

**TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PASANTÍA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA PROGRAMACIÓN DE OBRA Y PRESUPUESTO  
DURANTE LA ETAPA DE PLANEACIÓN DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS  
EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



**INFORME FINAL  
TRABAJO DE GRADO  
MODALIDAD PASANTÍA**

**PRESENTADO POR:  
DUVAN FELIPE VILLAMIL CASTRO  
100413020394**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA  
POPAYAN – ENERO 2020**

**TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PASANTÍA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA PROGRAMACIÓN DE OBRA Y PRESUPUESTO  
DURANTE LA ETAPA DE PLANEACIÓN DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS  
EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



**INFORME FINAL  
TRABAJO DE GRADO  
MODALIDAD PASANTÍA**

**PRESENTADO POR:  
DUVAN FELIPE VILLAMIL CASTRO  
CODIGO: 100413020394  
duvanvica@gmail.com**

**DIRECTOR DE PASANTIA:  
M.Sc. CARLOS A. GALLARDO B.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA  
POPAYÁN, ENERO 2020**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los jurados han evaluado este documento y han escuchado la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan al estudiante Duvan Felipe Villamil Castro, para que desarrolle las gestiones administrativas para optar el título de Ingeniero Civil.

---

Ing.  
Docente Departamento de Hidráulica  
Jurado

---

M.Sc. **CARLOS A. GALLARDO B.**  
Docente Departamento de Hidráulica  
Director

1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. OBJETIVOS .....	11
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS .....	12
4. PROPOSITOS GENERALES DE LAS OBRAS .....	12
5. DESCRIPCIONES GENERALES DEL TRABAJO .....	13
6. TRABAJO DE OFICINA.....	13
6.1 VERIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS ADJUDICADOS Y TERMINADOS .....	13
6.2 VERIFICACIÓN DE LAS ACTAS DE ENTREGA TOTAL EN LOS PROYECTOS	13
6.3 VERIFICACIÓN DEL PRESUPUESTO EL PROYECTO DE CIMARRONES	
(BOLÍVAR - CAUCA) .....	16
6.4 CHEQUEO DE PLANOS Y DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO DE USENDA	
(SILVIA - CAUCA).....	17
6.5 VERIFICACIÓN DE DISEÑO DE LA PTAP DE AIRES DEL CAMPO (TIMBÍO -	
CAUCA) .....	19
6.5.1 Mezcla rápida.....	19
6.5.2 Floculación .....	21
6.5.3 Sedimentación .....	21
6.5.4 Filtración .....	21
6.6 VERIFICACIÓN DE DISEÑO DE LA PTAP DE MICHICAO ETAPA II (CAJIBÍO–	
CAUCA) .....	23
6.6.1 Mezcla rápida.....	23
6.6.2 Floculación .....	24
6.6.3 Sedimentación y manto de lodos.....	26
6.6.4 Filtración (FRAMCA).....	27
6.7 VERIFICACIÓN DE DISEÑO DEL ACUEDUCTO DE LA BERMEJA (BALBOA -	
CAUCA) .....	28



6.7.1	Sistema de captación (Bocatoma) .....	28
6.7.2	Red de aducción (Bocatoma - Desarenador) .....	30
6.7.3	Desarenador.....	31
6.7.4	Red de aducción (Desarenador - PTAP) .....	33
6.7.5	Diseño de la Planta de Tratamiento de agua Potable tipo compacta .....	34
6.7.6	Mezcla rápida.....	35
6.7.7	Floculación .....	35
6.7.8	Sedimentación de alta tasa.....	36
6.7.9	Filtración .....	37
6.7.10	Tanque de contacto .....	38
6.7.11	Sistema de tratamiento de lodos.....	40
6.7.12	Cámaras distribuidoras de caudal.....	41
6.7.13	Tanques de almacenamiento.....	41
6.8	VERIFICACIÓN DE DISEÑO DE LA PTAP DE GABRIEL LÓPEZ (TOTORÓ - CAUCA) .....	42
6.8.1	Mezcla rápida.....	43
6.8.2	Floculación .....	43
6.8.3	Sedimentación .....	44
6.9	DISEÑO DE LAS CÁMARAS DE ENTRADA DE PTAP DE OLAYA (PATÍA- CAUCA) .....	44
6.9.1	Cámara de los macromedidores .....	45
6.9.2	Cámaras de entrada.....	47
6.9.3	Mezcla rápida.....	48
6.9.4	Cámaras de distribución de caudal (Floculadores).....	50
7.	TRABAJO EN CAMPO .....	51
7.1	VISITA A LA PTAP DE MICHICAO ETAPA I (CAJIBÍO - CAUCA).....	51
7.1.1	Mezcla rápida.....	51
7.1.2	Floculación .....	52
7.1.3	Sedimentación .....	52
7.2	VISITA A LA PTAP DE LA SIERRA (SIERRA-CAUCA) .....	53



7.2.1	Descripción del problema .....	53
7.3	VISITA A LA PTAP DE BALBOA (BALBOA CAUCA) .....	55
7.3.1	PTAP principal de Balboa (Balboa-Cauca) .....	55
7.3.2	PTAP secundaria de Balboa (Balboa-Cauca) .....	57
7.4	VISITA A LA BOCATOMA DEL ACUEDUCTO DE PADILLA (PADILLA - CAUCA) 59	
7.5	VISITA AL ACUEDUCTO DE USENDA (SILVIA-CAUCA).....	61
8.	CONCLUSIONES .....	63
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	64
10.	ANEXOS .....	65



## FIGURAS

Figura 1.localización de los proyectos.....	12
Figura 2. Acta de liquidación.....	15
Figura 3. Plano récor acueducto de Usenda (Silvia-Cauca).....	18
Figura 4. 3D. PTAP de Aires del Campo (Timbio- Cauca).....	19
Figura 5. Vista en planta de Mezcla Rápida PTAP de Buenos Aires (Timbío-Cauca).....	20
Figura 6.Vista en perfil de Mezcla Rápida PTAP de Buenos Aires (Timbío-Cauca).....	20
Figura 7. Vista en planta de la PTAP de Aires de campo (Timbío-Cauca).....	22
Figura 8. Vista en perfil de la PTAP de Aires de campo (Timbío-Cauca).....	22
Figura 9. Vista en planta PTAP de Michicao etapa II (Cajibío - Cauca).....	23
Figura 10. Diseño de la mezcla rápida prototipo.....	24
Figura 11. Diseño del floculador prototipo.....	25
Figura 12. 3D Diseño en perfil del floculador prototipo.....	25
Figura 13. Diseño de sedimentador prototipo.....	26
Figura 14. Diseño de filtros prototipos (FRAMCA).....	27
Figura 15. Topografía de la bocatoma del acueducto de la Bermeja (Balboa-Cauca).....	28
Figura 16. Diseño de la rejilla de la bocatoma de la Bermeja (Balboa-Cauca).....	29
Figura 17. Vista en planta de la Bocatoma de la Bermeja (Balboa-Cauca).....	29
Figura 18.Vista en perfil de la Bocatoma de la Bermeja (Balboa-Cauca).....	30
Figura 19. Vista en planta del Desarenador de la Bermeja (Balboa-Cauca).....	32
Figura 20. Vista en perfil del Desarenador de la Bermeja (Balboa-Cauca).....	32
Figura 21. Vista en planta de PTAP de la Bermeja (Balboa- Cauca).....	34
Figura 22. Perfil hidráulico de la PTAP de la Bermeja (Balboa-Cauca).....	34
Figura 23. Mezclador hidráulico de la Bermeja (Balboa-Cauca).....	35
Figura 24.Vista en planta del sedimentador-floculador de Bermeja (Balboa-Cauca).....	36
Figura 25. Vista en perfil del sedimentador-floculador de Bermeja (Balboa-Cauca).....	37
Figura 26. Vista en planta de los filtros tipo salchicha la Bermeja (Balboa-Cauca).....	38
Figura 27. Vista en perfil de los filtros tipo salchicha la Bermeja (Balboa-Cauca).....	38
Figura 28. Vista en planta del tanque de contacto la Bermeja (Balboa-Cauca).....	39
Figura 29Vista en planta del tanque de contacto la Bermeja (Balboa-Cauca).....	39
Figura 30. Vista en planta de sistema de lodos de la Bermeja (Balboa-Cauca).....	40
Figura 31 Vista en perfil de sistema de lodos de la Bermeja (Balboa-Cauca).....	41
Figura 32.Tanque de almacenamiento plástico Bermeja (Balboa-Cauca).....	42
Figura 33 Mezcla rápida de la PTAP Gabriel López (Totoró-Cauca). ....	43
Figura 34. Vista en planta de sedimentador--floculador de Gabriel López (Totoró-Cauca)44	44
Figura 35. Plano récor de las cámaras de entrada de PTAP de Olaya (Patía-Cauca).....	45
Figura 36. Vista en planta de cámara de macromedidores PTAP de Olaya (Patía-Cauca) .....	45



