características microbiológica Fuente: <http://www.minvivienda.gov.co/>

5.3 Resolución 0811 del 05 de Marzo de 2008

“Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución”.

En el artículo 3 de esta resolución consta del número mínimo de puntos de muestreo en la red de distribución de acuerdo con la población atendida como se evidencia en la tabla 6.

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Número mínimo de puntos para la recolección de muestra
Menos de 2.500	4
2.501 a 10.000	5
10.001 a 20.000	6
20.001 a 100.000	8
100.001 a 250.000	15
250.001 a 500.000	25
500.001 a 800.000	30
800.001 a 1.000.000	35
1.000.001 a 1.250.000	48
1.250.001 a 2.000.000	60
2.000.001 a 4.000.000	72
Más de 4.000.001	132

Tabla 6. Número mínimo de puntos para la recolección de muestra Fuente:
<http://www.minvivienda.gov.co/>

5.4 Resolución 1096 del 17 de Noviembre del 2000-RAS

En su artículo 2 a la letra reza:

“OBJETO: *El presente Reglamento tiene por objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en el artículo 14, numerales 14.19, 14.22, 14.23 y 14.24 de la Ley 142 de 1994, que adelanten las*

Entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces”

En su artículo 19 EVALUACION DEL SISTEMA EXISTENTE, claramente indica que:

“La entidad territorial, la ESP o cualquier otra entidad que promueva o desarrolle inversiones en el sector, debe realizar una evaluación del mismo, que busque obtener información sobre el funcionamiento general, la capacidad máxima real, la eficiencia y los criterios operacionales. Después del análisis debe diagnosticar si es posible mejorar o no los niveles de eficiencia del sistema”. La evaluación de los sistemas existentes debe realizarse en los componentes mostrados en la tabla No. 7.

Sistema	Parámetros sujetos de la evaluación
Servicio de suministro de agua potable	Calidad y continuidad de la fuente Evaluación de las dotaciones Captación y pretratamientos Capacidad y estado general de la aducción y/o conducción Capacidad de la PTAP Calidad actual del agua en planta y en la red de distribución Estado de la red de distribución Porcentaje de pérdidas técnicas Cobertura del servicio Capacidad del almacenamiento Continuidad del servicio Tarifas Cobertura de la Macromedición Cobertura de Micromedición

Tabla 7. Parámetros de evaluación sistemas de potabilización Fuente:
<http://www.minvivienda.gov.co/>

5.5 Resolución 2320 del 27 de Noviembre de 2009

“Por la cual se modifica parcialmente la Resolución No. 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS-“ La cual modifica el artículo 67, acerca de las dotaciones para la determinación de la demanda de los sistemas de acueducto y alcantarillado.

El artículo 2 de la presente resolución, modifica el artículo 69 de la resolución 1096 de 2000, en la cual se establece el periodo de diseño máximos para todos los componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado según su nivel de complejidad.

Nivel de Complejidad del Sistema	Período de diseño máximo
Bajo, Medio y Medio alto	25 años
Alto	30 años

Tabla 8. Periodos máximos de diseño para sistemas de acueducto Fuente:
<http://www.minvivienda.gov.co/>

6. Componente Institucional

6.1 Asociación de Suscriptores y Usuarios del Acueducto Regional Aqualimonal

El sistema de Acueducto Aqualimonal nació como una necesidad de abastecimiento de agua potable, para las comunidades rurales que se encuentran en el límite de los municipios de Sasaima, Villeta y La Vega, por lo que tramitó su permiso de concesión de aguas ante el antiguo INDERENA, siendo aprobada esta solicitud a través de la Resolución 094 del 3 de marzo de 1989; sin embargo y pese a ello obtuvo su personería jurídica luego de la Asamblea General del 2 de abril de 2000, donde se adoptaron sus estatutos y se estableció su acta de constitución.

De esta manera se creó la Asociación de Suscriptores y Usuarios del Acueducto Regional Aqualimonal, como una organización autorizada, dentro del marco del artículo 15 de Ley 142 de 1994, legalmente constituida de acuerdo con el certificado de existencia expedido por la Cámara de Comercio de Facatativá, sin ánimo de lucro, inscrita ante dicha Cámara de Comercio desde el 26 de mayo de 2000.

El acueducto, allega su servicio a las veredas La Granja, Limonal, Pilacá (Alto y Bajo), Ílo (Alto y Bajo), Loma Larga, Palacios y Buenos Aires del municipio de Sasaima, Balsal de Villeta y La Huerta de La Vega. En la tabla 9 se resumen las generalidades del acueducto:

Fecha de Constitución	27 de Noviembre de 1985
NIT	832005342-5
Razón Social	Asociación de Suscriptores y Usuarios del Acueducto Regional Aqualimonal
Dirección	Carrera 3 No. 6-39 Sasaima
Correo Electrónico	aqualimonal@yahoo.com
Forma Jurídica	Asociación de Suscriptores y Usuarios, Entidad Sin Ánimo de Lucro
Máxima autoridad	Asamblea general de socios
Actividades	Captación, conducción, tratamiento, almacenamiento, distribución y comercialización.

Tabla 9 Generalidades del Acueducto Regional Aqualimonal.

El objeto social de la Entidad es la prestación de servicios públicos domiciliarios de acueducto y de saneamiento básico, realizando para ello las actividades relacionadas que

hacen posible la prestación de dichos servicios. La Entidad tiene Junta Directiva como órgano directivo superior, su representante legal es Jaime de Jesús Vásquez Restrepo.

6.1.1 Área de influencia del Acueducto Acualimonal

Como se mencionó anteriormente, el acueducto Acualimonal cubre nueve veredas del área rural de los municipios de Sasaima, Villeta y La Vega del departamento de Cundinamarca.

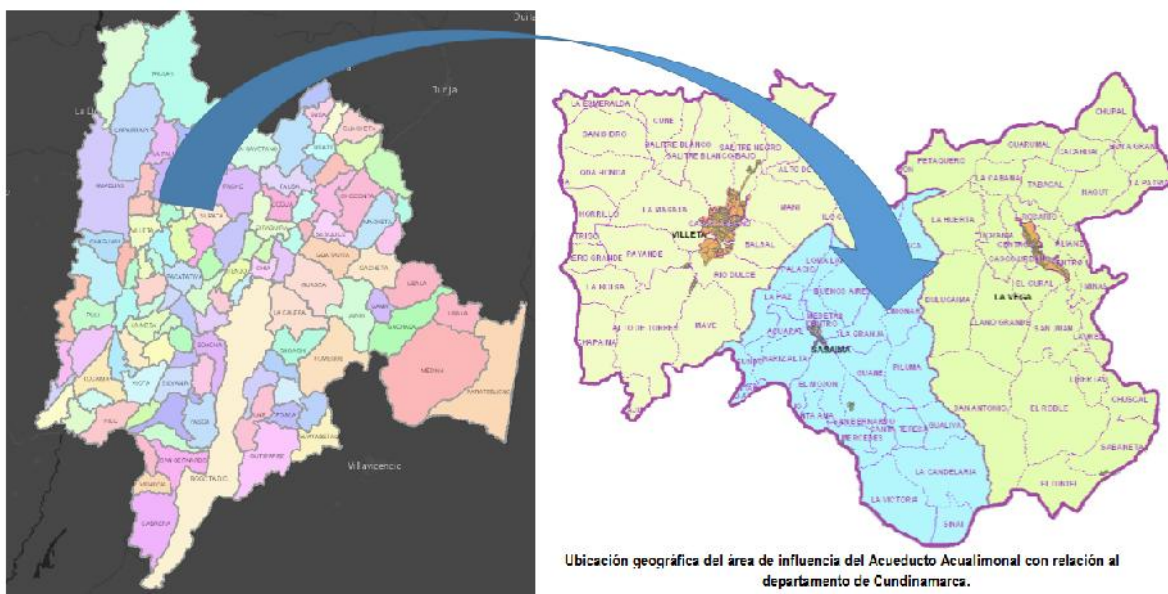


FIGURA 7 Ubicación geográfica del área de influencia del acueducto Acualimonal. Fuente: Elaborada Consorcio Acueducto Sasaima – 2015, con información de la Gobernación de Cundinamarca.

Actualmente el acueducto cuenta con un promedio de 749 suscriptores, es decir un promedio de 3370.5 usuarios, sin embargo con la optimización del sistema de acueducto y la ampliación de la red de distribución que busca el proyecto “*Construcción, Acompañamiento Post-Construcción, Estructuración y Fortalecimiento Institucional para el Acueducto Rural, Veredas Santa Ana, San Vicente, Loma Larga y Cuatro Esquinas del Municipio de Sasaima y Vereda Balsal del Municipio de Villeta (Cundinamarca)*”, se busca conectar a un promedio de 128 suscriptores más, 82 en el municipio de Sasaima y 46 en el municipio de Villeta, de tal manera que en total el acueducto contaría con 3946.5 usuarios para el año 2017.

6.2 Componentes del sistema

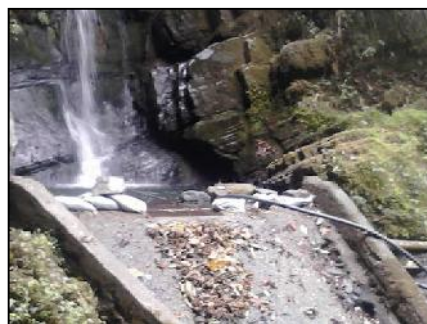
6.2.1 Fuente de abastecimiento hídrico

El acueducto cuenta con una concesión de aguas otorgada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, a través de la Resolución 794 del 22 de febrero de 2006. El caudal otorgado fue de 6,5 L/seg para uso doméstico, sobre la quebrada Los Cajuches que más adelante se convierte en el río Gualivá, por un término de 10 años, de acuerdo con los diseños realizados en su momento por el Comité de Cafeteros de Cundinamarca. La captación del agua se realiza sobre inmediaciones de la vereda La Candelaria del municipio de Sasaima.

Por lo anterior, el Acueducto Acualimonal actualmente se encuentra realizando las gestiones necesarias, ante la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, para la ampliación del caudal requerido por el nuevo diseño de la Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. ESP.

6.2.2 Captación

La derivación del caudal hacia el sistema de acueducto de Acualimonal, se realiza por medio de una bocatoma de fondo que opera por gravedad construida hace 22 años, no presenta problemas de colmatación y se encuentra en buen estado funcional, conduce el agua a una cámara de derivación por una tubería de 4" ubicada a 18 m la cual cuenta con vertedero de excesos que son conducidos al cauce de la quebrada Los Cajuches.



Fotografía 1 Bocatoma. Fuente: Archivo Acueducto Acualimonal, 2014.

Sitio de captación	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)
	Este	Norte	
Quebrada Los Cajuches	967995.2722	1035579.3649	2012

Tabla 10 Descripción técnica de puntos de abastecimiento de agua. Fuente: Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. ESP, 2013.

El sistema cuenta con un tanque desarenador, medidas aproximadas de 2,50 metros de ancho por 12 metros de largo y 2 metros de profundidad. El tanque se encuentra en malas condiciones, la existencia de grietas causa el escape de agua captada anteriormente, adicionalmente las condiciones generales del tanque no permiten la adecuada remoción de partículas transportadas desde la fuente de captación. Como medida de emergencia se utiliza un bypass que garantiza el flujo de agua hacia la planta de tratamiento en las mismas condiciones en las que fue captada.



Fotografía 2 Desarenador. Fuente: Archivo Acueducto Acualimonal, 2014.

6.2.3 Planta de tratamiento y redes

La planta de tratamiento cuenta con dos tanques de almacenamiento, uno de 50 m³ y otro de 70 m³, se estima que dicha capacidad instalada sería suficiente para la atención de 1.200 suscriptores. A la salida de la planta de tratamiento se cuenta con un tanque de almacenamiento de agua filtrada. El sistema no cuenta con macromedidores.



Fotografía 3 Planta de tratamiento de Agua Potable Fuente: Propia, 2015.

El sistema cuenta con once tanques de almacenamiento distribuidos en las veredas en las cuales se presta el servicio, en cuanto a la red de conducción esta cuenta con cámara de quiebre y se han venido instalando sistemas de ventosa.

6.3 Estado de cumplimiento de la Ley 142 de 1994

La evaluación del estado de cumplimiento de la Ley 142 de 1994, Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones, se realizó con base en los parámetros exigidos en Matriz de Evaluación de los Indicadores Objetivos del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, la cual mide a las empresas de servicios públicos en cinco aspectos a saber:

6.3.1 Institucionales y legales

El acueducto se encuentra debidamente legalizado, ya que este aporta todos los documentos requeridos:

- Certificado de Cámara de Comercio.
- Registro Único Tributario con NIT: 832005342-5.
- Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos RUPS, avalado por la Superservicios.

- Concesión de aguas otorgada por el antiguo INDERENA, a través de la Resolución 094 del 3 de marzo de 1989.
- Libros de actas y de contabilidad registrados ante Cámara de Comercio.



Fotografía 4. Oficina de atención de peticiones, quejas y reclamos.

Además de contar con la Oficina de atención de peticiones, quejas y reclamos, cuenta con los siguientes documentos y programas:

- Estudio de viabilidad
- Estudios de costos y tarifas servicio de acueducto, conforme a la metodología tarifaria de la Resolución CRA 287 de 2004.
- Sistema de Control Interno
- Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua
- Programa permanente de Control de Pérdidas y Agua no Contabilizada

6.3.2 Comercial

El acueducto tiene debidamente legalizado su Contrato de Condiciones Uniformes con cada usuario del acueducto, adicionalmente cuenta con el censo de suscriptores y usuarios.

El acueducto Acualimonal trabaja con el Software INTEGRIN, el cual permite manejar diferentes sistemas, entre los que se encuentra el Comercial, y dentro de este se manejan los aspectos de.

- Catastro de Usuarios.
- Facturación según la Ley 142 de 1994.
- Mecanismos de registro de consumo
- Tarifas del servicio

- Actualización automática de tarifas
- Mecanismos de PQRS
- Procedimientos de recaudo
- Procedimiento de cobranza

Así pues, para el caso específico del censo de usuarios, el sistema comercial permite llevar cada una de las fichas de los suscriptores, la cual contiene los campos de:

- Código del suscriptor
- Nombre y Apellido
- No. de cedula o NIT
- Dirección
- Ruta
- Sector
- Red
- Número del medidor
- Estado del medidor

De igual manera, se consolidó el listado de los nuevos usuarios que serán conectados a partir de las obras que actualmente se están realizando en campo, por tanto el universo de suscriptores del acueducto Acualimonal se presenta en la Tabla 11:

ACTUALES			
Alcaldía	No. de Suscriptores		
	Residenciales	Comercial e Industrial	Oficial
Sasaima	469	12	7
Villeta	145		
La Vega	135		
Total	749	12	7
Total	706		
SUSCRIPTORES PROYECTADOS			
Sasaima	82	0	1
Villeta	46	0	0
La Vega	0	0	0
Total	128	0	1
Total	129		
Total Acualimonal			877

Tabla 11 Suscriptores Acueducto Acualimonal..

Adicionalmente cuenta con el Programa de instalación y/o reposición de medidores que han cumplido su vida útil y con el Procedimiento para crítica de lecturas y revisión previa.

6.3.3 Administrativa

Los órganos de dirección y administración de la Asociación son la Asamblea General, posteriormente esta la Junta Directiva y como representación de ella está el Administrador. A continuación se presenta el Esquema Organizacional de la Asociación:



FIGURA 8 Organigrama Acueducto Acualimonal Fuente: Archivo Acueducto Acualimonal.

La Asamblea General es el organismo máximo de dirección de la Asociación de Usuarios, está integrada por los suscriptores legalmente registrados y en las condiciones definidas en los estatutos.

El acueducto cuenta con los Manuales de funciones por cargo y el Manual de procedimientos, adicionalmente sus empleados se encuentran afiliados al régimen de seguridad social.