Figura 37. Vista en perfil de cámara de macromedidores PTAP de Olaya (Patía-Cauca)	46
Figura 38. Vista en perfil de la cámara de válvulas PTAP de Olaya (Patía-Cauca)	46
Figura 39. Vista en planta de la cámara de entrada de Olaya (Patía-Cauca)	47
Figura 40. Vista en perfil de la cámara de entrada de Olaya (Patía-Cauca)	48
Figura 41. Vertedero rectangular con 2 contracciones tipo I	48
Figura 42. Vista en planta de la mezcla rápida PTAP de Olaya (Patía-Cauca)	49
Figura 43. Vista en perfil de la mezcla rápida PTAP de Olaya (Patía-Cauca)	49
Figura 44. Vista en planta cámaras de distribución de caudal PTAP de Olaya (Patía-Cauca)	50
Figura 45. Vista en planta cámaras de distribución de caudal PTAP de Olaya (Patía-Cauca)	50
Figura 46. Vertedero rectangular con 2 contracciones tipo II	51
Figura 47. Foto de mezcla rápida PTAP de Michicao etapa I (Cajibío-Cauca)	51
Figura 48. Foto de floculador PTAP de Michicao etapa I (Cajibío-Cauca)	52
Figura 49. Foto de sedimentación PTAP de Michicao etapa I (Cajibío-Cauca)	52
Figura 50. Foto de entrada de PTAP de la Sierra (Sierra-Cauca)	53
Figura 51. Foto filtro grueso PTAP de la Sierra (Sierra-Cauca)	54
Figura 52. Foto PTAP en general de la Sierra (Sierra-Cauca)	54
Figura 53. Foto de PTAP principal de la Sierra (Sierra-Cauca)	55
Figura 54. Foto filtro dinámico PTAP principal de la Sierra (Sierra-Cauca)	56
Figura 55. Foto de filtros gruesos PTAP principal de la Sierra (Sierra-Cauca)	56
Figura 56. Foto filtros lentos PTAP principal de la Sierra (Sierra-Cauca)	57
Figura 57. Foto filtro dinámico PTAP secundaria de la Sierra (Sierra-Cauca)	58
Figura 58. Foto de filtros gruesos PTAP secundario de la Sierra (Sierra-Cauca)	58
Figura 59. Foto filtros lentos PTAP secundario de la Sierra (Sierra-Cauca)	59
Figura 60. Foto bocatoma principal del acueducto de Padilla (Padilla-Cauca)	60
Figura 61. Foto del desarenador principal del acueducto Padilla (Padilla-Cauca)	60
Figura 62. Foto del canal secundario del acueducto de Padilla (Padilla-Cauca)	61
Figura 63. Foto de tubería provisional del acueducto Padilla (Padilla-Cauca)	61
Figura 64. Foto cámara de quiebre improvisada	62
Figura 65. Foto cámara de quiebre improvisada con desperdicios	62



## TABLAS

Tabla 1. Contratos del mes de abril del 2019 .....	14
Tabla 2. Resumen de estructuras del proyecto.....	16
Tabla 3. Valor cadena proyecto cimarrones. ....	17
Tabla 4. Iteración de la tubería (Bocatoma-Desarenador) .....	30
Tabla 5. Iteración de la tubería (Desarenador -PTAP).....	33
Tabla 6. Perfil hidráulico de la tubería (Desarenador-PTAP) .....	33



## 1. INTRODUCCIÓN

La Universidad del Cauca da la oportunidad a los estudiantes de realizar como trabajo de grado la modalidad de pasantía Acuerdo No. 027 de 2012 (sobre reglamentación del Trabajo de Grado en los pregrados) del Consejo Superior Universitario y la Resolución FIC - 820 de 2014 (reglamento de trabajo de grado en la Facultad de Ingeniería Civil) y así otorgar el título de Ingeniero Civil. Esta práctica permite desarrollar, consolidar y ampliar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria que serán útiles en el futuro de la vida profesional.

Este trabajo de grado se enfoca en la práctica como pasante en la empresa EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.. ubicada en la ciudad de Popayán donde se ofrece la oportunidad al pasante de participar en los procesos de programación de obra, cálculo de presupuestos, análisis de precios unitarios y supervisión de construcción para la ejecución de la obra, donde el estudiante podrá incursionar y conocer acerca de los diferentes procesos llevados a cabo en el área de planeación, costos y administración de obra.

De esta manera se garantizará que los resultados obtenidos en esta práctica satisfagan los objetivos esperados, permitiendo adquirir la experiencia necesaria para el futuro desempeño profesional, aplicando activamente los conocimientos y criterios desarrollados a lo largo del periodo de aprendizaje universitario.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Realizar la labor de auxiliar de ingeniería en la programación de obra y presupuesto en la etapa de planeación en el área de acueductos y alcantarillados en el Departamento del Cauca.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar la planeación y programación de cada una de las actividades de construcción.
- Calcular las cantidades de obra y el presupuesto el proyecto.
- Supervisar que la obra se ejecute de acuerdo a los planos de diseños y al cronograma de actividades.



### 3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Figura 1. Localización de los proyectos.



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

Los proyectos de EMCASERVICIOS S.A. E.S.P. se realizan en el Departamento del Cauca, se especializa en el sector de acueducto y alcantarillados para promover la mejora en el desempeño de los prestadores de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básicos de los Municipios vinculados al Plan Departamental de agua (Figura 1).

### 4. PROPOSITOS GENERALES DE LAS OBRAS

Las obras Departamentales de la institución EMCASERVICIOS S.A. E.S.P. están empleadas o tiene el propósito de aumentar la cobertura, calidad, continuidad en



acueductos y alcantarillados, además de minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente.

## **5. DESCRIPCIONES GENERALES DEL TRABAJO**

Las actividades realizadas se dividieron por etapas, ejecutando trabajos en oficina en el sector contratación, seguimiento y formulación. También se realizó un trabajo complementario en campo, el cual consistió en el seguimiento de operación de obras en ejecución y ya construidas. Este proceso fue supervisado por el subgerente de proyectos Ing. Roberth Duvall Hormiga Timaná.

## **6. TRABAJO DE OFICINA**

### **6.1 VERIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS ADJUDICADOS Y TERMINADOS**

En el proceso de oficina se realizó una verificación en la plataforma del SECOP 1, mediante el cual se obtuvo la información de los proyectos que se encuentra en proceso contractual y su estado, por lo tanto, se verificó los proyectos que la empresa de EMCASERVICIOS S.A. E.S.P. durante el periodo de febrero, abril, junio y agosto del 2019, los tipos de contratos son: Mínima cuantía, Concurso de méritos, Selección Abreviada, Licitaciones y Convenios, (Tabla 1).

### **6.2 VERIFICACIÓN DE LAS ACTAS DE ENTREGA TOTAL EN LOS PROYECTOS**

Es la verificación del acta de entrega total de cada uno de los proyectos liquidados en el periodo del 2010 hasta el 2015, se realizó este papeleo para la rendición de cuentas por el cambio de administración, en este proceso hay que verificar que las obras tengan sus respectivas firmas, porque en algunos momentos el dirigente a cargo de un municipio no firma dichas actas por problemas jurídicos de vigencia, (Figura 2).



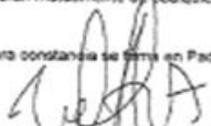
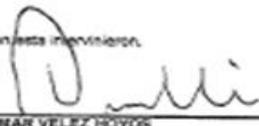
**Tabla 1. Contratos del mes de abril del 2019.**