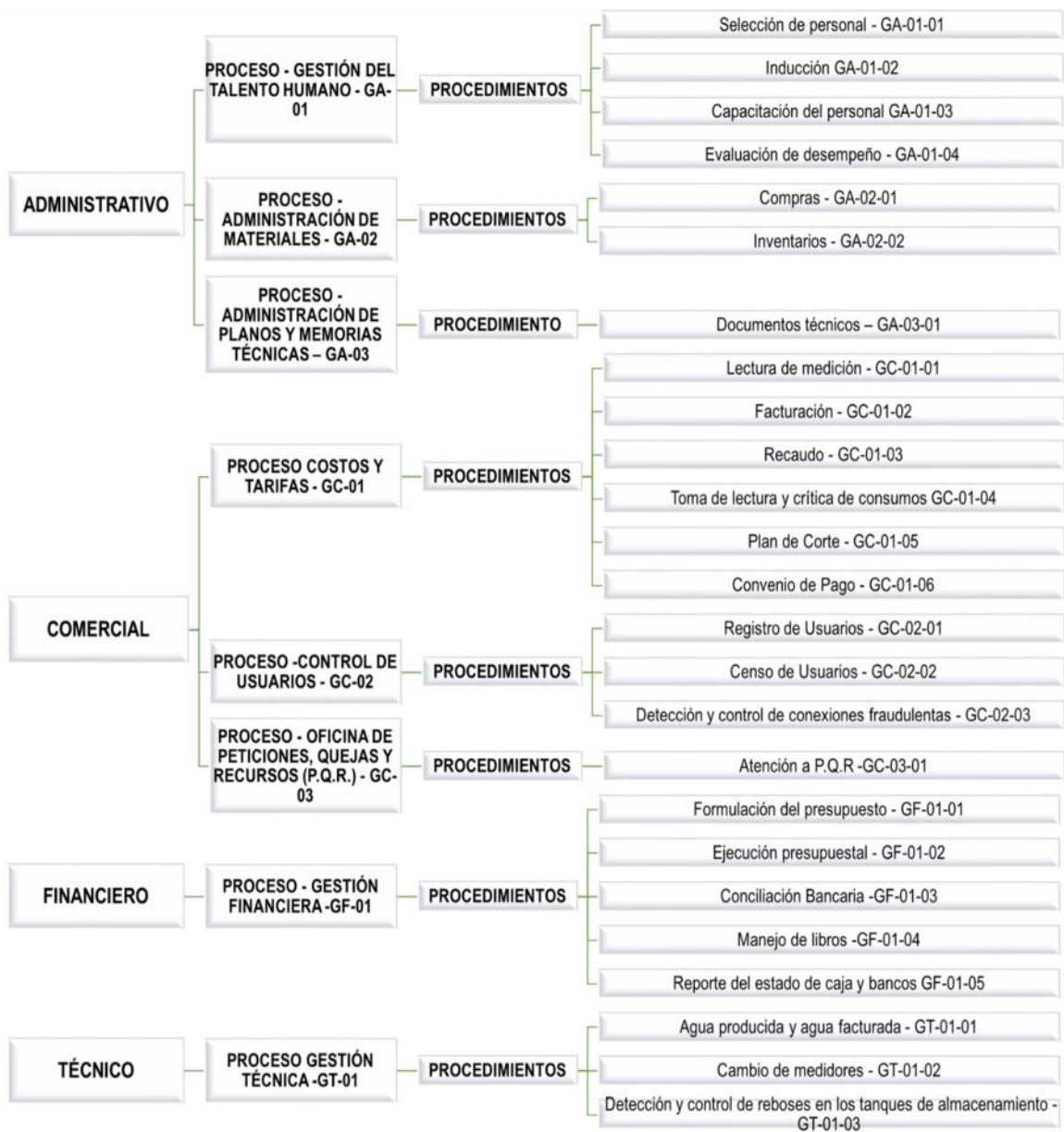


FIGURA 9 Manual de Procesos y Procedimientos. Fuente: Manual de procedimientos, 2015.

6.3.4 Financiera

El acueducto tiene contratada una contadora pública, quien es la persona encargada de llevar toda la contabilidad de la asociación y con ello atender los requerimientos de la DIAN y la Superservicios, como muestra de ello en la Figura 10 se puede observar el reporte del PUC anual del 2013, debidamente validado y certificado por la Superintendencia de

Servicios Públicos Domiciliarios, lo cual señala que el Acueducto Acualimonal si ha implementado el plan de contabilidad, establecido Resolución SSPD 20051300033635 del 28 de diciembre de 2005 y lo ha reportado al SUI, según lo dictado por el Artículo 10.2.1.3 de la Resolución Compilatoria SSPD 20101300048765 del 14 de diciembre de 2010.

ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO REGIONAL ACUALIMONAL Resumen de la información enviada para el año 2013 Fecha de certificación: 2014-07-22 00:00:00.0						
CODIGO	SALDOS SIN AJUSTE POR INFLACION			SALDOS CON AJUSTE POR INFLACION		
	Cuenta Cte.	Cuenta NO Cte.	Total Cuenta	Cuenta Cte.	Cuenta NO Cte.	Total Cuenta
ACTIVOS						
1	30,296,726.00	10,932,447.00	41,229,173.00	.00	.00	.00
11	1,001,400.00	.00	1,001,400.00	.00	.00	.00
14	26,251,100.00	.00	26,251,100.00	.00	.00	.00
15	3,044,226.00	.00	3,044,226.00	.00	.00	.00
16	.00	10,837,447.00	10,837,447.00	.00	.00	.00
19	.00	95,000.00	95,000.00	.00	.00	.00
PASIVOS						
2	15,507,003.00	2,871,878.00	18,378,881.00	.00	.00	.00
24	15,507,003.00	.00	15,507,003.00	.00	.00	.00
25	.00	.00	.00	.00	.00	.00
27	.00	2,871,878.00	2,871,878.00	.00	.00	.00
PATRIMONIO						
3	.00	22,850,292.00	22,850,292.00	.00	.00	.00
32	.00	22,850,292.00	22,850,292.00	.00	.00	.00

Estado de resultados

INGRESOS Y EGRESOS						
4	.00	.00	105,217,681.00	.00	.00	.00
5	.00	.00	21,736,506.00	.00	.00	.00
COSTOS DE VENTAS Y OPERACIÓN						
6	.00	.00	75,596,573.00	.00	.00	.00
COSTOS DE PRODUCCIÓN						
7	.00	.00	.00	.00	.00	.00
CUENTAS DE ORDEN DEUDORAS						
8	.00	.00	180,500,000.00	.00	.00	.00
CUENTAS DE ORDEN ACREEDORAS						

FIGURA 10 Reporte del formato Plan de contabilidad para entes prestadores de servicios públicos.
Fuente: Reporte estados financieros Anual 2013 Acueducto Acualimonal – SUI, 2015.

Como se señaló en el punto 6.2.1.1.6 Implementación del PUC, el acueducto actualmente lleva ordenadamente su contabilidad y esta es reportada a través del SUI de la Superservicios, de manera anual y semestral, desde el año 2003, dando así cumplimiento

a la Resolución SSPD 20051300033635¹ del 28 de diciembre de 2005 y el Artículo 10.2.1.3 de la Resolución Compilatoria SSPD 20101300048765 del 14 de diciembre de 2010.

6.3.5 Operativo

Dentro de los aspectos operativos, Acualimonal demostró contar con todos los planos de la infraestructura en general y en detalle como bocatoma, PTAP, tanque de almacenamiento, desarenador y redes de distribución. Además del Manual para el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas, el programa permanente para vigilar, inspeccionar y limpiar la cuenca abastecedora y un cuarto de herramientas ubicado en las instalaciones de la planta potabilizadora, donde guarda diferentes herramientas, tubería y accesorios para hacer el mantenimiento de los daños presentados a lo largo del acueducto.



Fotografía 5 Salón de herramientas del Acueducto Acualimonal Fuente: Consorcio Acueducto Sasaima, 2015.

¹ Por la cual se actualiza el Plan de Contabilidad para Prestadores de Servicios Públicos Domiciliarios y el Sistema Unificado de Costos y Gastos por Actividades que se aplicará a partir del 2006.

6.3.6 Técnico

Dentro de los aspectos técnicos el acueducto está trabajando en la implementación de los Procedimientos para administración de planos y memorias técnicas, y adicionalmente demostró que sus operarios de planta han sido capacitados por el SENA.



FIGURA 11 Diploma SENA fontanero Acueducto Acualimonal Fuente: Archivo Acueducto Acualimonal, 2013.

6.3.7 Resultado de la evaluación

Como resultado de la evaluación se pudo obtener que el acueducto Acualimonal, cumplió con 985 puntos de 1000 posibles, lo cual señala que el prestador cumple ampliamente con los requisitos exigidos por la Ley 142 de 1994 y está facultado para prestar servicios públicos domiciliarios (Tabla 12).

AREA INSTITUCIONAL Y LEGAL	300
AREA ADMINISTRATIVA	100
AREA COMERCIAL	200
AREA FINANCIERA	150
AREA OPERATIVA	165
AREA TECNICA	70
TOTAL CALIFICACION	985

Tabla 12 Resultado Matriz IVOs.

7. Análisis de la operación de la PTAP

El sistema de potabilización para el proyecto Acualimonal, está compuesto por una planta de tratamiento de agua potable PTAP de tipo convencional construida en concreto reforzado y mampostería para cada uno de los procesos de tratamiento se presenta su análisis y conclusiones, de acuerdo con la norma RAS 2000 y sus actualizaciones.

7.1 Caudal

El caudal que trata la planta de tratamiento es de 6,6 litros por segundo, que corresponde con 570 m³/d.

Consumo Per cápita:	90 l/hab-dia
Número de usuarios actuales	480 Usuarios
Número de personas que integran el núcleo familiar	5 Personas
Población total servida actual	2400 Hab
Población proyectada a 25 años	3482 Hab
Nivel de Complejidad según RAS 2000	BAJO
Numero de servicios 696	Usuarios
Dotación Bruta:	120 l/hab-dia
Pérdidas Técnicas	25 %
Consumo medio diario qmd = (captación)	4,84 l/s
Consumo Máximo Diario QMD= (aducción y conducción)	6,29 l/s
Consumo Máximo Horario QMH = (Tanque y distribución)	10,06 l/s
Consumo interno de la Planta sobre el QMD	0,31 %
CAUDAL FINAL DE DISEÑO QUE SE ASUME PARA LA PTAP	6,60 l/s

7.2 Aforo y Mezcla Rápida:

Para aforo y mezcla rápida del coagulante existe una canaleta Parshall de 2 pulgadas (5,08 cms) de garganta. Como se observa en la tabla No. 13, las dimensiones de la estructura no corresponden a las dimensiones convencionales para aforo de caudal, por tanto la canaleta requiere calibración y deducción de la expresión correspondiente para el cálculo del aforo.

La mezcla rápida que se implementa en el resalto hidráulico, evidencia condiciones no satisfactorias, lo que se observa en la deficiencia en la disolución del coagulante, por mezcla incompleta.

Tabla 13 Evaluación Aforo y Mezcla Rápida

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES OPERACIÓN DE LA PTAP ACUALIMONAL					
MUNICIPIO DE SASAIMA CUNDINAMARCA					
AFORO Y MEZCLA RAPIDA					
COMPONENTE		CANALETA PARSHALL			OBSERVACIONES
PARAMETRO DE EVALUACIÓN	SISTEMA INSTALADO	RAS 2000	EVALUACION		
1	Caudal de Diseño Con Almacenamiento	6,6 l/s	6,6 l/s	CUMPLE	De acuerdo con: RAS - C.1.4.1. Dotación y caudal de Diseño, Se verificó la capacidad de la planta y encontró acorde con la proyección de población.
2	Altura del Agua / Ancho Canaleta Ha/W	3,000	0,4 a 0,8	NO CUMPLE	La geometría de la Canaleta instalada no está calibrada con el modelo tabulado para este dispositivo Hidraulico.
3	Velocidad minima Garganta	2 m/s	0,16 m/s	NO CUMPLE	La velocidad es muy baja lo que no beneficia el funcionamiento hidraulico que se busca para la mezcla rápida
4	Velocidad Minima del Efluete	0,75 m/s	0,12 m/s	NO CUMPLE	Los parametros hidraulicos evaluados no corresponden con el criterios sugeridos para el caudal y geometría de la Canaleta Parshall en este caso, lo cual no facilita la mezcla rapida ni las mediciones reales de caudal
5	Ancho de Garganta "W"	0,060 m	0,050 m	CUMPLE	Diferencia probable por el desgaste desde la Fabricación del elemento.
6	Sumergencia "S"	0,121	< 0,60	CUMPLE	Relación de Alturas h_b vs h_a
7	Relación Ha/W	3,000	0,4 - 0,8	NO CUMPLE	La turbulencia del resalto no penetra completamente la lamina de agua, pudiendo quedar el coagulante en la parte inferior sin mezclarse adecuadamente.
8	Numero de Froude	1,830	(1,7 a 2,5) o (4,5 a 9)	CUMPLE	Beneficia la estabilidad del resalto hidraulico y por tanto la mezcla del coagulante.
9	Ancho Camara de Entrada "D"	0,38 m	0,57 m	NO CUMPLE	La variación en la geometría de la canaleta produce cambio en la medición del caudal.
10	Longitud de Canal Entrada a Garganta "A"	0,45 m	0,879 m	NO CUMPLE	La variación en la geometría de la canaleta produce cambio en la medición del caudal.
11	Longitud de Canal Salida Garganta "G"	0,4 m	0,457 m	NO CUMPLE	La variación en la geometría de la canaleta produce cambio en la medición del caudal y cambio en el comportamiento hidraulico.
12	Clasificación de Resalto	DÉBIL	----	----	Se espera un resalto Fuerte que beneficie la mezcla.
13	Longitud del Resalto	0,4 m	0,46 m	NO CUMPLE	La variación en la geometría de la canaleta produce cambio en la medición del caudal y cambio en el comportamiento hidraulico.

Observaciones: Debe efectuarse ajuste y calibración de la canaleta.

7.3 Floculación

Para el efecto existen dos estructuras paralelas correspondientes a Floculadores hidráulicos de flujo horizontal con 34 canales cada uno, constituidos por tabiques acrílicos. En la tabla 14 se presentan los resultados de la evaluación del proceso de floculación. Aunque los floculadores cumplen con los criterios de velocidad de flujo y gradiente de velocidad, el tiempo de retención es menor del valor recomendado de 20 minutos.

Estas estructuras y sus paneles acrílicos evidencian falta de mantenimiento, existen láminas curvadas que permiten el paso de agua por la parte inferior entre ellas, sin cumplir con el recorrido horizontal esperado lo que afecta el tiempo de retención y la mezcla lenta esperada. Alrededor de 25 de ellas requieren cambio inmediato y ajuste en la fijación.

Tabla 14 Evaluación Floculadores de Flujo Horizontal

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES OPERACIÓN DE LA PTAP ACUALIMONAL					
MUNICIPIO DE SASAIMA CUNDINAMARCA					
FLOCULADORES DE FLUJO HORIZONTAL					
COMPONENTE	FLOCULACION			OBSERVACIONES	
PARAMETRO DE EVALUACIÓN	SISTEMA INSTALADO	RAS 2000	EVALUACION		
1	Caudal	6,6 l/s	6,6 l/s	CUMPLE	Repartido en dos Floculadores. El caudal que ingresa a la planta es el tratado por el sistema, incluye el agua requerida en la operación.
2	Velocidad Promedio	0,18cm/s	0,1 - 0,6 cm/s	CUMPLE	Velocidad medida empíricamente con trazador químico en un día típico de operación.
3	Gradiente	68	20 a 70 s ⁻¹	CUMPLE	Calculando con velocidades tomadas en campo.
4	Longitud en Metros Canales	121 m	180 m	NO CUMPLE	Lo que representa un menor tiempo de detención dentro de la estructura
5	Tiempo de detención	20 a 40 min	15	NO CUMPLE	En la actualidad y con el caudal que opera la planta el sistema trabaja con tiempos cortos de detención. De ahí que visualmente se observa floc llegando al canal de recolección.
6	Numero de tabiques	78	116	NO CUMPLE	La longitud de los canales de Floculadores debería ser mayor y pasar de 4,0 metros en la actualidad a 5,95 metros de longitud o tener un compartimiento adicional

Observaciones: El proceso de Floculación requiere ajuste y calibración para cumplir con parametros técnicos

7.4 Sedimentación

Para la sedimentación están dispuestos dos tanques de alta tasa, mediante el empleo de paneles de tuberías hexagonales de 60 cms, distribuidas en compartimientos paralelos a los cuales llega el agua por un canal de recolección que la distribuye a las dos estructuras de 2,50 metros de ancho por 2,00 metros de larga y altura de 1,70 metros. Los resultados del análisis de operación de sedimentación se presentan en la tabla 15.

Tabla 15 Evaluación Sedimentadores de Alta Tasa

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES OPERACIÓN DE LA PTAP ACUALIMONAL					
MUNICIPIO DE SASAIMA CUNDINAMARCA					
SEDIMENTADORES DE ALTA TASA					
COMPONENTE	SEDIMENTACION			OBSERVACIONES	
PARAMETRO DE EVALUACIÓN	SISTEMA INSTALADO	RAS 2000	CUMPLE - NO CUMPLE		
1	Caudal	6,6 l/s	6,6 l/s	CUMPLE	<p>Cuenta con dos sedimentadores de alta tasa. El caudal que ingresa a la planta es el tratado por el sistema, incluye el agua requerida en la operación.</p> <p>LA RELACIÓN DEL CUADAL Y EL AREA EFECTIVA DE SEDIMENTACION CORRESPONDEN CON LA TEORIA DE LA LATA TASA</p> <p>EL NUMERO DE REYNOLDS PARA ESTE TIPO DE SEDIMENTADORES PUEDE SER INFERIOR A 500, SE RECOMIENDA EL PARAMETRO DEL RAS 2000 Y AUN CUMPLE PARA LA CONDICION DE FLUJO LAMINAR</p> <p>PARA EL TIPO DE FLUJO QUE SE OBSERVA EN LA ESTRUCTURA Y LA CANTIDAD DE PANELES DE TUBERIA HEXAGONAL, EL TIEMPO ES ADECUADO</p> <p>LAS DIMENSIONES CORRESPONDE A UN SEDIMENTADOR DE ALTA ATA</p> <p>LAS DIMENSIONES CORRESPONDE A UN SEDIMENTADOR DE ALTA ATA</p> <p>EL MANTENIMIENTO ES MUY PRECARIO, LA CALIDAD DEL AGUA ES MUY BUENA Y POR ELLO NO SE EVIDENCIA LA DEFICIENCIA DE OPERACIÓN</p> <p>SE RESALIA QUE UNA VEZ COAGULADA EL AGUA, LA EFICIENCIA DE LA SEDIMENTACION OFRECE UNA MUY BUENA CALIDAD DE AGUA TRATADA.</p>
2	Carga Superficial	146 m ³ /m ² /d	120 a 185 m ³ /m ² /d	CUMPLE	
3	Numero de Reynolds	116	Re < 250	CUMPLE	
4	Tiempo de Detención en Tubos	10	10 < Ts < 15min	CUMPLE	
5	Caudal por Tubo/longitud de tubos recolectores	1,585	Según el CEPIS (2004) q/m<3 L/s-m	CUMPLE	
6	Carga en condiciones normales de operación (m)	6,74	Entre 5 a 10 cm	CUMPLE	
7	Extracción de Lodos	Continua	Esporádica	NO CUMPLE	
8	Numero de unidades Nivel de Complejidad Bajo	> 2	2	NO CUMPLE	

Observaciones: Los parameros indican que debe fortalecerse la capacidad de sedimentación.

7.5 Filtración

El sistema está compuesto por cuatro filtros rápidos, de sección cuadrada de 0,95 metros de lado y 3 metros de profundidad, con mantos de grava, arena y antracita tal y como lo indica la tabla No. 16.

Tabla 16 Evaluación Filtros Rápido descendentes

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES OPERACIÓN DE LA PTAP ACUALIMONAL					
MUNICIPIO DE SASAIMA CUNDINAMARCA					
FILTROS RAPIDOS DESCENDENTES					
COMPONENTE		FILTRACION RAPIDA			OBSERVACIONES
PARAMETRO DE EVALUACIÓN	SISTEMA INSTALADO	RAS 2000	CUMPLE - NO CUMPLE		
1	Caudal	6,6 l/s	6,6 l/s		Repartido en cuatro filtros rápidos de 0,95 mts de lado, sección cuadrada.
2	Velocidad de Filtración	158 m/d	300 m/d	CUMPLE	El medio filtrante es muy generoso y ello afecta la velocidad. La evaluación en sitio del funcionamiento de filtros muestra eficiencia por el resultado del efluente, la calidad del Afluente generalmente es muy buena.
3	Profundidad de la Cama	1,55 m	0,60 - 1,80 m	CUMPLE	Los filtros estan compuestos por arena y antracita que disponen para cada filtro y hay perdida constante del medio.
4	Drenaje	Falso Fondo	Falso Fondo	CUMPLE	Existen pero fue imposible inspeccionarlos.
5	Lavado	No Existe	Invirtiendo Flujo	NO CUMPLE	No hay proceso de retrolavado de los filtros, que son descendentes. Luego del paso por los medios se hace una purga en el fondo de cada filtro, no obstante las particulas atrapadas en las capas superiores del medio no son removidas.
6	Pérdida de Carga	70 cms	30 a 270 cms	CUMPLE	La medición arroja una perdida de carga en el sistema esta dentro de las condiciones esperadas de funcionamiento.
7	Tiempo Entre Limpieza	No Existe Funcional	24 - 48 - 72 Horas	NO CUMPLE	No está regulado y se efectúa a criterio del operario simplemente dejando salir agua en la parte baja.
8	Cantidad de Agua Usada en el Lavado	3%	1 - 6 %	CUMPLE	La evaluación de esta actividad se hizo por testimonio del operador y depende de su criterio
9	Turbiedad y Color de Efluente	5	< 5 UT 80% del t	CUMPLE	La calidad del agua durante la mayor parte del tiempo es organolepticamente excelente y en ese sentido no se encuentran problemas de turbiedad y/o color, no obstante en epocas de lluvias se observan picos elevados que son manejados de forma subjetiva por el operarios, no hay laboratorio adecuado que mida turbiedad, color y alcalinidad.

Observaciones: El sistema de filtración debe ser optimizado.

7.6 Desinfección

Se realiza a través de la inyección de cloro gaseoso mediante equipo estandarizado y certificado, cuenta con mantenimiento preventivo por el proveedor e instrucciones de operación. La evaluación del sistema de desinfección se presenta en la tabla 17.

La operación es muy sencilla y la dosificación del cloro se hace de acuerdo con los análisis efectuados pero no ha tenido cambios ni ajustes en los últimos meses. El cumplimiento de la norma en los diferentes análisis efectuados indica que el agua tratada ofrece un resultado catalogado como “aceptable” a la luz de la norma técnica vigente, se anexa cuadro resumen comparativo.

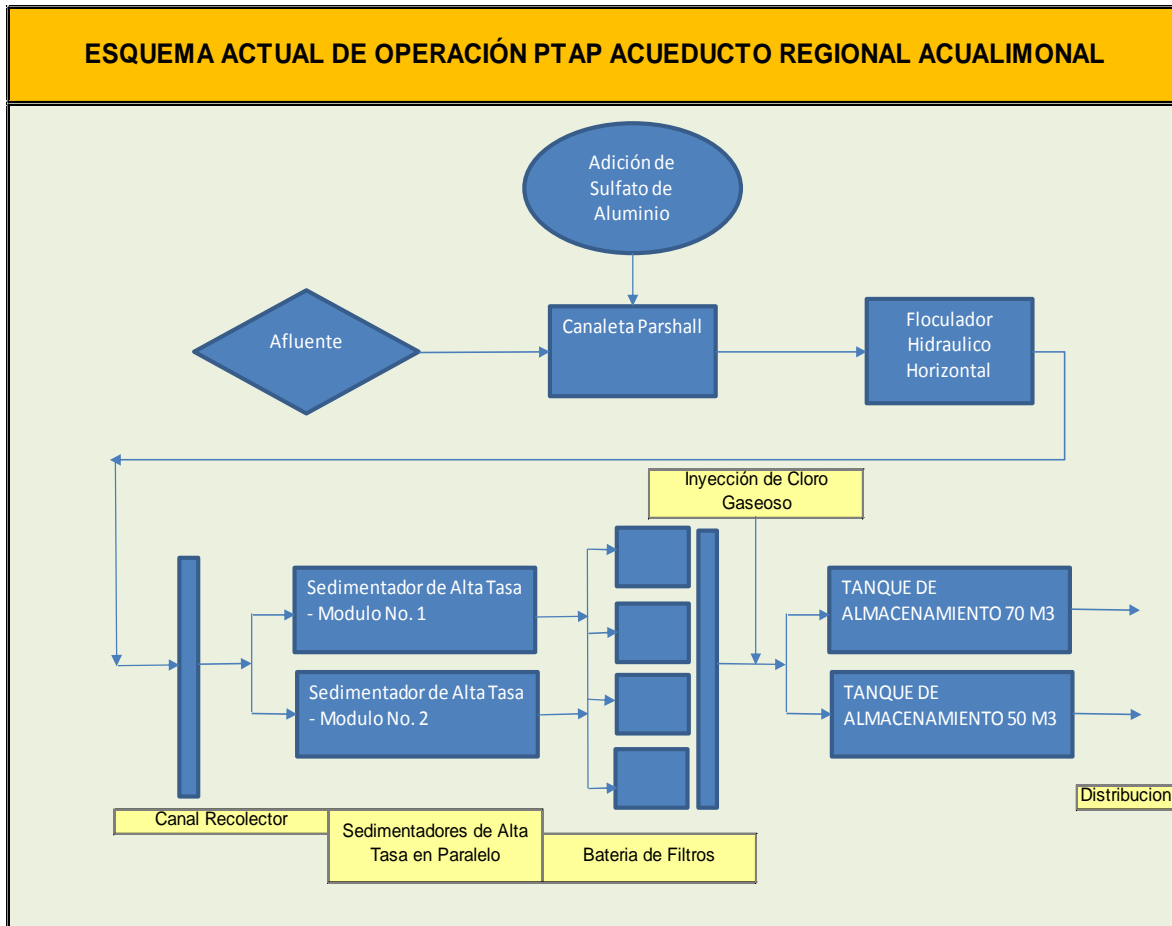
Tabla 17 Evaluación Sistema Cloración

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES OPERACIÓN DE LA PTAP ACUALIMONAL					
MUNICIPIO DE SASAIMA CUNDINAMARCA					
EVALUACION SISTEMA DE INYECCION DE CLORO GASEOSO					
COMPONENTE		DESINFECCION			OBSERVACIONES
PARAMETRO DE EVALUACIÓN	SISTEMA INSTALADO	RAS 2000	CUMPLE - NO CUMPLE		
1	Caudal	6,6 l/s	6,6 l/s		Caudal del efluente tratado que se almacena en el Tanque correspondiente.
3	Cloro Residual	NO SE EFECTÚA	0,2 a 1,0 mg / L	NO CUMPLE	NO EXISTE CONTROL DEL PARAMETRO POR FALTA DE EQUIPOS DE MEDIDA DE CLORO RESIDUAL
4	Estado	Gas	Gas/Liquido	CUMPLE	
5	Color	Verde	Verde	CUMPLE	
6	Peso Especifico	2,48	2,48	CUMPLE	Sistema de Cloracion de tipo gaseoso marca SUPERIOR
7	Cloro Disponible	99,80%	99,80%	CUMPLE	
8	Presentación	Cilindro	Cilindro	CUMPLE	

Observaciones: El sistema de desinfección es el unico proceso tecnificado y con mantenimientos preventivos regulares por parte del proveedor.

7.7 Control de Operación

En la Grafica 1 se ilustra la conformación de la PTAP



La Planta de Tratamiento evaluada, requiere control de Turbiedad, Color, Alcalinidad, pH, nitritos, cloruros, hierro, dureza y cloro residual para ello debe adquirir los equipos y reactivos necesarios para ajustar las condiciones de operación y dosificaciones químicas.

La geometría de la Canaleta Parshall no es estándar y por tanto debe ser calibrada ajustada con las expresiones que indiquen la medida correcta de caudal, de mismo modo, el operador debe determinar las dosis de coagulante mediante el ensayo de jarras.

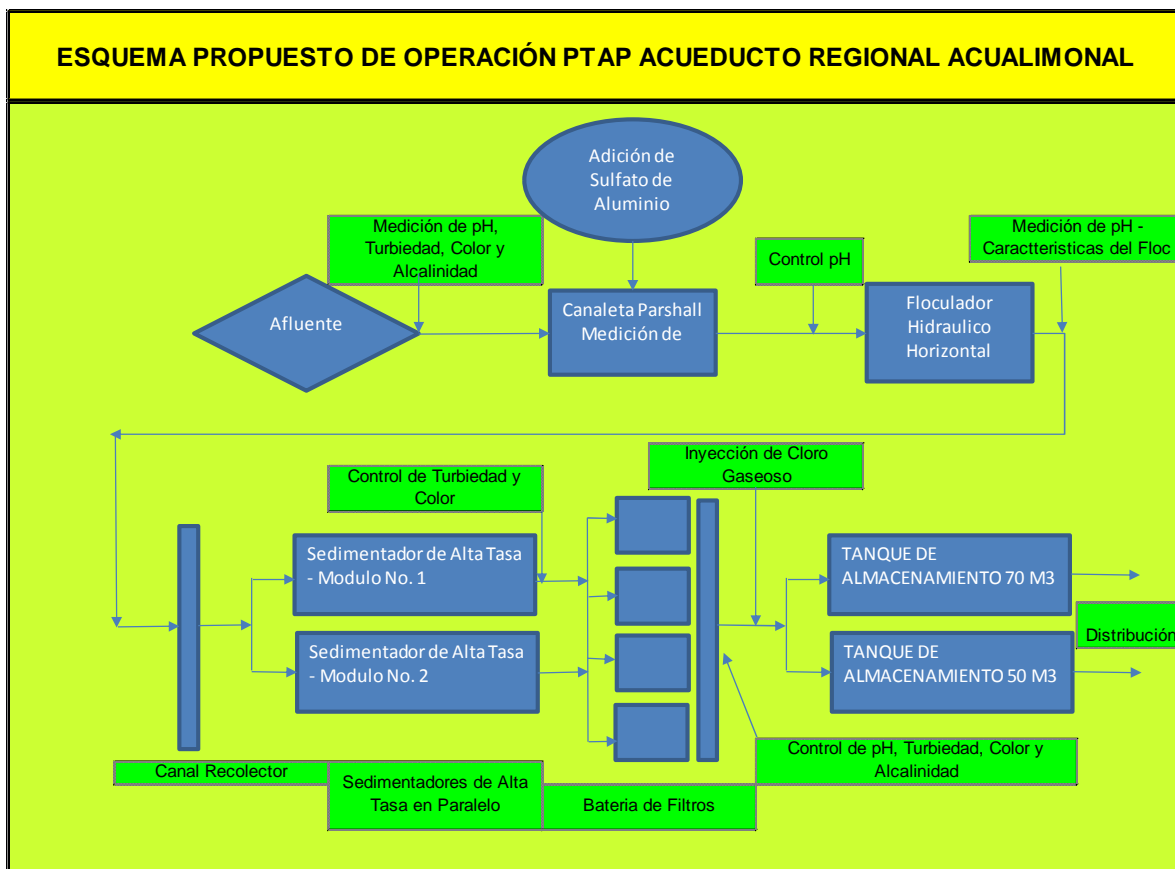
Es necesario se instale un equipo de bombeo que permita impulsar el agua filtrada desde el tanque de almacenamiento a un depósito elevado que permita hacer retro lavados por

inversión del flujo en cada uno de los filtros, recoger superficialmente este efluente y conducirlo al desagüe de la planta.

Es necesario que el operador del sistema desarrolle un “Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAP” que incluya:

- Descripción textual de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.
- Diagrama de Flujo completo de la planta y sus procesos.
- Guía con procesos de laboratorio para determinar parámetros de calidad de agua.
- Formulario de control para la Coagulación (dosis, pH); Floculación (condiciones); Sedimentación (turbiedad del agua clarificada); Filtración (Color y Turbiedad del agua filtrada, al igual que la perdida de carga en los filtros y la carrera de filtración); agua de lavado (cantidad y duración) y Cloración (dosis, consumo, cloro residual).