N	PROCESO	VALOR	TIPO	OBSERVACIONES
47	ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE SUELOS PARA LA ESTABILIZACIÓN, CONTENCIÓN Y/O PROTECCIÓN DE LOS PROYECTOS QUE ADELANTA LA ENTIDAD	\$ 21,362,880.00	INITIACION MINIMA CUANTIAN*08 DE 2019	ADJUDICADO EL 25/04/2019
36	INTERVENTORIA Construcción de Alcantarillado Sanitario con sistema de tratamiento de aguas residuales para las veredas de Santa Rita, Galito Nuevo y La Betulia, resguardo de San Francisco.	\$ 195,539,545.00	CONCURSO DE MERTOS N°06 DE 2019	ADJUDICADO EL 04/04/2019
37	1) ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DE BOCATOMA, DESARENADOR Y LINEA DE CONDUCCION PARA CONECTAR A LA PTAP EXISTENTE, MUNICIPIO DE TOBÓ - CAUCA 2) ESTUDIOS Y DISEÑOS AMPLIACION DE COBERTURA DEL ACUEDUCTO INTERMEDIAL DEL CORREGIMIENTO DE TIMBA - MUNICIPIO BUENOS AIRES - CAUCA 3) ESTUDIOS Y DISEÑOS SISTEMA DE ACUEDUCTO ZONA RURAL (ORIENTE), MUNICIPIO DE POPAYÁN, DEPARTAMENTO DEL CAUCA	\$ 588,893,875.00	CONCURSO DE MERTOS N°07 DE 2019	TERMINACION ANORMAL 31/05/2019
38	INTERVENTORIA 1) ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE MOSOCO, MUNICIPIO DE PAZ - DEPARTAMENTO DEL CAUCA. Y 2) ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DEL ACUEDUCTO INTERMEDIAL DE RONEGRO EN EL MUNICIPIO DE INZA - CAUCA	\$ 94,419,337.00	CONCURSO DE MERTOS N°08 DE 2019	ADJUDICADO EL 22/04/2019
39	INTERVENTORIA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE EL BORDO CABECERA MUNICIPAL DEL PATIA	\$ 639,182,123.00	CONCURSO DE MERTOS N°09 DE 2019	ADJUDICADO EL 03/05/2019
40	INTERVENTORIA 1) ALC SECTOR FRONTERA CABECERA MUNICIPAL; 2) PTAP Y AC INTERMEDIAL TAVINANGO, SAN JERONIMO; 3) PTAP Y AC PALMAR	\$ 245,488,595.00	CONCURSO DE MERTOS N°10 DE 2019	PROCESO DE CONTRATACION
43	INTERVENTORIA DE OBRA: 1) CONSTRUCCION DEL ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR BRISAS DE SAN JOSE, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, MUNICIPIO DE GUACHENE; 2) CONSTRUCCION OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL ACUEDUCTO DE PATUGO MUNICIPIO DE PUJACÉ - DEPARTAMENTO DEL CAUCA; 3) CONSTRUCCION DE UNIDADES SANITARIAS CON SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA VIVIENDA RURAL DISPERSA EN LAS VEREDAS MIRAFLORES Y SANTALLUCA, MUNICIPIO DE SILVA; 4) OPTIMIZACION DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS TRES PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR SAN CAJETANO, PTAR LOS ALPES Y PTAR LA PRIMAVERA) EN EL MUNICIPIO DE PIENDAMO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA	\$ 297,685,968.00	CONCURSO DE MERTOS N°11 DE 2019	ADJUDICADO EL 30/05/2019
44	ACTUALIZACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE MOSOCO, MUNICIPIO DE PAZ - DEPARTAMENTO DEL CAUCA	\$ 268,583,000.00	CONCURSO DE MERTOS N°12 DE 2019	DESIERTO
33	EL CONTRATISTA SE OBLIGA PARA CON EMCASERVICIOS S.A. E.S.P. A REALIZAR LA OBRA CIVIL OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGANICOS UBICADO EN EL VENEROLA PATOJITA EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA	\$ 258,443,015.00	SELECCION ABREVIADA N°02 DE 2019	ADJUDICADO EL 10/04/2019
41	CONSTRUCCION OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL ACUEDUCTO DE PATUGO MUNICIPIO DE PUJACÉ - DEPARTAMENTO DEL CAUCA	\$ 99,595,098.00	SELECCION ABREVIADA N°03 DE 2019	ADJUDICADO EL 24/05/2019
46	OPTIMIZACION DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS TRES PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR SAN CAJETANO, PTAR LOS ALPES Y PTAR LA PRIMAVERA) EN EL MUNICIPIO DE PIENDAMO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA	\$ 209,906,358.00	SELECCION ABREVIADA N°04 DE 2019	ADJUDICADO EL 10/06/2019
48	1) Fortalecimiento del Sistema de recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios en el municipio de Jambalí. 2) FORTALECIMIENTO DEL COMPONENTE DE RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS EN EL MUNICIPIO DE BALBOA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA 3) FORTALECIMIENTO DEL COMPONENTE DE RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS EN EL MUNICIPIO DE GUACHENE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA	\$ 1,587,155,594.00	SELECCION ABREVIADA - SUBASTA INVERSA N°05 DE 2019	DESIERTO
32	OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE EL BORDO CABECERA MUNICIPAL DEL PATIA	\$ 14,000,000,000.00	LICITACION PUBLICA N° 010 DE 2019	ADJUDICADO EL 06/05/2019
42	CONSTRUCCION DE UNIDADES SANITARIAS CON SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA VIVIENDA RURAL DISPERSA EN LAS VEREDAS MIRAFLORES Y SANTALLUCA, MUNICIPIO DE SILVA	\$ 1,091,467,217.00	LICITACION PUBLICA N° 020 DE 2019	DESIERTO
45	CONSTRUCCION DEL ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR BRISAS DE SAN JOSE, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, MUNICIPIO DE GUACHENE	\$ 98,254,430.00	LICITACION PUBLICA N° 030 DE 2019	ADJUDICADO EL 28/05/2019
52	REHABILITACION ESTRUCTURAS DE CAPTACION Y ADUCCION SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LOS RIOS PIEDRAS Y MOLINO DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN	\$ 937,841,663.00	CONVENIO	CONVENIO SUSCRITO

FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.



Figura 2. Acta de liquidación.

		ACTA DE LIQUIDACION		CODIGO	P01-P01-P-02
		CONTROLADO SI o NO		VERSION	01
				FECHA DE EMISION	05/12/2018
<b>04. PAGOS Y AMORTIZACION ANTICIPO</b>					
DETALLE	VALOR	AMORTIZACION ANTICIPO	VALOR PAGADO	BALDO AMORTIZAR ANTICIPO	
ANTICIPO	\$ 2.329.266.200,00			\$2.329.266.200,00	
ACTA PARCIAL No 1	\$ 509.289.857,00	\$ 363.716.942,80	\$545.573.914,20	\$1.265.550.260,20	
ACTA PARCIAL No 2	\$ 524.234.493,00	\$ 209.690.797,20	\$314.542.696,80	\$1.756.896.463,00	
ACTA PARCIAL No 3	\$ 1.517.911.333,00	\$ 607.164.533,20	\$910.746.799,80	\$1.148.691.929,80	
ACTA PARCIAL No 4	\$ 1.260.329.891,00	\$ 504.131.556,40	\$756.187.334,60	\$644.560.373,40	
ACTA PARCIAL No 5	\$ 650.549.326,00	\$ 380.219.722,00	\$570.309.583,00	\$264.340.651,40	
ACTA PARCIAL No 6	\$ 552.585.474,00	\$ 221.034.189,60	\$331.551.284,40	\$43.306.461,60	
ANTICIPO ADICIONAL	\$ 409.253.048,00			\$409.253.048,00	
ACTA PARCIAL No 7	\$ 789.082.489,00	\$ 315.632.895,60	\$473.449.493,40	\$136.626.514,20	
ACTA No. 08 Y FINAL	\$ 342.309.796,00	\$198.926.514,20	\$ 205.383.251,80	\$ 0,00	
<b>05. BALANCE FINAL DEL CONTRATO</b>					
VALOR TOTAL DEL CONTRATO			\$5.846.296.129,00		
VALOR TOTAL EJECUTADO				\$6.846.291.603,00	
BALDO A FAVOR DEL MUNICIPIO DE PADILLA				\$ 6.521,00	
SUMAS IGUALES	\$5.846.296.129,00			\$6.846.296.129,00	
<b>06. POLIZAS</b>					
El contratista constituye la póliza de estabilidad de obra, por un término de cinco (5) años, contadas a partir de la firma del acta de recibido final de obra y por una cuantía equivalente al treinta por ciento (30%) del valor total de obra ejecutada de acuerdo al acta de recibido final de obra.					
Póliza de estabilidad de obra No.:	03 GU051214				
Certificado No.	03 GU11728				
Compañía de seguros	CONFIANZA				
<b>07. CONSIDERACIONES:</b>					
Las partes firmantes manifiestan estar totalmente de acuerdo con la presente acta de liquidación, dejando las siguientes constancias:					
1. El Interventor certifica que el objeto de las obligaciones derivadas del contrato de obra N° 44 de 2015 fueron ejecutadas y recibidas a entera satisfacción, cumpliendo dentro de la ejecución con la normatividad contemplada en la norma RAS, la resolución 2200 de 2009, resolución 379 de 2012 y resolución 604 de 2013, así como también con los documentos que dependen del contratista, como las demás obligaciones contractuales.					
2. El Interventor certifica que las sumas pagadas por concepto de seguridad social y parafiscales son las que efectivamente debieron ser cotizadas y aportadas al sistema de seguridad social, conforme al valor del contrato y al tiempo de ejecución de la consultoría e interventoría, y que se encuentra a paz y salvo con el personal que labora en el proyecto.					
3. El contratista manifiesta que el MUNICIPIO DE PADILLA, cumplió con todas las obligaciones a su cargo, por tanto renuncia a toda acción o demanda contra la entidad en relación con el objeto contractual y con relación a la presente acta de liquidación.					
4. las partes manifiestan que aceptan la liquidación del contrato No. 046 de 2015, a partir de la fecha de la fecha de suscripción de la presente acta y se liberan mutuamente de cualquier obligación que pueda derivarse del contrato en mención declarándose a paz y salvo por todo concepto.					
Para constancia se firma en Padilla a los 25 días del mes de Septiembre de 2018, por los que en esta intervienen,					
 VICTOR HUGO VIDAL AGUILAR ALCALDE MUNICIPAL PADILLA - CAUCA		 OMAR VELEZ TROYOS CONTRATISTA			
 NESTOR RAMIREZ CARRERAS R.L. CONSORCIO PADILLA NUC INTERVENTORA		 ALFREDO ALFREDO GARIAN SUPERVISOR PADILLA - CAUCA			
<small>Modelo 07web-Agencia Sección, Secretaría de Planeación Municipal</small>					

FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.



### 6.3 VERIFICACIÓN DEL PRESUPUESTO EL PROYECTO DE CIMARRONES (BOLÍVAR - CAUCA)

El proyecto del Cimarrones (Bolívar - Cauca) es un sistema del acueducto Inter veredal que está constituido por diferentes estructuras, (Tabla 2).

**Tabla 2. Resumen de estructuras del proyecto.**

CONSTRUCCION ACUEDUCTO INTERVEREDAL CIMARRONAS, BOLIVAR CAUCA			
RESUMEN VALOR DEL PROYECTO			
DE DESCRIPCION	TUBERIAS	OBRA CIVIL	TOTAL
1	CAPTACION		\$ 33,732,406
2	DE SARENADOR		\$ 39,071,248
3	TANQUE DE ALMACENAMIENTO BELLAVISTA		\$ 36,147,145
4	CAMARA DE REPARTO No. 1		\$ 5,672,635
5	TANQUE DE ALMACENAMIENTO CIMARRONAS		\$ 47,259,507
6	CAMARA DE REPARTO No. 2		\$ 5,614,823
7	TANQUE DE ALMACENAMIENTO EL PANAL		\$ 38,483,903
8	CAMARA DE REPARTO No. 3		\$ 5,514,159
9	TANQUE DE ALMACENAMIENTO ARRAYANAL		\$ 34,374,447
10	CONDUCCIONES Y REDES DISTRIBUCION	\$ 185,637,655	\$ 1,237,075,476
<b>SUMA</b>		<b>185,637,655</b>	<b>1,482,945,749</b>
INTERVENTORIA A DQUIISION TUBERIAS		<b>3,712,753</b>	<b>VALOR TOTAL DEL PROYECTO</b> <b>1,840,831,925</b>
INTERVENTORIA OBRA CIVIL		<b>168,535,768</b>	

En el proyecto era necesario el chequeo de las cantidades, precios de concretos, los cuales se realizó el valor cadena de cada uno de los ítems de la obra civil.