En la Gráfica 2 resume los controles requeridos para la operación de la PTAP:



En la Tabla 18 se incluyen los los análisis realizados por la secretaria de Salud del Departamento de Cundinamarca para el agua tratada.

Tabla 18 Características de Calidad del agua

PARÁMETRO	VALOR REPORTADO EN LA OPERACION	VALOR ADMISIBLE RESOLUCIÓN 2115 DE 2007
pH	7,48	6,5-9,0
Olor y Sabor	Aceptable	Aceptable
Color verdadero(U.P.C)	5,0 UPC	15
Turbiedad (U.N.T)	0,11 NTU	2
Conductividad (/cm)	167 $\mu\Omega/cm$	50-1000
Acidez Total (mg CaCO ₂ /L)		50
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	61 mg/L	200
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	76 mg/L	300
Cloruros (mg CL/L)		250
Fosfatos (mg PO ₄ ⁻³ /L)	0,19 mg/L	0,5
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	29 mg/L	250
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,08 mg/L	0,1
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,5 mg/L	10
Calcio (mg/L)	15,6 mg/L	60
Hierro (mg/L)	0,30 mg/L	0,3
Aluminio (mgAl/L)	0,03 mg/L	0,2

Como se observa en la tabla 18 la planta de tratamiento produce agua de calidad para el consumo humano.

8. Conclusiones

1. La PTAP Acualimonal es una planta de tipo convencional con aforo y mezcla rápida en canaleta Parshall, dos floculadores hidráulicos de flujo horizontal, dos sedimentadores de tasa alta, cuatro filtros rápidos descendentes de medio dual y sistema de desinfección con cloro gaseoso.
2. La canaleta Parshall requiere calibración para el aforo del caudal afluente.
3. Los tanques de floculación requieren mantenimiento de los paneles acrílicos.
4. Es necesario escribir por el operador el manual de operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento.
5. Se recomienda evaluar técnicamente el sistema de lavado de los filtros para su eventual optimización.
6. Los análisis realizados a la calidad del agua tratada indican que la PTAP produce agua de calidad aceptable para el consumo humano.

9. Bibliografía

CMGRD, C. M. (31 de 08 de 2012). *Centro de Documentación e información de Gestión del Riesgo de Desastres.* (J. C. FLORES, Ed.)
doi:<http://cedir.gestiondelriesgo.gov.co/dvd/DVD2/Planes%20Departamentales%20y%20Municipales/Sasaima-Cundinamarca-jpg/PMGRD%20MUNICIPIO%20DE%20SASAIMA%20%20Cundinamarca2012.pdf>

Decreto 1096 Nov, 2. (s.f.). Obtenido de MVCT.

EMPRESAS PUBLICAS DE CUNDINAMARCA EPC. (2013). *CONSULTORÍA PARA LA ESTRUCTURACIÓN Y VIABILIZACIÓN DE PROYECTOS RURALES DEL PLAN DE INVERSIONES DE LOS MUNICIPIOS VINCULADOS AL PDA DE CUNDINAMARCA GRUPO 1 ZONA 1 Y 4.* BOGOTA .

INGEOMINAS. (15 de 08 de 2002). *GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA Cundinet.*
doi:http://cundinet.cundinamarca.gov.co:8092/entregas/LA%20MESA_Plan%20Ordenamiento_2014_Junio/Geolog%C3%ADa.pdf

Romero Rojas, J. A. (2000). *PURIFICACIÓN DEL AGUA.* Bogota, Colombia: Centro Editorial, Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado el 08 de 2016

Secretaria de Infraestructura y Planeación. (2 de Diciembre de 2009). *Sitio Oficial de Sasaima en Cundinamarca.* doi:<http://www.sasaima-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/64636334613365396431636363313038/pot.pdf>

Serna, F. H. (1993). *Acueductos Teoría y Diseño.* Medellín, Colombia: Departamento de publicaciones, Universidad de Medellín.

Sitio oficial de Sasaima en Cundinamarca, C. (02 de Diciembre de 2009). *Alcaldía de Sasaima - Cundinamarca.* doi:<http://www.sasaima-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/64636334613365396431636363313038/pot.pdf>

Wikipedia, <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi <http://www.igac.gov.co/wps/portal>

Archivos Acueducto Acualimonal, 2014

Ley 09 de 1979, Ministerio de Salud

Ley 99 de 1993, Ministerio del Medio Ambiente

Resolución 1096 de 2000, Ministerio de Desarrollo Económico

Resolución 1459 de 2005 modifica Resolución 2115 de 2007

ANEXOS

Anexo No. 1. CÁLCULOS

Condiciones de operación

Las condiciones de operación se evalúan para el caudal de diseño de 6.6 l/s. los cálculos se ilustran en el anexo 1.

Qd=	6,6	(l/s)
	0,0066	(m ³ /s)
Tr=	45	(s)
(30-60s)		
V=	0,297	(m ³)
H=	1	(m)
(1-2m)		
A=	0,2970	(m ²)
L=	0,5450	(m)
	0,45	(m)

Diseño sistema de medición - vertedero rectangular

v=	0,25	(m/s)
b=	0,3000	(m)
H=	0,0523	(m)

$$H = \left(\frac{Q}{1.84 * b} \right)^{2/3}$$

Sin Vertedero:

Q= v*a=	V*b*h		
h=	0,088	(m)	L canal= 0,264 (m)

En la cámara:

A=	0,0264	(m ²)
h'=	0,0587	(m)

Tabulación

h (m)	Q(m/s)
0,0523	0,0066
0,07	0,0102
0,08	0,0125
0,09	0,0149
0,1	0,0175

Diseño Desarenador secundario

REFERENCIA: notas de clase abastecimiento y remoción de aguas caudal de diseño

qd 6,60 (Lps)
Dos unidades de
desarenación

Datos

Partículas a Remover	0,005	(cm)
Temperatura del Agua	21	°C
Grado de Remoción	75,00%	
Viscosidad Cinemática	9,84E-03	(cm ² /s)
Profundidad Útil del Desarenador	1,5	(m)
Peso Específico de la Partícula	2,65	(gr/cm ³)
Deflectores Buenos	1,66	
Relación Largo Ancho	4	1

Al ser Dos desarenadores el Caudal de diseño es:

Qd 3,3 (Lps)
Qd 0,0033 (m³/s)

Velocidad de sedimentación

$$V_s = \frac{g}{18} \cdot \frac{(X_s - X)}{\epsilon} \cdot d^2$$

 0,2284679
Vs 88 (cm/s)
 0,0022846
Vs 8 (m/s)

Tiempo de caída de la partícula

$$t_d = \frac{H}{V_{sc}}$$

 656,54712
td 26 (s) 10,942452 min

Tiempo de retención

Relación /t 1,66
 1089,8682
 24 (s)

0,3027411
73 (h)

Volumen del tanque

$$V = w \cdot Q$$

3,5965651
V 38 (m³)

Área superficial del tanque

$$A = \frac{V}{H} :$$

2,3977100
A 92 (m²)

Comparación del área disponible con la requerida

$$A_r = \frac{Q}{V_{sc}}$$

1,4444036
Ar 7

Chequeando áreas

Área Superficial del Tanque	2,39771009
Área Requerida	1,44440367

Como el área superficial es mayor a la requerida,
cumple

Dimensiones del desarenador

$$L = 4.b ; \quad A = L.b = 4.b.b = 4b^2$$

$$b = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

	0,5994275	
A/4	23	
	0,7742270	
b	49	(m)

Adoptando

Longitud	3,10	(m)
Ancho	0,77	(m)
	0,38711352	
	4	

Zona de entrada

Sugerencias

El ancho esté entre $b/2$ y $b/3$, donde b es el ancho de la zona de sedimentación

El largo debe ser igual o mayor a la longitud de la cresta del vertedero de excesos

La profundidad de la zona de entrada se toma en la mayoría de veces en $H/3$ más la sobrealtura de los muros que es de 0.20 m a 0.30 m para controlar el desbordamiento por oleaje

Tomando	un	
Ancho		
b/3	0,26	(m)
L	1,00	(m)
H	0,75	(m)

Pantalla deflectora

La velocidad de paso por los orificios de la pantalla se supone de 0.20 m/s

Vp	0,2	(m/s)
Ae	0,0165	(m ²)

Suponiendo que los Orificios se Realizarán con un molde circular (tubo) de 6"

Diámetro	1,5	(Pulgadas)
	0,0011400	
a _o	92	(m ²)

Número de Orificios

$$N^{\circ} \text{ Orificios} = \frac{Ae}{a_o}$$

	14,472518	
No. Orificios	44	Orificios
	11	Orificios

Zona de lodos

En la práctica común en el diseño, se toma en la tolva de lodos de 0.40 m a 0.60 m de profundidad respecto de la profundidad útil de la zona de sedimentación. El volumen de la tolva de lodos se recomienda que este alrededor de 0.2 veces el volumen de la zona de sedimentación

Volumen Sedimentador	3,60	(m ³)	
Volumen recomendado Tolva	0,72	(m ³)	Definir pendientes

Se asume profundidad zona de lodos igual a 0,6m

Volumen Real	0,66535651	(m ³)
--------------	------------	-------------------

Zona de salida

Para la salida se empleara un vertedero cuya longitud de cresta es igual al ancho de la zona de sedimentación

Fórmula de Francis

$$Q = 1.84 * b * h^{\frac{3}{2}}$$

	0,0175072	
H	74	(m)
H	1,75	(cm)
Ve	0,2434597	(m/s)

$$X_s = 0.36 * Ve^{2/3} + 0.60 * H^{4/7}$$

	0,1998304	
Xs	15	(m)

Tomamos $X_s = 0,2$ m

Diseño unidad de mezcla rápida

REFERENCIA: NOTAS DE CLASE TRATAMIENTO DE AGUAS Y MANUAL DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

CAUDAL DE DISEÑO

QD 6,6 (Lps)
QD 0,0066 (m³/s)

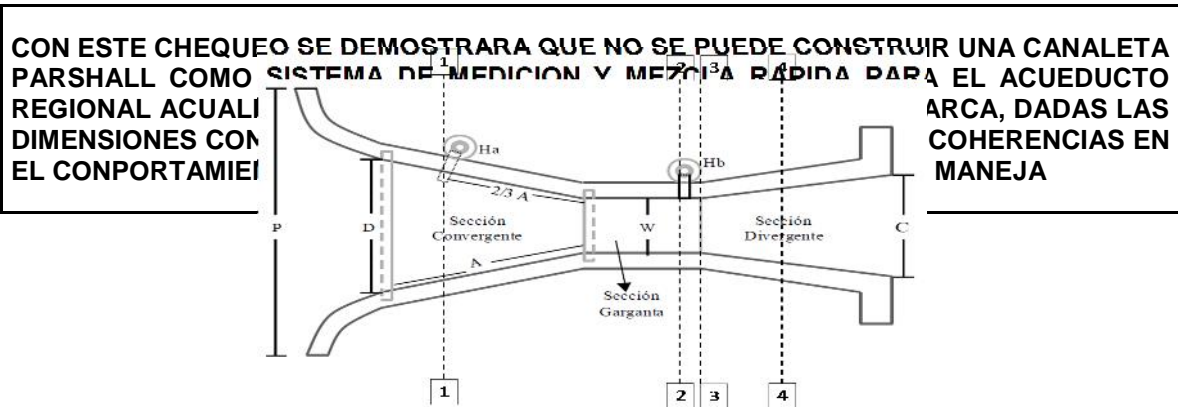
DATOS

Temperatura del

Agua 20 °C

Viscosidad

Cinemática 9,84E-03 (cm²/s)



SECCION 1-1

Aplicando Bernulli

$$E_1 = \frac{V_a^2}{2g} + \varpi_a + Z_1$$

Considerando Ancho de Garganta

W	0,0508	(m)
D	0,38	(m)
W _a	0,27	(m)

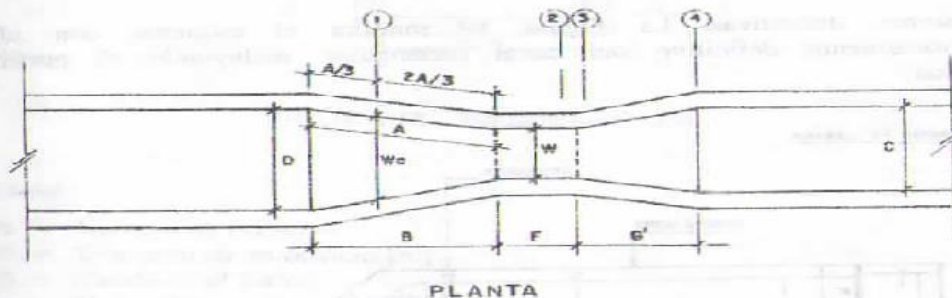
$$W_a = \frac{2}{3}(D - W) + W$$

W	A	a	B	C	D	E	T	G	K	M	N	P	R	X	Y
Dimensiones en mm															
25.4	363	242	356	93	167	229	76	203	19	---	29	---	---	8	13
50.8	414	276	406	135	214	254	114	254	22	---	43	---	---	16	25
75.2	467	311	457	178	259	457	152	305	25	---	57	---	---	25	38
152.4	621	414	610	394	397	610	305	610	76	305	114	902	406	51	78
228.6	879	587	864	381	575	762	305	457	76	305	114	1080	406	51	78
Dimensiones en m															
0.3048	1.372	0.914	1.343	0.610	0.845	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.492	0.508	0.051	0.076
0.4572	1.448	0.965	1.419	0.762	1.026	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.676	0.508	0.051	0.076
0.6096	1.524	1.016	1.495	0.914	1.206	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.854	0.508	0.051	0.076
0.9144	1.676	1.118	1.645	1.219	1.572	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	2.222	0.508	0.051	0.076
1.2192	1.829	1.219	1.794	1.524	1.937	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	2.711	0.610	0.051	0.076

Como aforador, debe trabajar con descarga libre, es decir, que para un ancho de garganta menor que 0,30 m, el grado de sumergencia sea menor que 0.60 m.

Como mezclador rápido debe cumplir con la anterior condición y adicionalmente el gradiente de velocidad debe estar comprendido entre 1.000 y 2.000 s⁻¹.

La Figura 20 presenta un esquema de dicha estructura.