El valor cadena se utiliza para definir los costos de los equipos, materiales, transporte, mano de obra calificada y mano de obra no calificada, este proceso es necesario para subir el proyecto al SECOP 1, es necesario conocer el valor de los costos de cada obra civil que se encuentra en la Tabla 2.

Este chequeo de precios es el último que se hace para aprobar el presupuesto y realizar los últimos trámites de permisos y firmas del municipio, (Tabla 3).

**Tabla 3. Valor cadena proyecto cimarrones.**

CONSTRUCCION ACUEDUCTO INTERVEREDAL CIMARRONAS, MUNICIPIO DE BOLIVAR								
ITEM	DESCRIPCION	TOTAL	EQUIPOS	MATERIALES	TRANSPORTE	M.O.N,C (60%)	M.O. (40%)	SUMA
1.	CAPTACION	\$ 25,718,516	\$ 1,138,478	\$ 18,939,778	\$ 510,111	\$ 3,078,089	\$ 2,052,059	\$ 25,718,516
2	DESARENADOR	\$ 29,788,997	\$ 937,870	\$ 21,203,238	\$ 382,449	\$ 3,184,941	\$ 2,123,294	\$ 29,788,997
3	TANQUE DE ALMACENAMIENTO VEREDA BELLAVISTA	\$ 27,559,580	\$ 1,014,442	\$ 20,762,151	\$ 139,070	\$ 3,386,350	\$ 2,257,567	\$ 27,559,580
4	CAMARA DE REPARTO N#1	\$ 4,324,973	\$ 87,841	\$ 3,508,190	\$ 41,757	\$ 412,312	\$ 274,874	\$ 4,324,973
5	TANQUE DE ALMACENAMIENTO CIMARRONES	\$ 36,031,951	\$ 1,385,092	\$ 26,563,551	\$ 169,814	\$ 4,748,096	\$ 3,165,397	\$ 36,031,951
6	CAMARA DE REPARTO N#2	\$ 4,280,896	\$ 87,521	\$ 3,467,472	\$ 41,637	\$ 410,560	\$ 273,707	\$ 4,280,896
7	TANQUE DE ALMACENAMIENTO VEREDA EL PANAL	\$ 29,341,189	\$ 1,067,932	\$ 22,163,769	\$ 147,769	\$ 3,577,032	\$ 2,384,688	\$ 29,341,189
8	CAMARA DE REPARTO N#3	\$ 4,204,147	\$ 82,901	\$ 3,416,898	\$ 40,917	\$ 398,059	\$ 265,372	\$ 4,204,147
9	TANQUE DE ALMACENAMIENTO ARRAYANAL	\$ 26,208,026	\$ 847,402	\$ 20,511,591	\$ 139,070	\$ 2,825,978	\$ 1,883,985	\$ 26,208,026
10	CONDUCCION Y REDES DE DISTRIBUCION	\$ 943,180,448	\$ 90,196,607	\$ 267,486,018	\$ 9,180,526	\$ 345,790,318	\$ 230,526,879	\$ 943,180,448

#### 6.4 CHEQUEO DE PLANOS Y DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO DE USENDA (SILVIA - CAUCA)

Se efectuó un chequeo de los planos y diseños del proyecto del acueducto de Usenda - Silvia, los cuales se encuentran en el archivo de la empresa, se realizó una comprobación

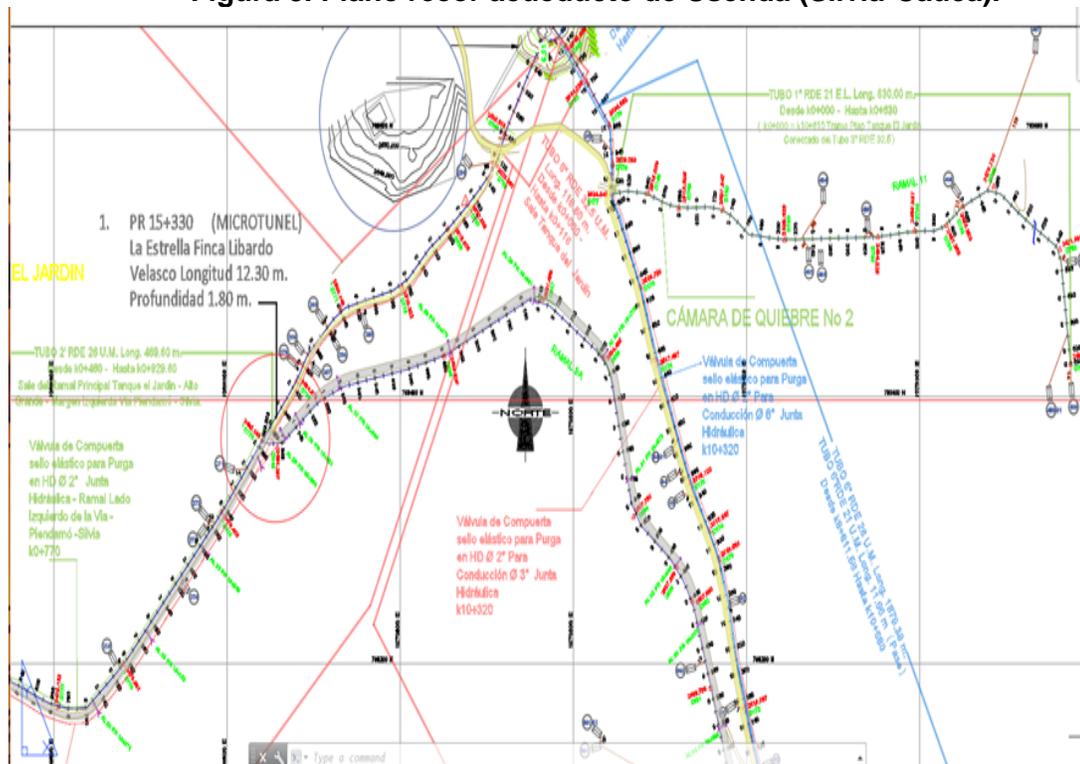


hidráulica en la red; el cual tuvo problemas financieros en la ejecución del contrato, por lo tanto, no se construyó en su totalidad, entonces se decidió que se construyera lo fundamental del proyecto.

El motivo que se realizó el chequeo de planos y documentación, fue por que llego una solicitud de problemas hidráulicos por parte de la cooperativa, que manifestó que están sufriendo problemas en el funcionamiento del acueducto, por lo tanto, comunicó que necesita apoyo técnico para identificar las dificultades del sistema.

Por problemas de servicio se manifestaron dificultades con los pobladores del lugar, por lo cual se programó una visita un mes después del trabajo de oficina, para realizar el recorrido completo de la red y verificar lo que se construyó en realidad, además de manifestar algunos problemas con los contadores instalados en el proyecto, (Figura 3).

**Figura 3. Plano récor acueducto de Usenda (Silvia-Cauca).**



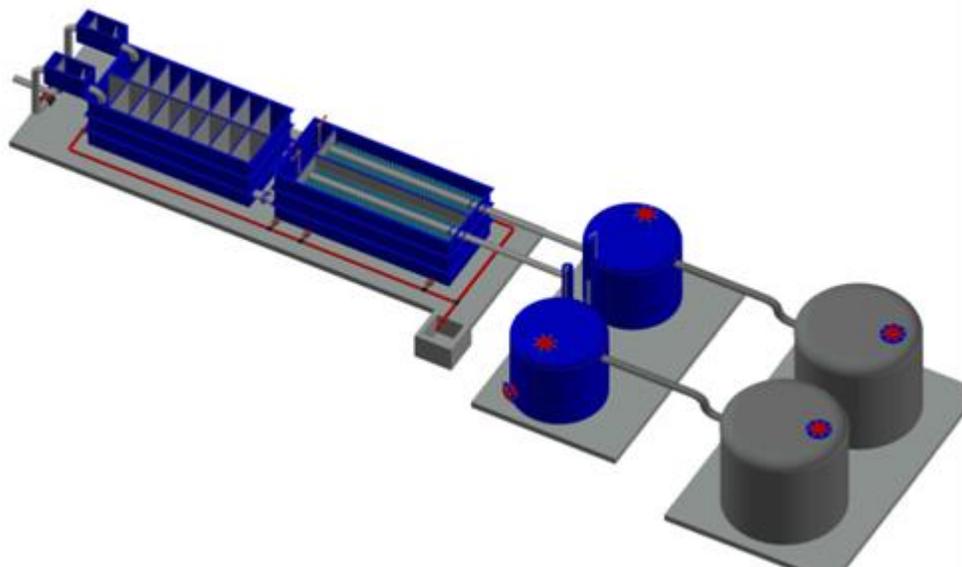
FUENTE. EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.



## 6.5 VERIFICACIÓN DE DISEÑO DE LA PTAP DE AIRES DEL CAMPO (TIMBÍO - CAUCA)

Esta verificación de diseño se realizó dos veces en el año 2019, por lo tanto, se realizó sus respectivas observaciones las cuales se encuentran a cargo por el Ing. Manuel Eliécer Arteaga, además de la verificación de las memorias de cálculo con sus respectivas formulas se incluyó el chequeo de planos los cuales se encuentran anexos a las memorias de cálculos, lo cual se diseña la PTAP con caudal de diseño de 17 lps, por tanto se plantea que el sistema trabaje en paralelo, para efectos de mantenimiento, (Figura 4).

**Figura 4. 3D. PTAP de Aires del Campo (Timbio- Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

### 6.5.1 Mezcla rápida

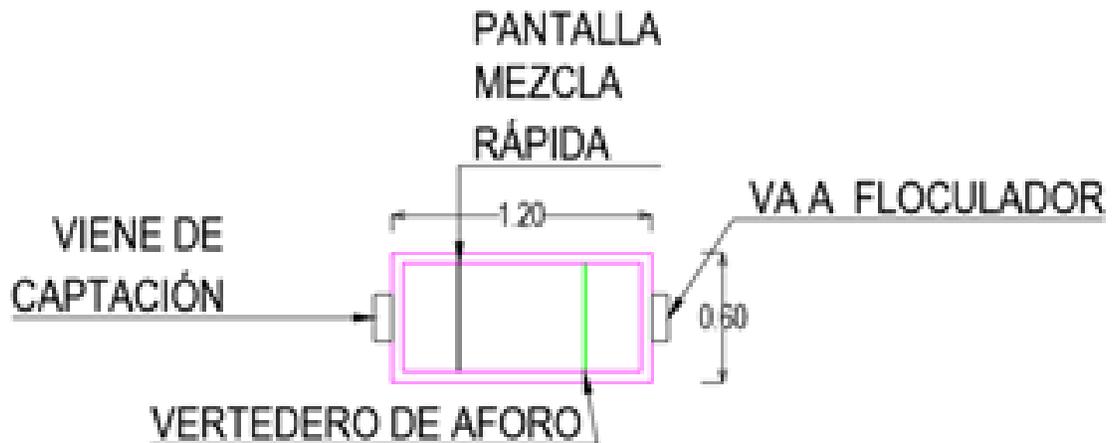
Se realiza con un mezclador hidráulico del tipo flujo de pistón. La adición de coagulante se realiza al pasar la masa de agua por un orificio localizado en el tabique intermedio de la cámara de mezcla (proyectada con dos compartimientos), en el primero o inicial se cumplen las funciones de cámara de llegada por disipación de la energía y en el segundo compartimiento, se produce la turbulencia efectiva de mezcla.



Se verificó los cálculos de velocidad del orificio, gradiente hidráulico (1000 - 2000) y la carga hidráulica sobre el orificio, también se chequeo las cotas de la estructura como sus dimensiones.

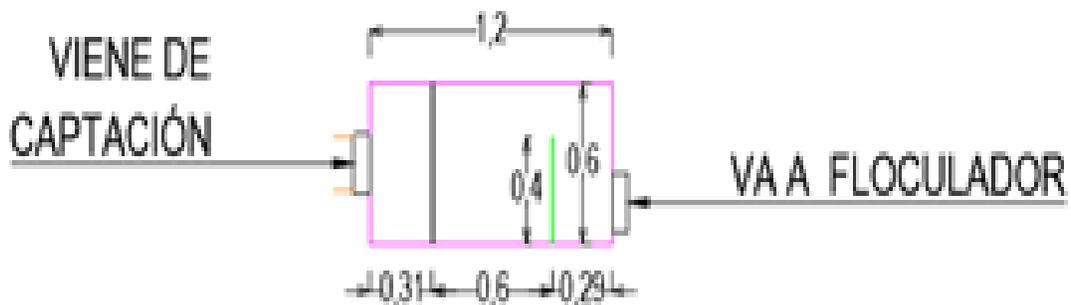
Además, se manifestó una presencia de unos vertederos de aforo para tener control de flujo, es decir para que cada sistema trabaje de manera equilibrada, por lo tanto, se planteó vertederos triangulares con sus respectivas tablas de calibración, (Figuras 5 y 6).

**Figura 5. Vista en planta de Mezcla Rápida PTAP de Buenos Aires (Timbío-Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

**Figura 6. Vista en perfil de Mezcla Rápida PTAP de Buenos Aires (Timbío-Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.



### 6.5.2 Floculación

Se proyectan dos floculadores hidráulicos del tipo Alabama modificado, de ocho cámaras con paso inferior de interconexiones entre ellas. Para obtener la deflexión de flujo en cada cámara se coloca una cortina intermedia, con una altura próxima a la mitad de la correspondiente a la lámina de agua 1.20 metros, cada uno con la capacidad de tratamiento de 8.5 lps para un total de 17 lps, se adoptó un tiempo de retención de 20 minutos.

Se verificó los cálculos de las velocidades de cada sección de orificio de paso, la pérdida de carga en las cámaras, incluyendo entrada y salida del floculador, los gradientes de velocidad correspondientes, por lo tanto, también se comprobó las cotas de la estructura en los planos presentados, como sus dimensiones, (Figuras 7 y 8).

### 6.5.3 Sedimentación

El tipo de sedimentación que se proyecta es la denominada de alta tasa o acelerada, conformado por módulos de ABS para alto impacto, conformados por tubos hexagonales de flujo cruzado de sección medía 6 cm x 6 cm, 1.04 m de altura y 60° de inclinación, apoyados en vigas de acero al carbón tipo canal U soldadas a la estructura de la planta, la carga de sedimentación varía en el rango de 120 a 180  $m^3/(m^2 \times dia)$ ., con módulos angostos.

Se verificaron los cálculos de la velocidad critica de sedimentación, área de sedimentación, flautas repartidoras, flautas recolectoras, profundidad del sedimentador, sistema de evacuación de lodos, hidráulica del desagüe y las dimensiones en los planos del sedimentador con sus respectivas secciones transversal con pendientes y cotas Figuras 7 y 8).

### 6.5.4 Filtración

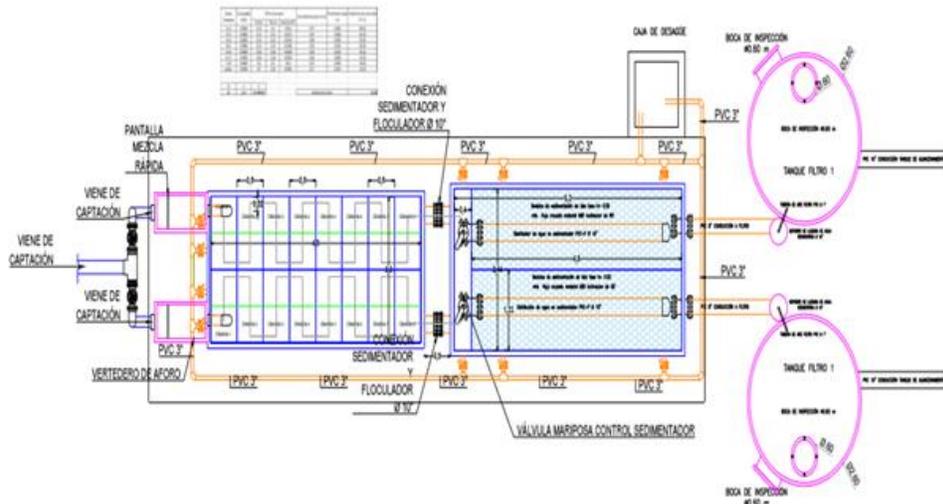
Para la filtración se proyecta dos filtros con lechos filtrantes multimedía (grava arena y antracita, con válvula de lavado), el funcionamiento básico se describe a continuación. El agua entra al filtro procedente del sedimentador, a través de un depósito de carga con un de diámetro e 14". Posteriormente pasa por el lecho filtrante compuesto por arena y antracita y el soporte de grava. Seguidamente asciende por el colector central de agua



filtrada hasta el depósito localizado en la parte superior el mismo, de donde sale una vez está lleno hacia el tanque de almacenamiento general del sistema de acueducto, previa desinfección, para su utilización.

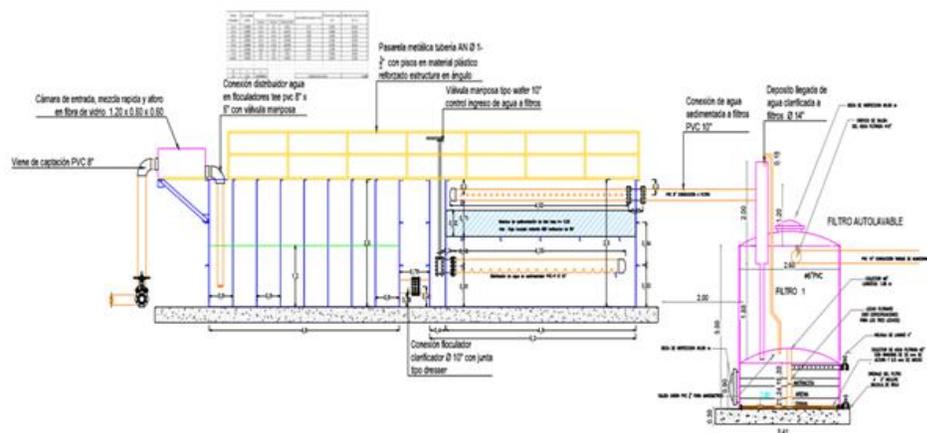
Se verificó los cálculos y datos como la tasa de filtración, pérdidas de carga durante la filtración, pérdida en el drenaje, hidráulica del lavado, pérdida de carga y la verificación de los planos,(Figuras 7 y 8).