Cálculo de h_a

$$h_{ta} = \frac{n \sqrt[n]{Q}}{\sqrt{C}} \sqrt{\frac{Q}{C}}$$

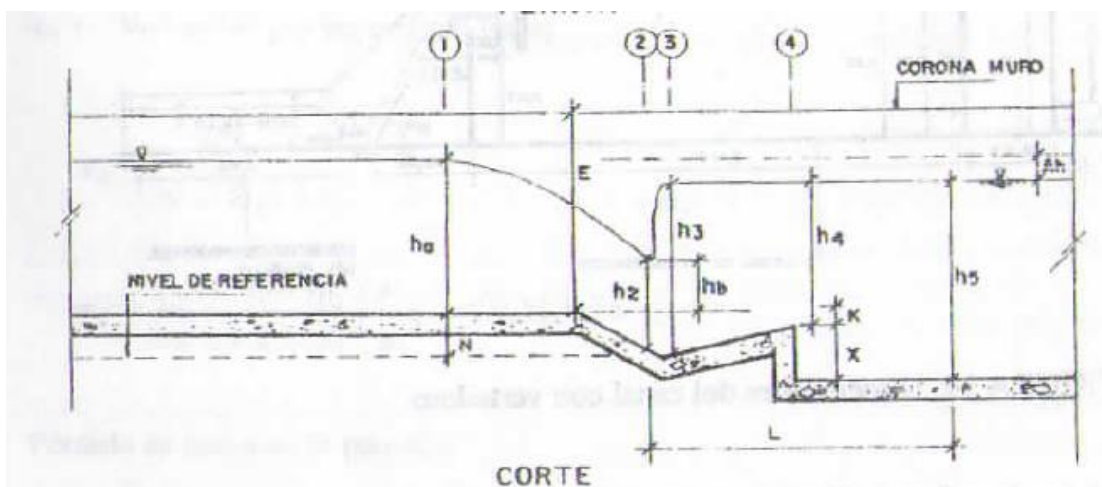
C=	0,002702
n=	1,55
1/n=	0,64516129
h_a	153,3611018 mm
h_a	0,153361102 m

Cálculo de V_a

$$V_a = \frac{Q}{W_a * \Omega_a}$$

V_a	0,159234156 (m/s)
Z_1	0,05 (m)
E_1	0,204653432 (m)

SECCION 2-2 (INMEDIATAMENTE ANTES DEL RESALTO)



$$E_2 = \frac{V_2^2}{2g} + \eta_2$$

$$V_2 = \frac{Q}{W_a * \eta_2}$$

$$V_2 = 0,12992126 * (1/\eta_2)$$

$$E_1 = E_2$$

Utilizando Solver

E ₁	0,204653432	(m)
E ₂	0,214425441	(m)
h ₂	0,08	(m)

Cálculando h_b

$$\eta_b = \eta_2 - Z_1$$

h _b	0,03	(m)
----------------	------	-----

$$S = \frac{\eta_b}{\eta_a}$$

S	0,195616748
	0,121282384

Chequeando el Grado de Sumergencia

pero es inferior a 95%, por tanto se puede corregir la ecuación de descarga libre a descarga sumergida

CUMPLE

$$S = \frac{h_b - N}{h_a}$$

$$S = 0,121282384$$

SECCION 3-3

Aplicando la Ecuación de Resalto Hidráulico

$$\frac{h_3}{h_2} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8(Fr_2^2)} - 1 \right)$$

Determinando El Número de Froude

V_2	1,624015748	(m/s)
Fr^2	3,360636022	
Fr	1,833203759	

Clasificación del Resalto Hidráulico

Inestable	SI	NO
Debil	SI	SI
Oscilante	NO	NO
Estacionario	NO	SI
Fuerte	NO	

h3

0,171225332

(m)

El tirante despues del resalto debe ser mayor al tirante antes del resalto

SECCION 4-4

$$y_4 = y_3 - (Z - K)$$

K

0,022

(m)

h4

0,143225332

(m)

CALCULANDO EL GRADIENTE DE VELOCIDAD

$$G = \frac{\gamma * \Delta H}{\mu * t_d}$$

$$t_d = \frac{G'}{V_m}$$

$$V_m = \frac{V_3 + V_4}{2}$$

Ancho de garganta	Valores de C y n	
W	C	n
(W y Ha en mm, Q en L/s)		
25,4	0,001352	
50,8	0,002702	
76,2	0,003965	1,55
152,4	0,006937	1,58
228,6	0,013762	1,53
(W y Ha en m, Q en m ³ /s)		
0,3048	0,69	1,52
0,4572	1,06	1,54
0,6096	1,43	1,55
0,9144	2,18	1,57
1,2192	2,95	1,58
1,524	3,73	1,59
1,8288	4,52	
2,1336	5,31	1,6

2,4384	6,11	1,61
3,04	7,48	
3,658	8,86	
4,572	10,96	
6,096	14,45	
7,62	17,94	
9,144	21,44	
12,192	28,43	
15,24	35,41	1,6

$$V_3 = \frac{Q}{W * \alpha_3}$$

$$V_4 = \frac{Q}{C * \alpha_4}$$

C	0,381	(m)	
V3	0,758773588	(m/s)	
V4	0,12094812	(m/s)	
Vm	0,439860854	(m/s)	
G'	0,457	(m)	
td	1,038964928	(s)	td < 15 s OK

MEZCLA RAPIDA POR LA CANALETA
PARSHALL

$$E_1 = E_4 + \Delta_H$$

E1	0,204653432	(m)
H	0,032682511	
	998,97	(Kgf/m3)

μ	1,14E-04	(Kgf*s/m2)
G	525,026302	(S ⁻¹)
	525	

CHEQUEANDO GRADIENTE

NO CUMPLE

CUMPLE

DEBEN CUMPLIR LAS DOS CONDICIONES

CALCULANDO X

$$X = \varnothing_5 - \varnothing_4$$

h5 0,8 (m)

X 0,656774668 (m)

Se Recomienda un Factor de Seguridad del 10%

X 0,722452134 (m)

LONGITUD DEL RESALTO

$$L_r = 5(h_3 - \varnothing_2)$$

Lr 0,456126662 (m)

DIMENSIONES		
W	0,0508	(m)
A	0,879	(m)
D	0,575	(m)
F	0,305	(m)
G'	0,457	(m)
K	0,022	(m)

Diseño Floculadores Hidráulicos Flujo Horizontal

Parámetros de diseño

Caudal	Q=	6,6	l/s
		0,0066	m ³ /s

Se efectúa una mezcla lenta mediante dos Floculadores Hidráulicos de flujo horizontal, de operación en paralelo, con un tiempo aproximado de retención 10 minutos y Velocidad de 0,2 m/s. Estructura en concreto con plaquetas acrílicas de 1,60 * 1,20.

Calculo de Cámara de entrada

Coeficiente de Manning	C =	0,01
Pendiente	S=	0,00

Área =	Q / V	0,033	m ²
Dimensionamiento			

h = nivel de agua en el canal de entrada

$$h = \left[\frac{Q * C}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$$

$$h = 0,112 \quad \text{m}$$

Por razones constructivas se asumió 10 cms mas

$$h = 0,250 \quad \text{m}$$

Calculo del ancho b

$$b = A / h = 0,132 \quad \text{m}$$

Calculo del caudal unitario para cada Floculador. Son dos.

$$Q = \frac{Q_r}{N} \quad 0,0033 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

Verificación total de los canales

$$L_c = \text{Vel} * \text{Tr} \quad 120 \quad \text{m}$$

Area sección transversal de los Canales

$$A = \frac{Q}{V} \quad 0,033 \quad \text{m}^2$$

Verificación de Separación entre tabiques de placas acrílicas de $h = 1,20$ mts

h = altura de la placa - borde libre respecto de dicha placa, no la estructura.

Borde libre encontrado para las placas es $0,1$ m

De acuerdo con lo anterior la altura del agua es $1,1$ m

La separación de placas se define por:

$$a = \frac{A}{h} \quad a = 0,03$$

El espaciamiento entre los extremos de los tabiques y las paredes del tanque está dada por la distancia del tabique y el muro de $1,6$, es decir:

$$e = a * 1,6 \quad e = 0,05$$

Verificación de la Longitud efectiva del canal de acuerdo a las placas de $1,6 * 1,2 * 0,06$

L = ancho de la placa - espaciamiento de extremos

$$L = 1,54 \quad \text{m}$$

Número de Canales

$$N = \frac{L_c}{L} \quad N = \begin{array}{l} 77,92 \\ 78,00 \quad \text{Canales} \\ 79,00 \quad \text{Tabiques} \end{array}$$

Verificación Total del Tanque, para separaciones de 6 cms

LT = N * ep + (Número de tabiques) * a

$$LT = 2,37 \quad \text{m}$$

Longitud Total Tinal

$$4,70 \quad \text{m}$$

Determinación de Radio Hidráulico

$$R_H = \frac{A}{(2 * h + a)} \quad R_H = 0,01 \quad \text{m}$$

Calculo de pérdidas por fricción, según formula de Manning, con n = 0,011 para acrílico.

$$h_2 = SL = \left[\frac{v n}{R^{2/3}} \right]^2 \quad h_2 = 0,16$$

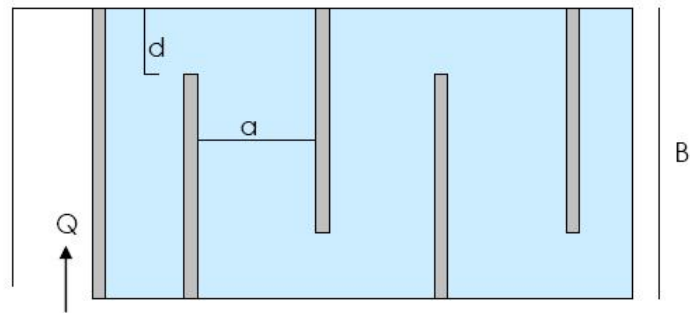
Perdidas localizadas

$$h_1 = k * N \quad V^2/2g$$

$$\begin{array}{l} k = \text{Cte empirica (2 a 4,) = } 3,00 \\ N = \text{Numero de tabiques = } 78,00 \quad \text{Uni} \\ V = \text{vel promedio de flujo = } 0,20 \quad \text{m/s} \\ G = \text{Gravedad = } 9,80 \quad \text{m/s}^2 \end{array}$$

$$h_1 = 0,48 \quad \text{m}$$

Floculadores de Tabique Flujo Horizontal:



- a: Distancia entre tabiques
- d: Distancia entre tabique y pared
- L: Longitud larga
- B: Longitud angosta (ancho)
- θ : Pendiente

$$\Delta E_1 = NK * \frac{V^2}{2g}$$

N = Número de Tabiques

$$K = \left[0.124 + 3.104 \left(\frac{a}{d} \right)^{3.5} \right] * F$$

$$1 \leq F \leq 4$$

F: Factor de seguridad, generalmente este valor se toma igual a 3.

9. La pérdida por fricción se calcula así:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_0^{\frac{1}{2}} \quad S_0 = \left[\frac{V * n}{R^{\frac{2}{3}}} \right]^2$$

Tabique flujo horizontal

Procedimiento:

1. asignar el número de tramos y el número de canales
2. suponer las velocidades de los tramos que correspondan con las normas.
3. calcular con una profundidad del tanque, dada la separación entre tabiques que deben tener. Usando $q=v*a$
4. calcular las distancias entre tabique y pared para cada tramo, usando la norma 3. $d=1.5*a$. escoger la mayor para usar una d uniforme.
5. se calcula la longitud y el ancho del tanque con la geometría establecida
6. se determina el volumen total del tanque y el tiempo de retención
7. se calcula el tiempo de retención para cada tramo. $tr= lu/lt*tr$, donde $lu=$ longitud útil de cada tramo, $lt=$ longitud total.
8. se calcula los radios hidráulicos para cada tramo.
9. se calculan las pérdidas para cada tramo usando la norma 8.
10. se calculan las potencias hidráulicas para cada tramo.

$$P= 1000* PERDIDAS/ TR$$

SE SELECCIONA UN NUMERO DE TRAMOS DE 3 Y 5 CANALES POR CADA TRAMO

CAUDAL DE DISEÑO LPS PARA UNA
3,3 UNIDAD DE
DOS

SE SUPONEN LAS VELOCIDADES

V1	0,3	A1	0,011
V2	0,2	A2	0,0165

V3 0,17 A3 0,01941
18

SE ASIGNA UNA PROFUNDIDA H=1m

H 1

a1 0,011 a2 0,0165 a3 0,0194118

d1 0,0165 d2 0,02475 d3 0,0291176

SE ESCOGE EL d MAYOR d=0.075

SE DETERMINAN LAS DIMENSIONES DEL TANQUE

L(m) 1,6345588

B(m) 3

SE ASIGNA A
CRITERIO

SE DETERMINA EL VOLUMEN TOTAL DEL TANQUE Y TR

V(m3) 4,9036765

TR

(sec) 1485,9626

SE DETERMINA TR PARA CADA TRAMO

CUMPLE QUE LOS TR SON MENORES AL DE LABORATORIO DE 30 MIN

TR1 (sec)	50
TR2 (sec)	75
TR3(sec)	88,235294

DETERMINACION DE LAS PERDIDAS DE ENERGIA

TRAMO	v2/2g	K	N*K*v2/2g	R 2/3	S*M	PERDIDAS E
1	0,0045872	0,4028582	0,00923987	0,0310447	0,3156349	0,324874795
2	0,0020387	0,4995527	0,00509228	0,040606	0,0819966	0,08708886
3	0,001473	0,5972805	0,00439893	0,0452092	0,0477926	0,052191572
						0,464155227

DETERMINACION DE LAS POTENCIAS UNITARIAS

PU1	6,4974959
PU2	1,1611848
PU3	0,5915045

G1	227,08463
G2	95,99871
G3	68,516276

LOS VALORES CORRESPONDEN AL RANGO DE 10-100

Diseño Sedimentación directa

Q (lps) 6,6

UNIDADES **2**

Qd (lps) 3,3

Qd (m3/s) 0,0033

Cs (Carga Sup) **45**

Vel sed (m/s) 0,000520833

Tipo de Instalación	Cs (m³/m²*día)	Cs (m³/m²*hora)
Pequeña	20-30	0.8-1.2
Con nueva tecnología y operación razonable	*30-40	1.2-1.7
Con nueva tecnología y operación buena	35-45	1.5-1.9
Con nueva tecnología y ayudantes de coagulación	**40-60	1.7-2.5

Número De unidades	Carga Superficial				
	20	30	40	50	60
2	0	0	33	67	100
3	0	0	11	22	33
4	0	0	8.5	17	25
5	0	0	7	13	20

$$v_s = \frac{Q}{B * L} \quad v_s = \frac{Q}{A_s}$$

CARGA SUPERFICIAL

> Cs 50 10
 < Cs 40
 %> 67 34
 %< 33
 Cs 45

As 6,336

As*% (m2) 9,504

17 0,5

2 (L/B) 5

L/B 4,6

B 1,4

L 7

supuesto

H (tabla) **2,5**



L (m)	H (m)
< 10	1.0 - 1.7
10 - 15	1.7 - 2.0
15 - 20	2.0 - 2.5
20 - 30	2.5 - 3.0
30 - 60	3.4 - 4.0
> 60	4.0 - 5.0

Volumen	23,76	
$V=Q*TR$		horas
TR	7200	2
$Ah=B*h$	m/s	cm/s
$Vh=Q/(B*h)$	0,000918332	0,09183318

Vh

ZONA DE LODOS

Vol. Lodos (10%-20%)V. total

VL (m3) 3,564

$VL=As*h'$

h' (m) 0,375

Diseño hidráulico del sistema de sedimentación alta tasa

Se proyectarán dos sedimentadores de alta tasa con paneles plásticos tipo colemena. Este sedimentador está compuesto por dos módulos.

La recolección del agua sedimentada se realizará por medio de tubería perforada ubicada en la parte superior

La recolección del lodo se hará en una tolva de almacenamiento y la purga del mismo se hará por medio de una compuerta ubicada al final de la tolva

Datos de entrada

* Número de unidades (n) = 2

* Número de módulos = 1

* Caudal por unidad = 3,3 l/s = 285,1 m³/d

* Temp. del Agua; (°C) = 20,0

* Viscosidad; (v) =	1,01E-02	cm ² /s
* Velocidad de sedimentación crítica; V _s =	23	m ³ /m ² -d
Angulo inclinación	60°	
* Aristas hexagono; (e) =	6 cm	Depende de fabricante
* Longitud tubo; (Lt) =	1,20 m	De acuerdo a proveedor
* Ancho Sedimentador supuesto (a) =	2,50 m	
*Factor de forma (S)	1,375	Para tubos hexagonales (Romero Rojas; 2000)

Los datos de viscosidad cinemática fue extractado del libro (Teoría y práctica de la purificación del agua, tercera edición, tomo I, Jorge arboleda Valencia, tabla I-4, página 8)

CALCULOS Y RESULTADOS

Dimensionamiento de la zona de sedimentación

Velocidad de sedim. crítica;

V_{sc} =

* Velocidad del agua entre las placas:	V ₀ =	169,1 m/d	V ₀ =	0,20 cm/s
--	------------------	--------------	------------------	--------------

* Verificación del número de Reynolds:	Re =	116	OK Reynolds
--	------	-----	--------------------

Rango RAS/2000 :	55,995	111,99
Re < 250	3	06

* Tiempo de detención entre tubos	td =	613,1 s	= 10 min	OK, cumple Rango RAS/2000 : 10 < Ts < 15min
-----------------------------------	------	---------	----------	--

* Calculo área útil de sedimentación:	At =	1,69 m ²
---------------------------------------	------	---------------------

* Area útil superficial As:	As =	1,95 m ²
-----------------------------	------	---------------------

Longitud útil útil de L = 0,8 m
sedimentación:

* Cálculo de la Carga Superficial, C_s

$$C_s = Q/A_s$$

$$C_s = 146,4 \frac{m^3}{m^2 \cdot d} \quad \text{OK}$$

<185 m³/m²-d

Chequeo por funcionamiento

Cuando sea necesario sacar de funcionamiento alguna unidad para mantenimiento, las otras 5 unidades se sobrecargarán con un 20%. El caudal que ingresará a cada unidad bajo estas condiciones es:

$$3,96 \text{ L/s}$$

Por lo tanto la carga superficial es: 175,7 **ok <185 m³/m².d**

Diseño de tuberías recolectoras de aguas clarificadas.