**Figura 7. Vista en planta de la PTAP de Aires de campo (Timbío-Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

**Figura 8. Vista en perfil de la PTAP de Aires de campo (Timbío-Cauca).**

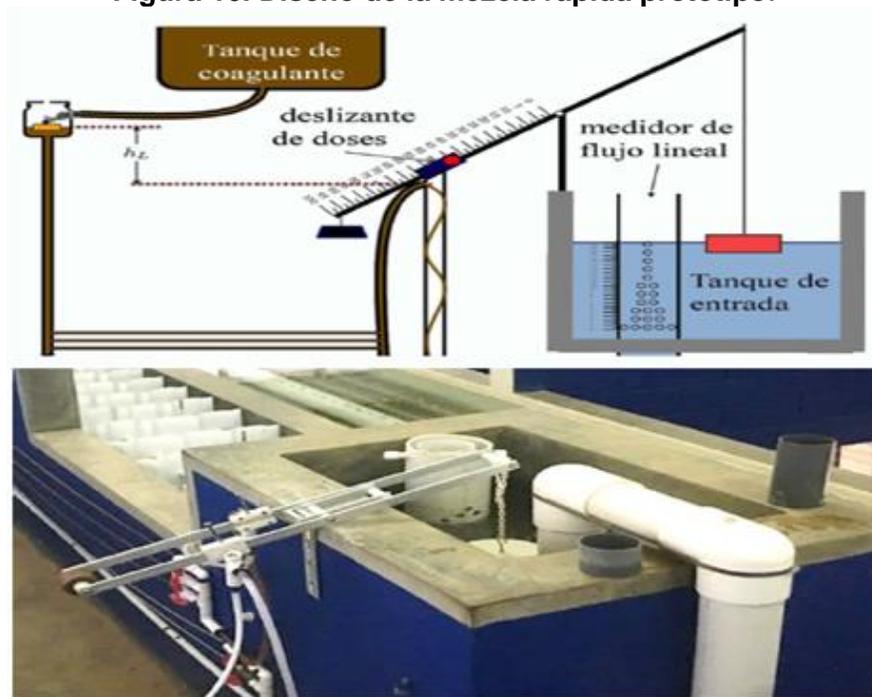


FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.





Figura 10. Diseño de la mezcla rápida prototipo.



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

### 6.6.2 Floculación

La floculación se da por el paso del agua ya coagulada por una serie de canales, en donde el agua es dirigida por deflectores. Este movimiento genera la mezcla lenta necesaria para la formación del floc. los diseños muchas veces se basan en la obtención de un gradiente de velocidad específico. Sin embargo, en este diseño se tiene prioridad sobre la obtención de un potencial de colisión adecuado.

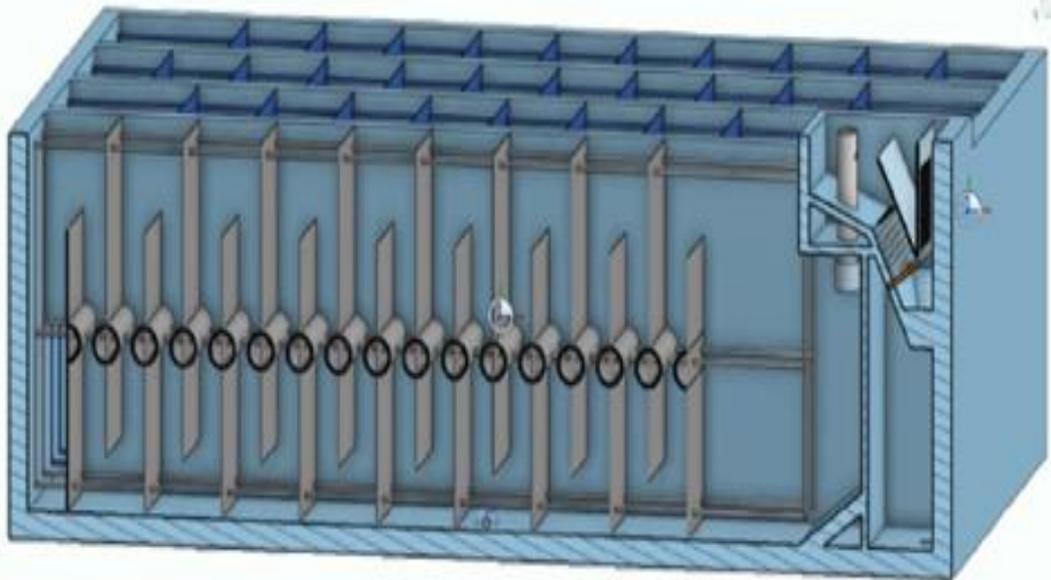
Se chequeo los valores de los cálculos del floculador como tasa media de disipación de energía ideal, tiempo de residencia mínimo, volumen mínimo del floculador, número de canales, anchos de los canales, separación entre las expansiones, separación entre los deflectores, pérdida de carga real, tasa media de disipación de energía real, volumen y tiempo de retención real, altura del floculador, altura de las láminas deflectores y las dimensiones de los obstáculos, (Figuras 11 y 12).

**Figura 11. Diseño del floculador prototipo.**



FUENTE. EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

**Figura 12. 3D Diseño en perfil del floculador prototipo.**



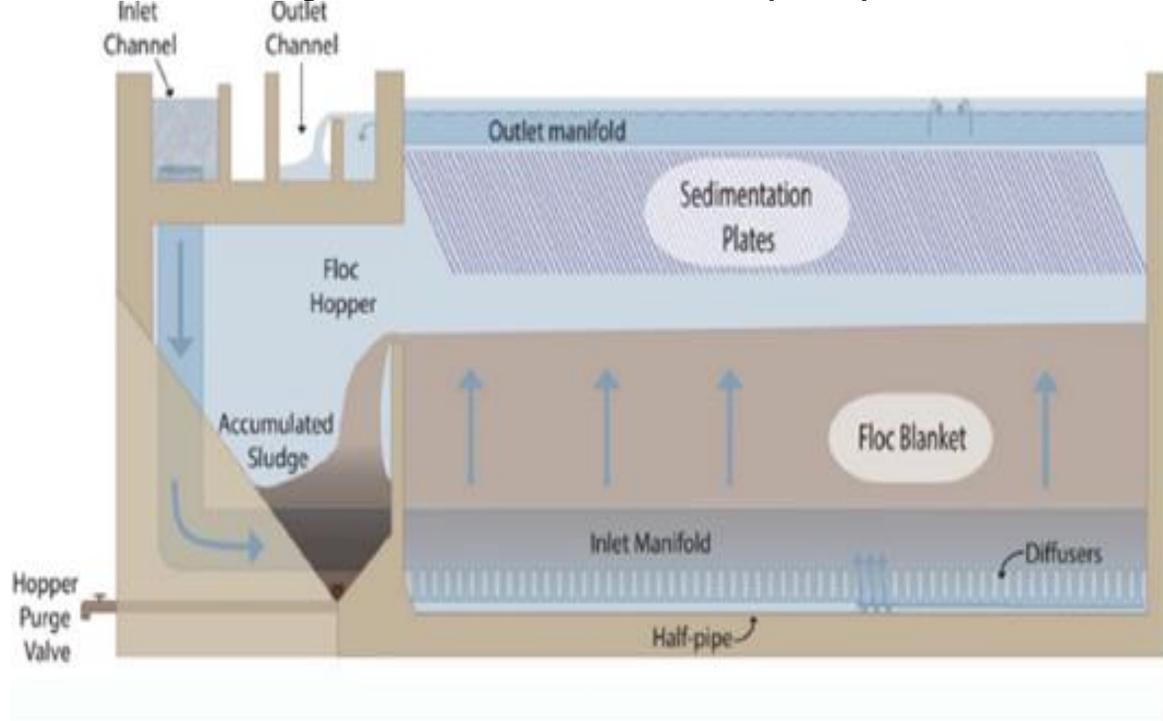
FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

### 6.6.3 Sedimentación y manto de lodos

El sedimentador de la PTAP se diseña para que el agua que entra tenga que pasar por el manto de lodos. El agua entra por un manifold en la parte inferior del sedimentador, el agua es dirigida verticalmente hacia un difusor, Luego de pasar por el difusor el agua sube y traspasa el manto de lodos y pasa por las placas de sedimentación. Y luego es recolectada en la parte superior del sedimentador, que el manto de lodos se mantiene a un nivel constante por la presencia de un vertedero. Los lodos caen a la tolva luego de pasar por el vertedero, para la planta se contará con 6 sedimentadores, cada uno de los sedimentadores trabajará con un caudal de operación máxima de 5.83 lps.

Se chequeo los valores de los cálculos del sedimentador como velocidad ascendente, dimensiones del sedimentador, largo efectivo del sedimentador, vertedero de lodos, placas de sedimentación y tubo recolector, (Figura 13).

**Figura 13. Diseño de sedimentador prototipo.**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

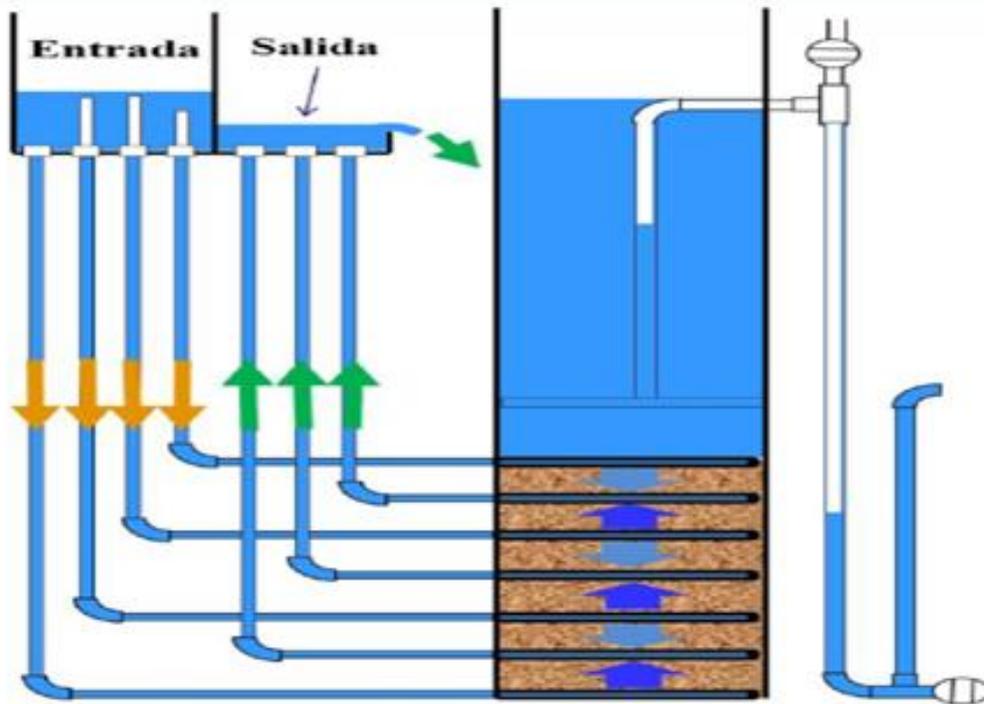
#### 6.6.4 Filtración (FRAMCA)

La filtración rápida permite tratar un mayor caudal de agua en un área menor, compensado por una mayor profundidad del lecho, para la PTAP de Michicao FASE II se tiene planeado un sistema de filtro rápido de arena en múltiples capas (FRAMCA).

El sistema por diseñar consta de un lecho de arena en el que hay múltiples entradas y salidas. La distancia entre entradas y salidas es menor que la usual en un lecho filtro rápido convencional, pero siendo la suficiente para un tratamiento efectivo desperdiciando lo menor posible la altura del lecho.

Se verificó los cálculos del filtro como una filtración normal, retro lavado, números de filtros, dimensionamiento del filtro, pérdida de carga en el filtro y lavado del filtro, (Figura 14).

**Figura 14. Diseño de filtros prototipos (FRAMCA).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

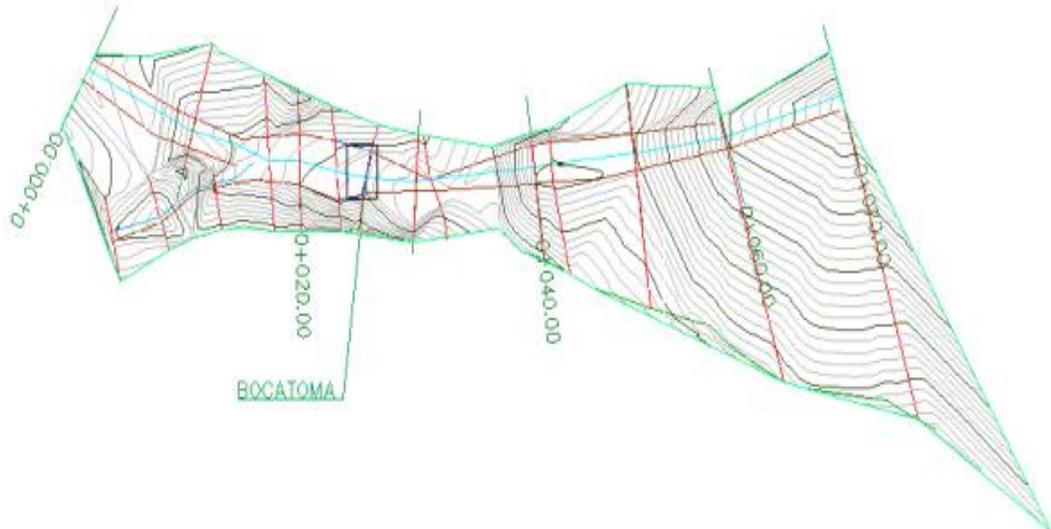
## 6.7 VERIFICACIÓN DE DISEÑO DEL ACUEDUCTO DE LA BERMEJA (BALBOA - CAUCA)

Se realizó el chequeo de los diseños de las estructuras correspondiente al sistema del acueducto perteneciente al corregimiento de la Bermeja, que busca dar solución al problema de acceso de agua potable a las veredas del Cairo, Cañaverál, Bermeja parte alta y baja, Limonar, Las Palmas, Altamira, Montaña Negra, Naranjal Y Rinconada, el proyecto está conformado por el sistema de captación, redes de aducción, conducción y distribución, sistema del desarenador, planta de tratamiento y tanques de almacenamiento de agua potable.

### 6.7.1 Sistema de captación (Bocatoma)

Se tiene en cuenta que el diseño se planteó un sistema de captación de fondo; se verificó los cálculos de la rejilla con sus dimensiones, la velocidad sobre la presa, canaleta de aducción, cámara de recolección, vertederos de excesos, cámara de excesos y muros de contención, se utilizó este diseño porque se encuentra una zona montañosa, los datos de los caudales de diseño y localización de la bocatoma se tomó de una consultaría previamente realizada en el año 2018, (Figuras 15,16,17 y 18).

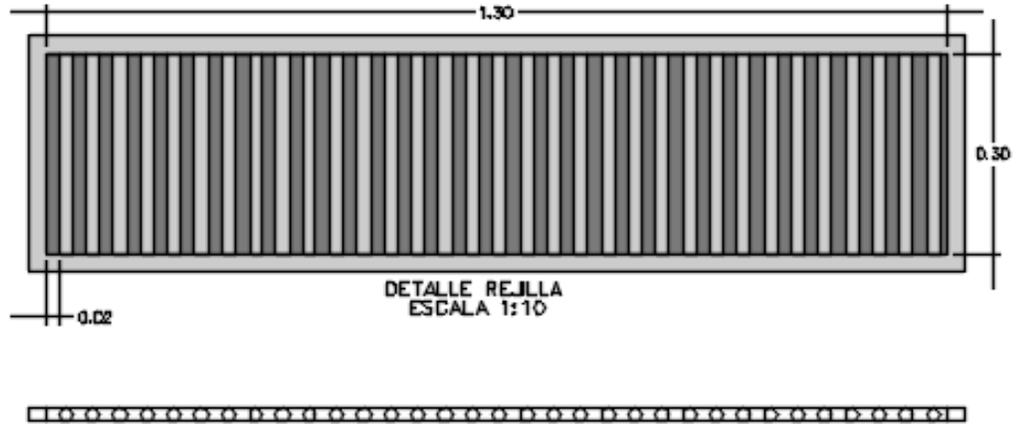
**Figura 15. Topografía de la bocatoma del acueducto de la Bermeja (Balboa-Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

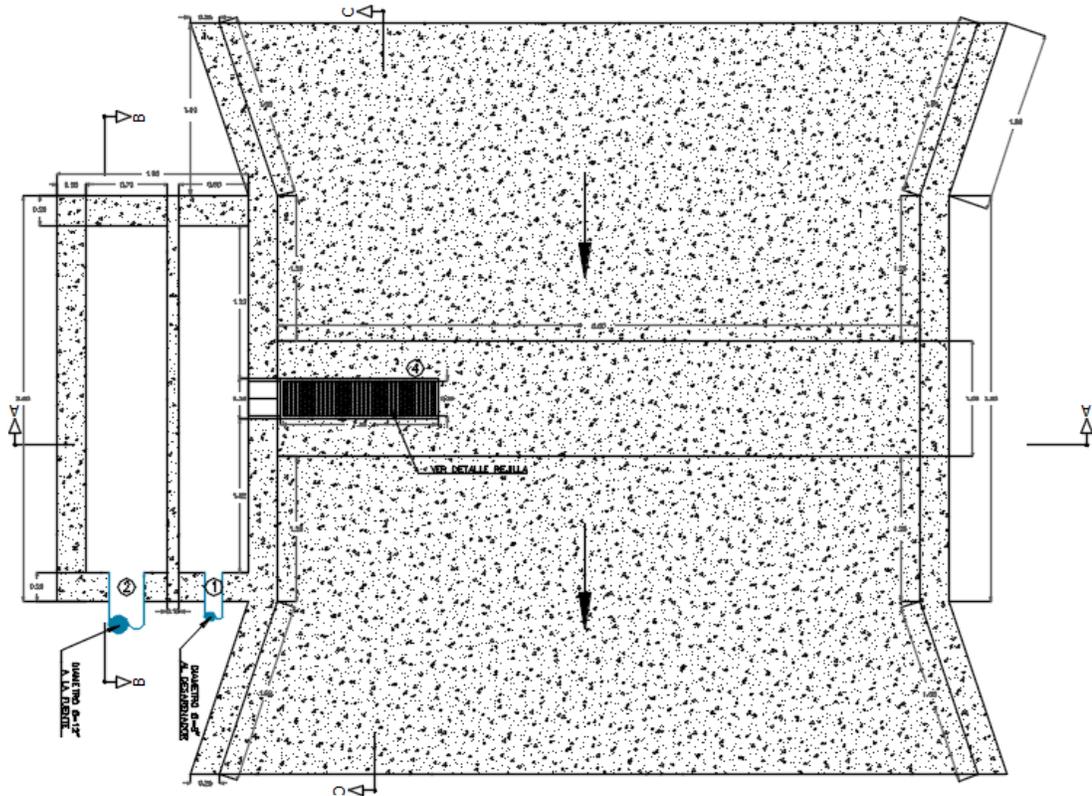


Figura 16. Diseño de la rejilla de la bocatoma de la Bermeja (Balboa-Cauca).