Las aguas clarificadas se recolectarán por medio de tubos perforados instalados en el sentido longitudinal del sedimentador. Cada sedimentador contará con dos tubos recolectores.

*Número total de tubos por cara módulo = 1

Separación entre tubos (m) = 1,2

Se distribuirán tubos a lo ancho de sedimentador y estos descargarán a un canal general al final de cada unidad

Número total de tubos

*Caudal por tubo (m³/s)= 0,0040

Este caudal debe ser el correspondiente a cada tubo suponiendo que un sedimentador está fuera de servicio (Arboleda Valencia, 2000)

El diámetro de la tubería se estima con la siguiente expresión

0,137 m **8** Pulgadas

En la parte superior de la tubería se instalará una fila orificios, por lo tanto se tiene que:

Donde:

*L Tubo = Ancho útil 2,50 m
sedimentador (m)=

*espaciamiento de orificios (m)= **0,25**

*No de orificios por tubo = 10

Número total de orificios por 10 tubería =

Para determinar los diámetros de los orificios se usa la siguiente expresión.

Donde:

*Qv = Caudal por orificio (m³/s)= 0,0004 Caudal correspondiente asumiendo que un sedimentador está fuera de servicio.

*h =Carga sobre orificio (m) **0,097** Asumido cuando un sedimentador está fuera de servicio

*d= Diametro de orificio (m)= 0,020 0,7 pulgada
9 s

Según Arboleda Valencia, el tirante de agua sobre el orificio debe estar entre 5 a 10 cm. A continuación se hará el cheque del tirante, bajo condiciones normales de operación (todos los sedimentadores operando)

*Qv = Caudal por orificio en condiciones normales (m³/s)= 0,0003

*d= Diametro de orificio (m)= 0,020

* h = carga en condiciones normales de operación (m) 6,74 **Ok entre 5 a 10 cm**

q/m = Caudal por Tubo/longitud de tubos recolectores

q/m = 1,584 **Cumple según el CEPIS (2004) q/m<3 L/s-m**

Diseño del sistema de distribución de flujo tipo Hudson

Se proyectará un múltiple distribuidor de sección variable con orificios cuadrados en la parte inferior

* Area de Orificios primera sección (m²) = 0,0112 **Lado orificio primera sección (cm) 10,6**

*Radio hidráulico orificio primera sección 2,6500

* Area del múltiple (m²) = 0,8730 **Lado multiple (m) 0,9**

* N° de multiples por modulo. = **3,0000** **Alto del multiple (m) 0,97** **V 0,0012 Re= 1,16E+03**

* Caudal por múltiple.(l/s) = 1,1000 **G 0,0046 f= 0,0202561**

* Número de orificios por lado = 14,0000

Rh 23,342
246

* Espaciamiento (m) = 0,0600

Qc = Caudal por múltiple (L/s)

Caudal a la mitad del canal
(m³/s)

Velocidad en los orificio (m/s)

Area total orificios (m²)

Separación centro a centro (m)

Número de orificios

Area de cada orificio (m²)

Diametro de los orificios (m)

Diametro en pulgadas

B=Ancho en el extremo final del canal (m)

h= Ancho en el extremo final del canal (m)

Af = Area en el extremo final de canal (m²)

qo = Caudal por orificio (m³/s)

QF = caudal que llega al extremo final del canal (m³/s)

VF = Velocidad en el extremo final del canal (m/s)

H= Altura máxima del canal (m)

Ai = Area inicial del canal (m²)

Vi =Velocidad en el extremo inicial (m/s)

b= coeficiente de perdida en el primero orificio

b35 = coeficiente de pérdida en el último orificio

Velocidad real en el primer
orificio (m/s)

Primera iteración

No. ORIFICIOS	V _{Li}	Q _{Li}	Q _M	Area	V _{Mi}	(V _{Mi} /V _{Li}) ²	B _i	(1/B _i) ^{1/2}	Altura múltiple (m)
POR LADO	m/s	l/s	l/s	(m)	m/s				
1	0,00816	0,18333333	1,1000	0,873	0,00	0,02	1,74	0,75813381	0,97
2	0,00816	0,18333333	0,9167	0,873	0,00	0,02	1,73	0,76079979	0,97
3	0,00816	0,18333333	0,7333	0,873	0,00	0,01	1,72	0,7630021	0,97
4	0,00816	0,18333333	0,5500	0,675	0,00	0,01	1,72	0,7632346	0,75
5	0,00816	0,18333333	0,3667	0,675	0,00	0,00	1,71	0,7653003	0,75
6	0,00816	0,18333333	0,1833	0,675	0,00	0,00	1,70	0,7665478	0,75
SUMA		1,1						4,58	

Segunda iteración

No. ORIFICIOS	V _{Li}	Q _{Li}	Q _M	V _{Mi}	(V _{Mi} /V _{Li}) ²	B _i	(1/B _i) ^{1/2}	Gradiente
POR LADO	m/s	l/s	l/s	m/s				(s ⁻¹)
1	0,00811	0,18220315	1,1000	0,00126	0,02	1,74	0,76	0,22304271
2	0,00814	0,18284387	0,9178	0,0010513	0,02	1,73	0,76	0,22422025
3	0,00816	0,18337316	0,7350	0,0008419	0,01	1,72	0,76	0,22519453
4	0,00816	0,18342903	0,5516	0,0008172	0,01	1,72	0,76	0,22529747
5	0,00818	0,18392548	0,3682	0,0005454	0,00	1,71	0,77	0,22621274
6	0,00820	0,1842253	0,1842	0,0002729	0,00	1,70	0,77	0,22676609
SUMA		1,1					4,58	

Desviación entre primer y último orificio %	1,0976	1,10
---	--------	------

Pérdidas a la entrada del sedimentador

Cd=Coeficiente	0,65
Ao=Área de múltiple (m ²)	0,87
Q=Caudal de entrada (m ³ /s)	0,0011
h=Pérdidas (m)	0,0000002

Pérdidas por orificios perforados en múltiple distribuidor

Cd=Coeficiente	0,65
Ao=Área de un orificio (m ²)	0,01
Q=Caudal de entrada (m ³ /s)	0,0002
h=Pérdidas (m)	0,00003

Pérdidas totales por entrada (m)	0,00003
----------------------------------	---------

Diseño canal general aguas clarificadas y admisión a filtros

- * Número de canales recolectores de aguas clarificadas; (Nc) = 1 un
- * Caudal en canal general; (qc) = 3,3 l/s
- * Factor de mayoración de caudal 30% = 1,3

hc (cm)	0,0	Asumida
b (m)	0,50	

Diseño hidráulico del sistema de sedimentación alta tasa

Qd (LPS)	6,6
Qd (m ³ /s)	0,0066
Falso fondo	
placas de cemento de (0.61*0.61)	0,61
Nº orificios por placa	16
Area (cm ²)	5
Diametro (cm)	2,5
Espesor (cm)	2,5

lecho filtrante (arena) e (cm)	65
--------------------------------	----

Gradación	
Cu	1,7
E	0,55
Ss (2,6 - 2,65)	2,63

Porosidad de la arena	
P (40 - 42)%	40%
Ce (0,8 - 0,82)	0,82
H2O (cm ² /s)	0,01061

Lecho de sosten		
Grava de 5 capas de arriba hacia abajo	espesor (cm)	diam (in)
Arena torpedo	7,5	1/8"
grava	7,5	1/4"
grava	7,5	1/2"
grava	7,5	1"
grava	15	2"

espesor total (cm)	45
Perdidas en el efluente	
K salida	0,5
Kt	4
Longitud total tubería (m)	
C (Hierro fundido)	100
Longitud del vertedero	0,7

Número de unidades de filtro

$$N = 0.044\sqrt{Q}$$

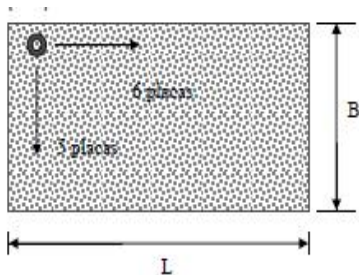
Q (m3/dia)	570,24
N	1,050706734
se diseñan entonces 4 filtros	4

Caudal de diseño

Qd/2= Qfiltro (LPS)	1,65
---------------------	------

Arena filtrante (Af)

placas en L	4
placas en B	4
N° de placas	16
Numero de orificios	256
L (m)	2,44
B(m)	2,44
Área de filtración Af (m2)	5,9536



El dibujo dice que son 6 placas por 5 placas, el cual es el ejemplo de clase, el de nosotros es en realidad de 4x4

Tasa media de filtración Tmf (m3/m2*día)

23,94517603

$$Q_D = Tmf * Af$$

Perdidas en la filtración

Velocidad de filtración(m/s)

0,00028

Vfl=(100%+50%)*Vf

0,000415715

Vfl (cm/s)

0,04

Con este valor calculamos las pérdidas en todo el sistema

Perdidas en la arena (Ha)

$$Ha = 180 * \frac{\rho}{g} * \left(\frac{(1-p)^2}{p^3} \right) * \frac{L}{Ce^2} \sum \left(\frac{X_i}{d_i^2} \right) * V_{fl}$$

Ha (cm)

4,950492498

En este caso se toma la misma gradación propuesta en el ejercicio de clase:

% Pasa	D (mm)	Xi	di (mm)	di ²	Xi/di ²
100	1.55				
		20	1.425	2.03	9.85
80	1.30				
		20	1.118	1.25	16.0
60	0.935				
		20	0.842	0.71	28.17
40	0.750				
		30	0.650	0.42	71.43
10	0.550				
		10	0.520	0.27	37.04
0	0.490				
				Σ	162.49

Perdidas en la Grava (Hg) (cm)

1,125

Perdidas en el falso fondo (Hf)

$$q = Vfl * \frac{Af}{N^{\circ} \text{orificios}}$$

q (cm³/s/orificios)

9,66796875

$$q = 0.62 * A \sqrt{2 * gHf}$$

Hf (cm)

0,004957333

Perdidas en el efluente

$$K = 0.5$$

$$50 \leq V_o \leq 200 \text{cm/sg} \approx 0.5 \leq V_o \leq 2 \text{m/sg}$$

$$\phi > 6''$$

$$H_s = K \cdot \frac{V_o^2}{sg}$$

por accesorios en la salida (Hs)

K

0,5

suponiendo un diametro de 6"

15,24

Area (diametro=6)

182,415

q (cm³/s)

2475

12,75 LPS

Vo (cm/s)

13,56795431

Cumple

Hs (cm) 0,046913706

En la tubería Efluente (Hf)

D (6") (cm) 0,1524

C 100

Kt 4

Q (LPS) 12,75

Lt 20

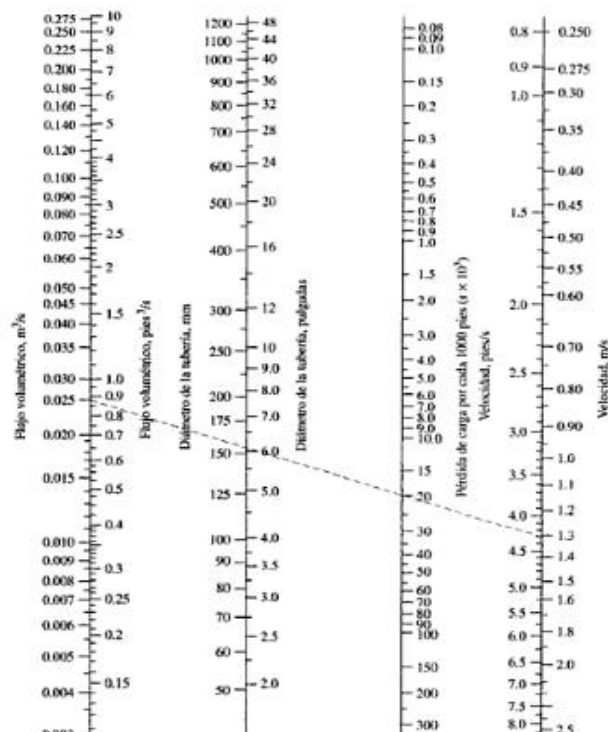
Ht (cm) 0,375309652

V (m/s) 0,698955222

$V^2/2g$ 0,02490002

J 0,006

De la gráfica obtenemos que la velocidad es de 0,7. De la formula obtenemos que es 0,698955 por lo que trabajaremos con el de la ecuación



Perdidas por fricción en el efluente (Hfe)(cm)	12
Pérdidas totales en el efluente (Hte) (cm)	12,37530965
H total	18,50267319

Lámina de agua en el vertedero (Hvert)

$Q=1.84*L*H^{3/2}$	Para vertedero sin contracciones
L (ancho del canal, long del vertedero)	0,7 ASUME
Hvert (m)	0,03
Hvert (cm)	2,97

$H=H \text{ total}+H_{\text{vert}}$ (cm)	21,475
--	--------

Esta es la altura mínima de la lámina de agua.

H debe ser mayor de 56 cm.

Perdidas en el afluente (HA)

$$HA = \frac{KV^2}{2g}$$

K	0,6
---	-----

	Vel llegada (m/s)	0,3
	D (in)	6
	Q (LPS)	12,75
	C	100
V (m/s)		0,698955222
$V^2/2g$		0,02490002
J		0,006
HA (cm)		0,014940012
Cota canal de acceso (cm)		21,49

Operación de lavado

Ancho canal principal ($0.6 \leq a \leq 1.0$) (m)	0,75
Área represada (Arep)	12,6572
Duración del lavado (10 a 20)min	10
Caudal represado (Qrep)	0,00165
Vol represado (Vol rep)	0,99
Area del canal	
$V \leq 0.3$ m/s	0,3
A canal (m2)	0,0055
Sección Optima	
Área del canal	

$$A = b \cdot y = N \cdot y^2$$

Y (m)	0,0524
b=2Y (m)	0,1049
X=4,9	4,88
Aproximamos	4,9
A canal (m ²) =b*2X	1,0278
Area del filtro (m ²)	7,001576267
Area represada	8,0294
h= Vol represado/Arep	0,12

Nivel minimo de agua en el filtro

Qd (LPS)	8,5	
Vf (cm/s)	0,02771	
Perdidas en la arena (Ha)	Vf	Ha
	0,0416	4,950492498
	0,02771	Ha (cm)
	Ha (cm)	3,300328332
Perdidas en la grava (Hg)(cm)	1,125	
Perdidas en el falso fondo (Hf) (cm)	0,002203259	
aproximamos	1	
q =		6,4453125

Perdidas en el efluente

Por accesorio K 0,5

En la tubería efluente K 4

$q = V_f \cdot A_f$ (LPS) 1,6500

$V = 4 \cdot q / \pi \cdot \text{diam}^2$ diam=4 (cm/s) 9,045302871

$$50 \leq V \leq 200 \text{ cm/sg OK}$$

OK

Está muy cercano al límite inferior, por lo tanto se acepta.

Perdidas por accesorio (Hacc) (cm) 0,020850536

Se aproxima a la unidad

$$H_{acc} = \frac{K \cdot V^2}{2g}$$

1

Perdidas en la tubería Efluente (Ht) (cm) 0,167

$$H_t = \frac{K \cdot V^2}{2g}$$

Q LPS 3,3

C 100,0

D (in) 6,0

V (m/s)	0,090
J	0,290
V ² /2g	0,000
hf=J*L	0,058
H Total=	12,392

H vertedero

$$H_{\text{Vertedero}} = \left(\frac{Q_D}{1.84 \cdot L} \right)^{2/3}$$

	2,97	cm
	15,36	cm

Perdidas en el afluente

K	0,6	$H_{acc} = \frac{K \cdot V^2}{2g}$
---	-----	------------------------------------

HA	0,03	
		Se aproxima a la unidad

HA	1	cm
----	---	----

Cota canal de acceso	16,36
	Tomamos como cota del canal de acceso 37 cm.

Diseño Canaleta de lavado

Ancho total de la canaleta = $0,1+w+0,1$. Tomamos $w=0,3m$

w (m)	0,3
Ancho de la canaleta (m)	0,5
Ancho de las dos canaletas (m)	1
Long. Filtros (m)	2,44
L. efectivo (m)	1,44
Recorrido del agua	0,36

Colocamos dos canaletas de lavado por filtro.

Distancia entre Bordes Canaletas $d \leq 2.0 m$

Cada canaleta vierte el agua por dos partes.

tomamos d (m)	1
d/2	0,5
d/2 > Recorrido del agua	VERDADERO

Tasa de lavado de la Arena (TL)

TL (arena fina) (Lt/min*m2)	600
TL (arena gruesa) (Lt/min*m2)	800
Tomamos para arena gruesa TL (Lt/min*m2)	800

Caudal lavado (QL) (Lt/min)

4762,88

Para las 2 canaletas (Lt/min) QL

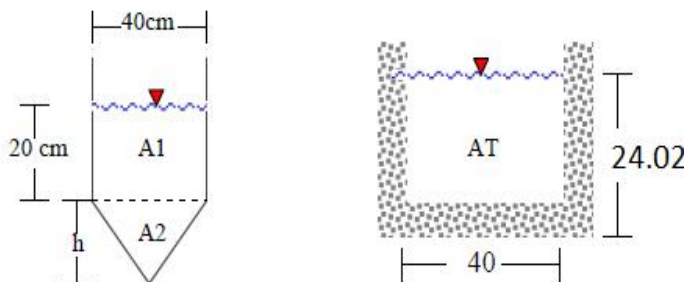
1190,72

Altura de la Canaleta (H)

$$H = \left(\frac{Q_{Dcanaleta}}{0.65 * w} \right)^{2/3}$$

15,50660382

Solución sección mixta:



Las dimensiones de estos dibujos no son los de nosotros, hay q cambiarlos con los planos que Clavijo va a hacer con Batman.

El dibujo de la izq.	El dibujo de la der:
30 horizontales	30 Horizontales
20 Verticales	24,62 Verticales

A1=20*30	600
A2=30*h/2	
AT= A1+A2=600+15*h	
AT= 30cm*24.62cm	738,6
h (cm)	9,24
Se da un margen de seguridad y h (cm)	10

Expansión de la arena (E) (E>50%)

$$E = \frac{\left[\left(\frac{VL}{Va} \right)^{0.22} - P \right]}{\left[1 - \left(\frac{VL}{Va} \right)^{0.22} \right]} * L$$

Velocidad de lavado o tasa de lavado (VL) (cm/s)	1,33
L (espesor del estrato arena) (cm)	65
	Ki 242,1820483
	K2 2,569551532
Kidi (grafico V.1.de Jorge Arboleda)	34,51
Vai (grafico V.2. de Jorge Arboleda)	23,12596379
P	0,4

$$F_i = \frac{\left(\frac{V_L}{V_{ai}}\right)^{0,22} - P}{1 - \left(\frac{V_L}{V_{ai}}\right)^{0,22}}$$

F1 0,286210796

- Chequeo de expansión

ASUME

TL (min) 10

Vol = 1.5*QL*TL

QL=TL*Af (m3/min) 5,601261014

Vol (m3) 84,0189152

	Estrato	Li	di	Kidi	Vai/K2	Vai	VL/Vai	(VL/Vai)^0,22	Fi	Ei
1	((100-80)/100)*65	13	0,1425	34,5109419	9	23,12596379	0,05751112	0,53351348	0,2862108	3,720740351
2	((80-60)/100)*65	13	0,112	27,1243894	7	17,98686073	0,07394286	0,56384168	0,37564728	4,883414593
3	((60-40)/100)*65	13	0,084	20,3432921	5,8	14,90339889	0,08924139	0,58765791	0,4551025	5,916332508
4	((40-10)/100)*65	19,5	0,065	15,7418331	4,1	10,53516128	0,12624391	0,6342585	0,64050295	12,48980744
5	((10-0)/100)*65	6,5	0,052	12,5934665	3,5	8,993430363	0,14788573	0,65672535	0,74787155	4,861165057

49,03301531

VERDADERO

Dimensiones según estructura

$$B*L*H=B^2*H$$

B 6,5

L 6,5

H 2,5

Vol 105,625 VERDADERO

Altura del tanque elevado

QL=TL*Af (lt/min)	5601,261014	
D (diámetro tubería en in)	10	
C	100	
V (m/s)	1,842371666	
V ² /2g	0,173003739	
J (m/100m)	3,05	
Longitud tubería plano	30	ASUME
Hf (perdida por fricción) (cm)	91,5	

Perdidas por accesorios

K	8	
Hacc (perdida por accesorio) (cm)	138,402991	

Perdida en la grava

TI (Lt/min*m2)	800
TL (cm/min)	80
eT (cm)	45
Hg (perdida por grava)(cm)	12

Perdida por el falso fondo (Hf)

$$q = 0.62 * A \sqrt{2 * g H_f}$$

q (Lt/min)	5601,261014
------------	-------------

q (cm³/s) 93354,35023

$$q = \frac{Vf * Af}{N^{\circ} \text{ total de orificios}}$$

q(cm³/s) 364,6654306

Hf (cm) 7,052884952

Perdidas en la arena (Ha)

Espesor (L) 65

P 40%

Ss 2,63

Ha=L (1-P) (Ss-1) 63,57

Altura del tanque

HT (pérdida total) (cm) 312,525876

HT (pérdida total) (m) 4

Sistema de Bombeo

Hay que bombear un caudal para una capacidad del 105,625 tanque de:

Tomando:

- llenado = 2 horas (evitar tener una bomba muy grande)
- Se dispondrá de dos unidades (en caso de dañarse un la otra estará funcionando)

Caudal de Bombeo

Q lavado (LPS) 93,35435023

Succión

Tubería (in) 10
C 100
V 1,842371666
V2/2g 0,173003739

Sumergencia

Espesor de la capa de agua que debe quedar sobre la entrada de agua de succión para evitar entrada de aire al tubo.

$$S = 2.5 * \phi + 0.10 \quad (\text{Norma Instfopal})$$

S (cm) 63,6

La parte inferior de la coladera es aconsejable dejarla a 50 cm de fondo de pozo

C = Pérdidas por depresión barométrica = 0.36 (según steel)
d = Pérdidas por vacío imperfecto de la bomba = (1.8 a 2.4) (según steel)

e = Pérdidas por fricción

Pérdidas Por Fricción

Longitud recta de tubería (m) 1
Longitud Horizontal (m) 1,5
1 Válvula de Pie (m) 78
1 Codo de 90° radio corto (m) 9,5
Entrada de tubería de bomba (m) 9
TOTAL 99
J 0,0136

Por Fricción 1,3464
e (m) 1,35

h min (m) 1,136

Diseño del Pozo de Succión

Tiempo de Retención (min) 5 ASUMIDO

Volumen 28,00630507

Según el volumen de area minima

A 24,65343756

Altura Máxima de Succión

A para 1480 msnm 1,77

b para 20°C 0,24

AMS 4,636996261

Cabeza Neta Positiva de Succión

Altura Barométrica Local (m) 8,56

Altura de Succión (m) 2,523003739

Perdida por Temperatura (m) 0,24

NPSH 5,796996261 VERDADERO

Tipo de Bomba

La Bomba se escoge en los catálogos de los fabricantes con Q= 115,53 LPS, o un caudal Aproximado de 116 LPS

Anexo No. 2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Resultados pruebas de laboratorio

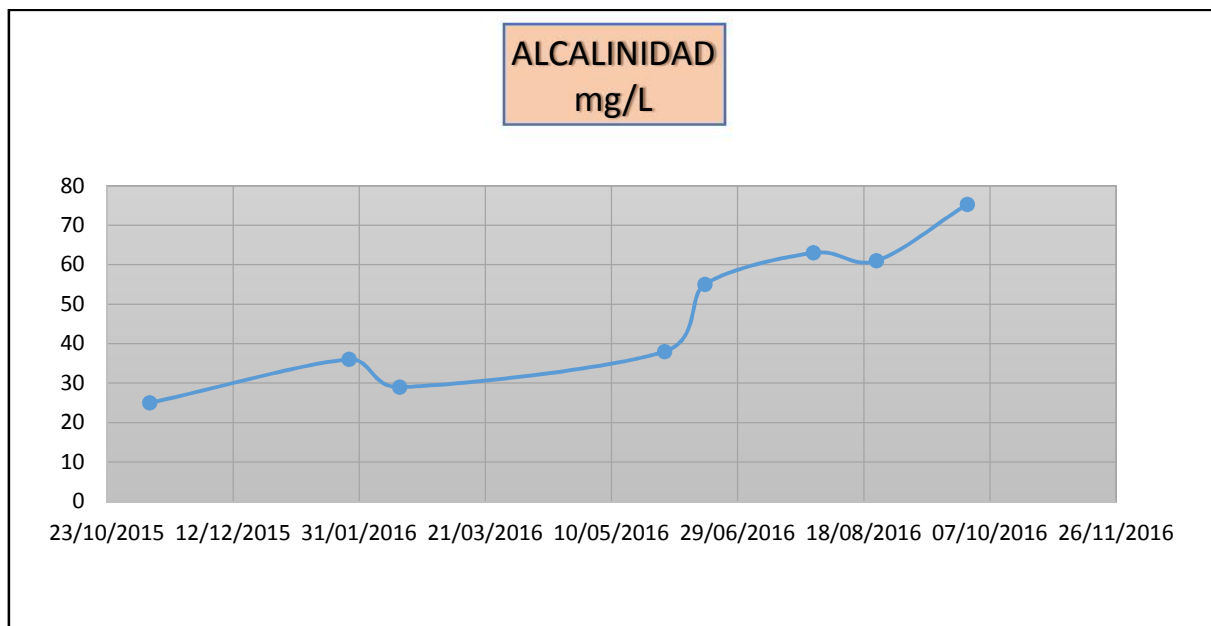
Consolidado resultados de laboratorio, CALIDAD DEL AGUA, se adjuntan informes de análisis de la E.S.P Villeta y de SGS Laboratorio respectivamente:

FECHA	QUIMICOS						FISICOS		MICROBIOLÓGICOS			
	ALCALINIDAD mg/L	CLORO RESIDUAL mg/L	CLORUROS	DUREZA TOTAL mg/L	HIERRO mg/L	PH U	COLOR UPC	TURBIEDAD	MESOFILOS AEROBIOS UFC/100 ML	COLIFORMES TOTALES UFC/100 ML	COLIFORMES FECALES UFC/100 ML	HONGOS UFC/100 ML
09/11/2015	25	1,17	3,6	96	0,06	7,23	3,1	0,09	0	0	0	0
27/01/2016	36	0,96	5,9	105	0,1	7,88	4,6	0,7	0	0	0	0
16/02/2016	29	0,3	2,1	80	0,05	7,24	3,1	0,13	0	0	0	0
31/05/2016	38	0,73		86	0,03	7,16	2,2	0,47	0	0	0	3
16/06/2016	55	0,71	18,1	78	0,35	7,92	1,4	0,21	7	0	0	17
29/07/2016	63	0,83	20	84	0,07	7,62	0,9	0,11	1	0	0	2
23/08/2016	61	1,52		76	0,3	7,48	5	0,11	3	0	0	7
28/09/2016	75,3		1,92	86,4	0,149	7,84	5	0,67				

Tabla 19 Resultados parámetros de tratamiento

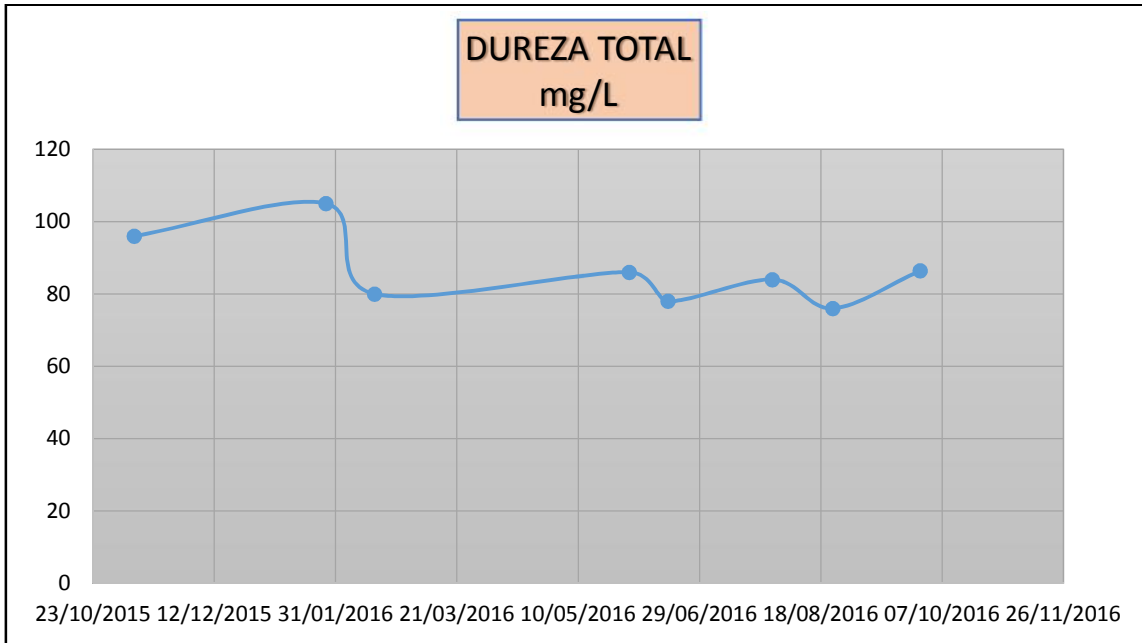
Fuente: Elaboración propia

Las gráficas que se incluyen a continuación representan los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio registrados en la tabla No. 13:

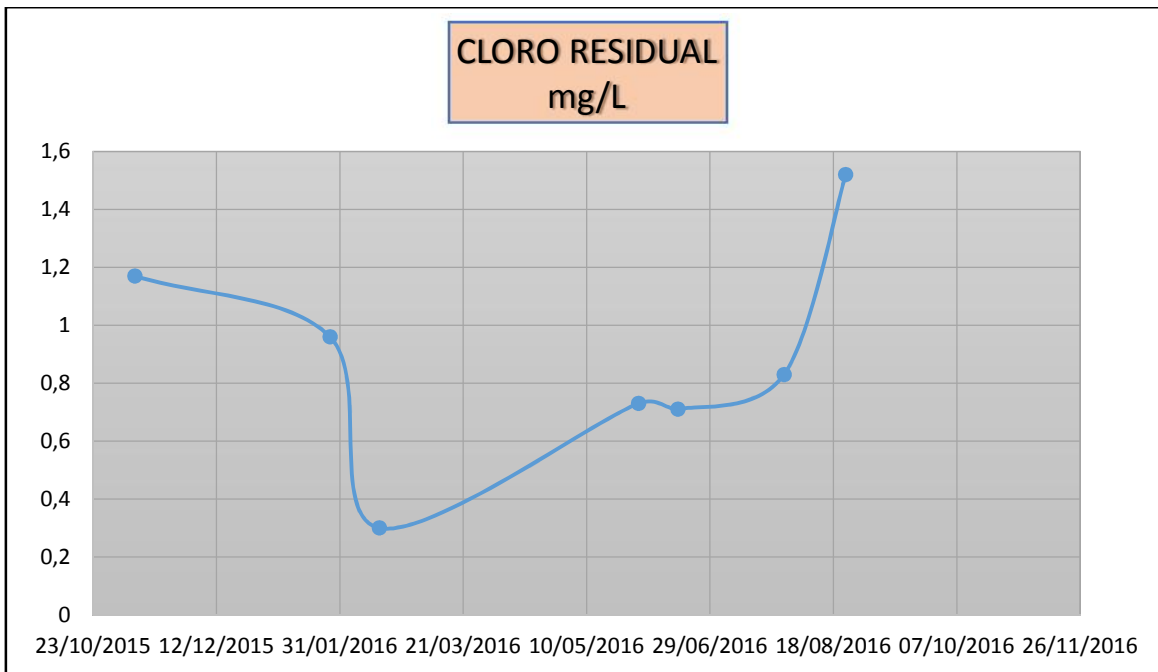


Gráfica 1. Alcalinidad

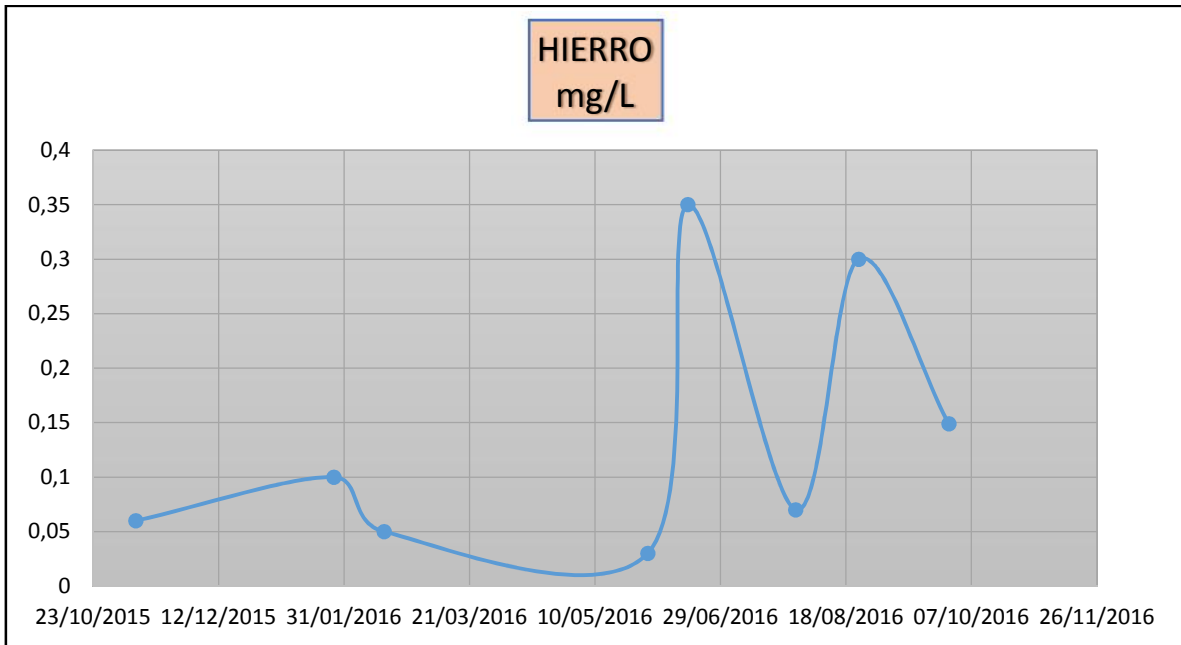
Fuente: Elaboración propia



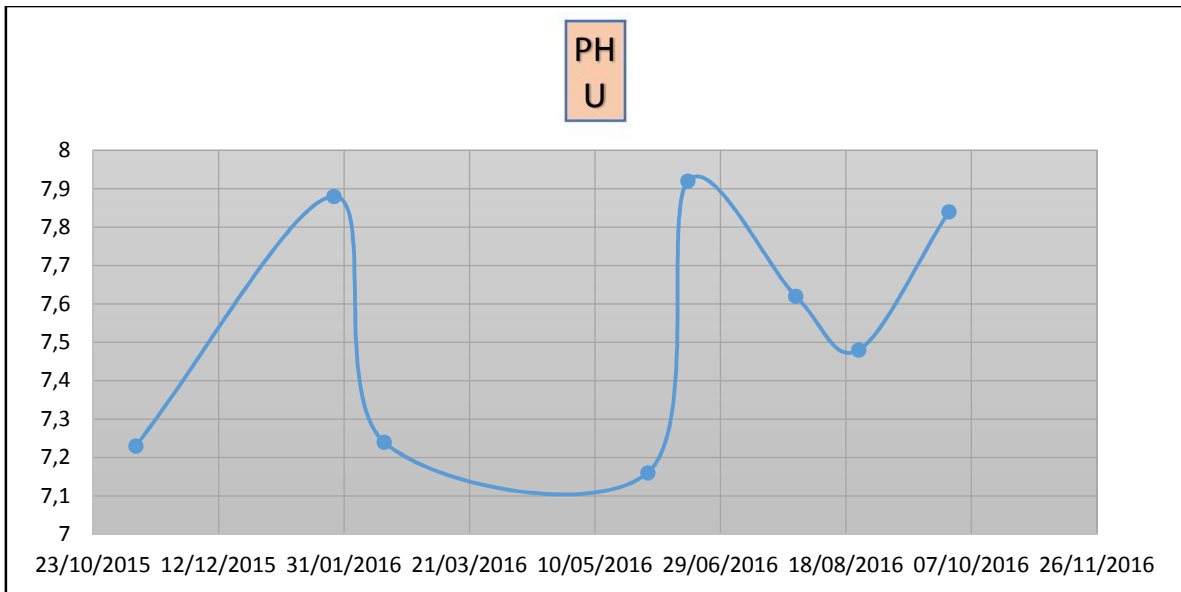
Gráfica 2. Dureza Total
Fuente: Elaboración propia



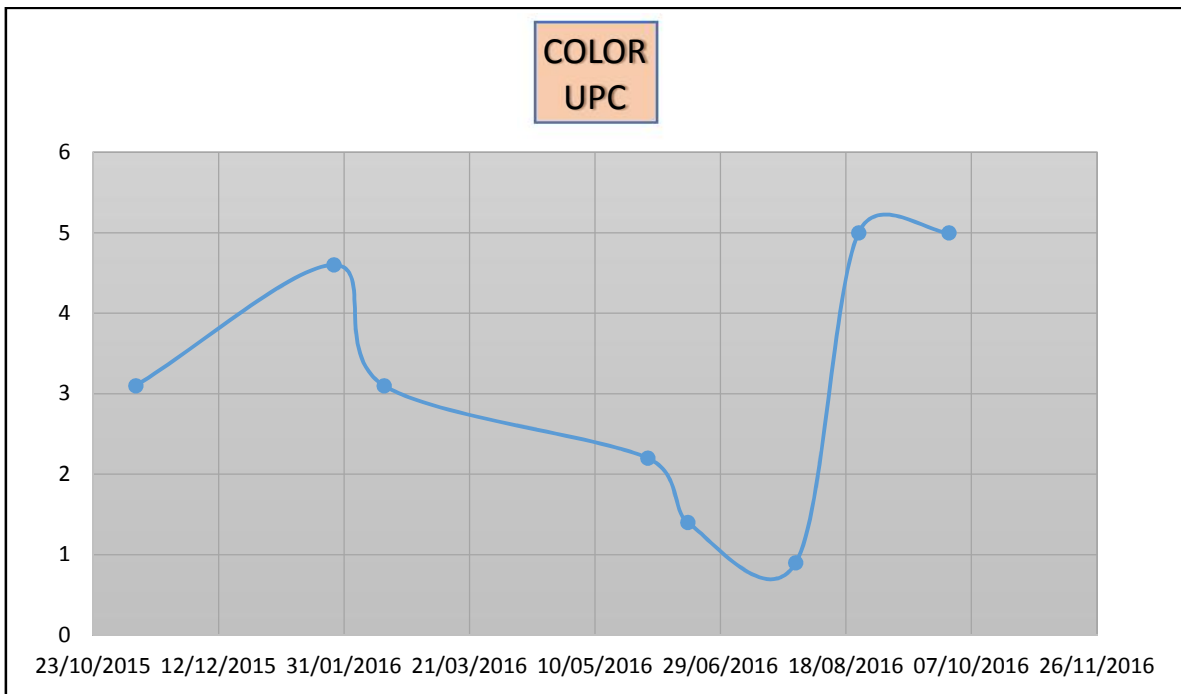
Gráfica 3. Cloro Residual
Fuente: Elaboración propia



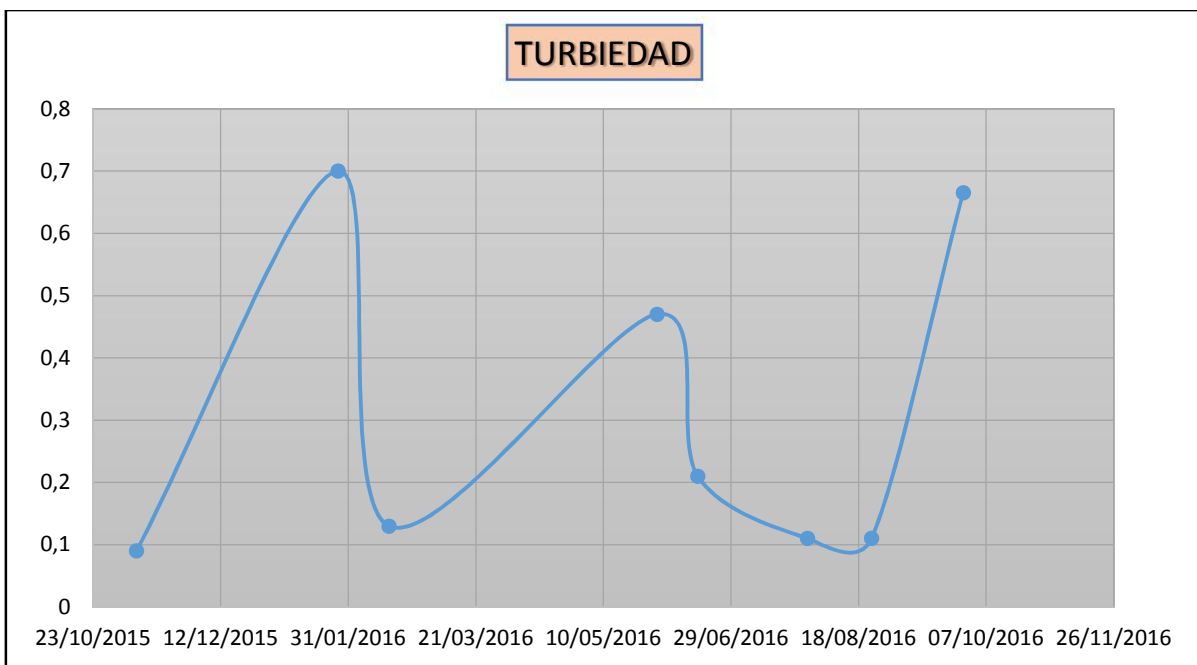
Gráfica 4. Hierro
Fuente: Elaboración propia



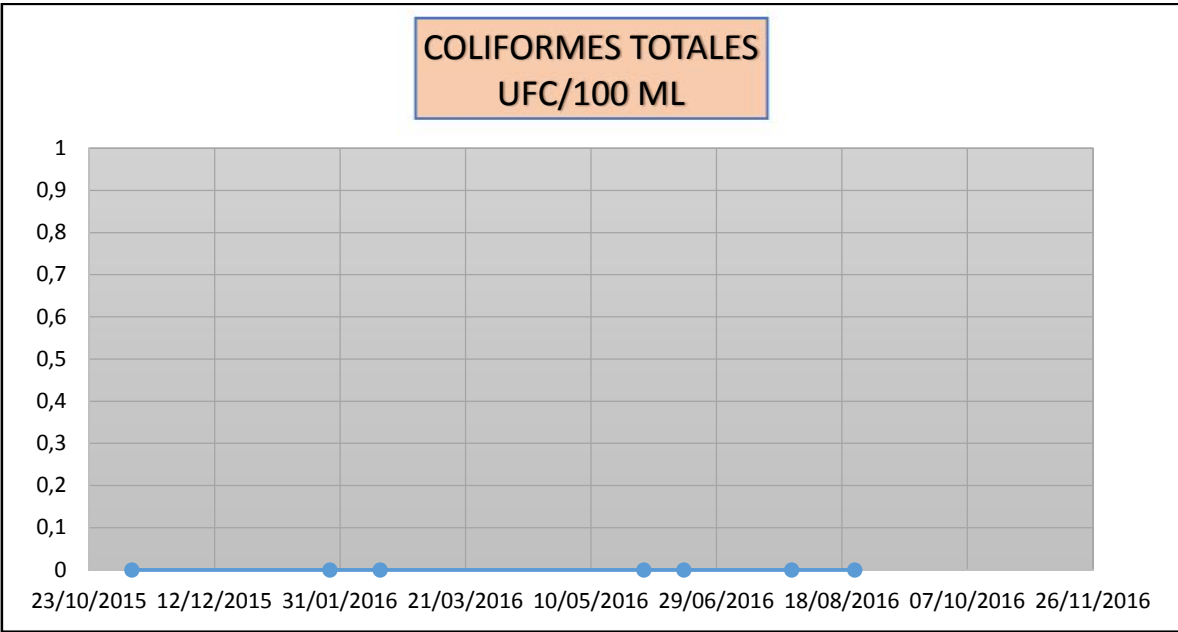
Gráfica 5. Ph
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 6. Color
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 7. Turbiedad
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 8. Coliformes Totales
Fuente: Elaboración propia

ANEXO No. 2 REGISTRO FOTOGRÁFICO

En la fotografía No. 6 Canaleta Parshall, estructura de control y medida, donde ingresa el agua de la conducción a la cámara de quietamiento (en el detalle), pasa por la garganta graduada e ingresa a la cámara de mezcla rápida donde se adiciona el alumbre.



Fotografía 6 Cámara de entrada Canaleta Parshall

En la fotografía 7 se presenta la panorámica del sistema de Floculadores de flujo horizontal, que se compone de dos unidades, tabiques acrílicos de 4 mm, se observa deterioro.



Fotografía 7 Estado Actual Floculadores Hidráulicos Horizontales

La fotografía 8 Muestra el ingreso del agua desde la mezcla rápida, al canal recolector e ingreso a Floculadores



Fotografía 8 Tabiques horizontales acrílicos para flujo horizontal.

En la fotografía 9 canal recolector de agua proveniente de floculadores, cuyo ingreso se hace por vertedero en la parte superior y posteriormente ingresa por los orificios que conducen el flujo bajo los paneles del Sedimentador.



Fotografía 9 Canal de ingreso del agua a Filtros de Alta Tasa

Se observa en la fotografía No 10 canal de recolección proveniente de Floculadores y previo sistema de sedimentadores de alta tasa compuesto por dos unidades.



Fotografía 10 Vista posterior de Sedimentadores, al fondo filtros

Se observa en la fotografía No 11 canal de recolección proveniente de Floculadores y previo sistema de sedimentadores de alta tasa compuesto por dos unidades.



Fotografía 11 Vista posterior de Sedimentadores se observan los paneles hexagonales de flujo ascendente, al fondo filtros rápidos.

La fotografía No. 12 muestra la transición entre los sedimentadores de alta tasa a la cámara de agua clarificada y su ingreso por vertedero a los filtros rápidos compuestos por medios filtrantes de antracita y arena.



Fotografía 12 Paso del Agua de los sedimentadores a filtros lentos - flujo descendente en arena



Fotografía 13 Paso del Agua de los sedimentadores a filtros lentos - flujo descendente en arena

Se observa en la Fotografía No. 14 las válvulas que sirven para desocupar cada uno de los filtros descendentes, sin embargo el operador los usa como lavado,, no obstante en la superficie del manto no se efectúa ninguna actividad que elimine las impurezas allí acumuladas, lo que representa un proceso inadecuado.



Fotografía 14. Válvulas de lavado en la parte baja de los filtros de flujo descendente, descarga abierta.



Fotografía 15 Tanques 1 y 2 de Almacenamiento de 70 y 50 Metros Cúbicos.

Ingreso del agua filtrada y clorada al tanque de almacenamiento de 70 metros cúbicos, para distribuir a las veredas, la fotografía 16 muestra el nivel del agua en el depósito en uno de los picos de mayor demanda para el proyecto.



Fotografía 16 Interior de tanque de almacenamiento No. 1 en los momentos de mayor consumo



Fotografía 17 Ingreso del agua clarificada a los filtros descendentes.

La Fotografía 18 muestra la inyección de cloro gaseoso al sistema, mediante dispositivo en entrega, previo al ingreso al almacenamiento.



Fotografía 18 Inserción de Cloro gaseoso al efluente de la Planta, previo al almacenamiento.

La fotografía No.19 muestra la Presentación del sistema dosificador de Cloro gaseoso, dentro de la caseta para tal fin y el almacenamiento del mismo.



Fotografía 19 Sistema de Cloración dentro de la Caseta para tal Fin.



Fotografía 20. Contenedor vertical de cloro gaseoso.

ANEXO No. 3 PLANO PTAP