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

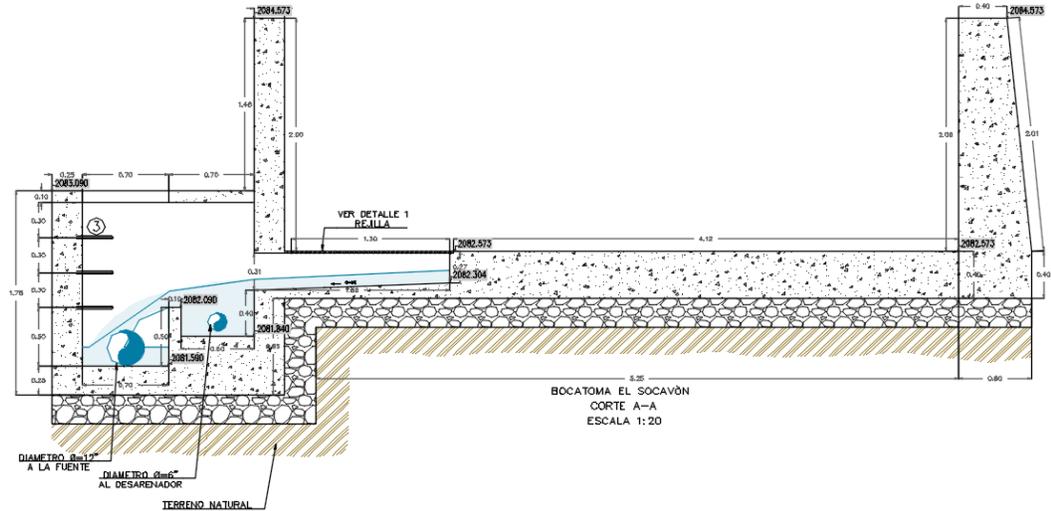
Figura 17. Vista en planta de la Bocatoma de la Bermeja (Balboa-Cauca).



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.



**Figura 18. Vista en perfil de la Bocatoma de la Bermeja (Balboa-Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

### 6.7.2 Red de aducción (Bocatoma - Desarenador)

Se chequeo el cálculo realizado por el diseñador de la obra, el cual tiene una distancia entre la bocatoma hasta el desarenador es de 12.75 m y carga hidráulica disponible de 0.389 m, fue suministrado por la consultoría. Se verificó el diámetro de la tubería con sus respectivas velocidades para que cumplan con la resolución 0330 del 2017, también se calculó las pérdidas tanto locales como por fricción. Se revisó que las cotas de las estructuras sea las misma tanto en la memoria de cálculo como en los planos, (Tabla 4).

**Tabla 4. Iteración de la tubería (Bocatoma-Desarenador).**

Hf1	S (m/m)	D(m)	D"	D" adoptado	D(m)	A (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	q/Q	V real	d(m)	h2
0,3860	0,0303	0,0996	3,9213	4	0,109	0,00928	0,016	1,750	0,790	1,721	0,081	0,227
0,1595	0,0125	0,1175	4,6260	6	0,160	0,02012	0,029	1,455	0,439	1,203	0,085	0,111
0,2754	0,0216	0,1061	4,1772	6	0,160	0,02012	0,038	1,912	0,334	1,459	0,072	0,163
0,2233	0,0175	0,1103	4,3425	6	0,160	0,02012	0,035	1,721	0,371	1,354	0,077	0,140
0,2458	0,0193	0,1083	4,2638	6	0,160	0,02012	0,036	1,808	0,353	1,402	0,074	0,150
0,2357	0,0185	0,1092	4,2992	6	0,160	0,02012	0,036	1,770	0,361	1,381	0,075	0,146
0,2402	0,0189	0,1088	4,2835	6	0,160	0,02012	0,036	1,789	0,357	1,392	0,075	0,148
0,2380	0,0187	0,1090	4,2913	6	0,160	0,02012	0,036	1,779	0,359	1,386	0,075	0,147
0,2391	0,0188	0,1089	4,2874	6	0,160	0,02012	0,036	1,784	0,358	1,389	0,075	0,147

FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.



### 6.7.3 Desarenador

Se reviso el diseño de un desarenador convencional, que es un tanque construido en concreto con el propósito de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad. Este elemento constituye un tratamiento primario, pero en algunos casos es necesario realizar un tratamiento convencional de purificación. Debe situarse lo más cerca posible de la bocatoma, con el fin de evitar problemas de obstrucción en la línea de aducción.

El material en suspensión transportado por el agua es básicamente arcilla, arena o grava fina; y su clasificación se hace de acuerdo con el diámetro de la partícula, por lo cual se verificó el cálculo matemático de las zonas compuesta por el desarenador, el tiempo de retención de diseño adoptado 20 minutos, con el tiempo de retención se dimensiono el desarenador, además de tener en cuenta la velocidad de sedimentación.

**Cámara de quietamiento:** Debido a la ampliación de la sección, se disipa el exceso de energía de velocidad en la tubería de llegada. El paso del agua a la zona siguiente se puede hacer por medio de un canal de repartición con orificios sumergidos. Lateralmente se encuentra un vertedero de excesos que lleva el caudal sobrante de nuevo al río mediante una tubería que se une con la de lavado.

**Entrada al desarenador:** Constituida entre la cámara de quietamiento y una cortina, la cual obliga a las líneas de flujo a descender con rapidez, de manera que se sedimente el material más grueso inicialmente.

**Zona de sedimentación:** Es la zona en donde se sedimentan todas las partículas restantes y en donde se cumple en rigor con las leyes de sedimentación. La profundidad útil de sedimentación es H.

**Almacenamiento de lodos:** Comprende el volumen entre la cota de profundidad útil en la zona III y el fondo del tanque. El fondo tiene pendientes longitudinales y transversales hacia la tubería de lavado.





### 6.7.4 Red de aducción (Desarenador - PTAP)

Se chequeo el cálculo realizado por el diseñador de la obra; la distancia entre el desarenador hasta la PTAP es de 2460 m y carga hidráulica disponible de 25.93 m, lo cual fue suministrado por la consultoría. Se verificó el diámetro de la tubería con sus respectivas velocidades para que cumplan con la resolución 0330 del 2017, también se calculó las pérdidas tanto locales como por fricción, también se revisó que las cotas de las estructuras sea las misma tanto en la memoria de cálculo como en los planos, (Tabla 5 y 6).

**Tabla 5. Iteración de la tubería (Desarenador -PTAP).**

ID	LABEL	NODO DE INICIO	NODO DE FIN	DIAMETRO	VELOCIDAD m/s	PENDIENTE m/m	LONGITUD M	PRESIÓN (MH2O)	PERDIDAS POR FRICCIÓN (m)
186	p3	Desarenador	n4	160	0,64	0,002	4	0	0,01
185	p4	n4	n5	160	0,64	0,002	20	0,74	0,05
184	p5	n5	n6	160	0,64	0,002	12	6,59	0,03
183	p6	n6	n7	160	0,64	0,002	19	8,64	0,04
182	p7	n7	n8	160	0,64	0,002	34	14,82	0,08
181	p8	n8	n9	160	0,64	0,002	52	23,41	0,12
180	p9	n9	n10	160	0,64	0,002	89	26,85	0,21
179	p10	n10	n11	160	0,64	0,002	21	24,89	0,05
178	p11	n11	n12	160	0,64	0,002	53	25,96	0,13
177	p12	n12	n13	160	0,64	0,002	10	30,24	0,02
176	p13	n13	n14	160	0,64	0,002	10	30,49	0,02
175	p14	n14	n15	160	0,64	0,002	10	30,12	0,02
174	p15	n15	n16	160	0,64	0,002	41	30,44	0,1
173	p16	n16	n17	160	0,64	0,002	42	30,44	0,1
172	p17	n17	n18	160	0,64	0,002	21	31,07	0,05
171	p18	n18	n19	160	0,64	0,002	30	31,74	0,07

FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

**Tabla 6. Perfil hidráulico de la tubería (Desarenador-PTAP).**



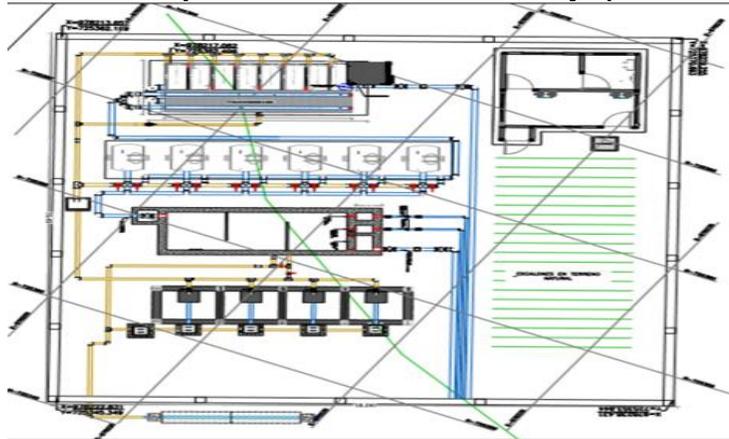
FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.



### 6.7.5 Diseño de la Planta de Tratamiento de agua Potable tipo compacta

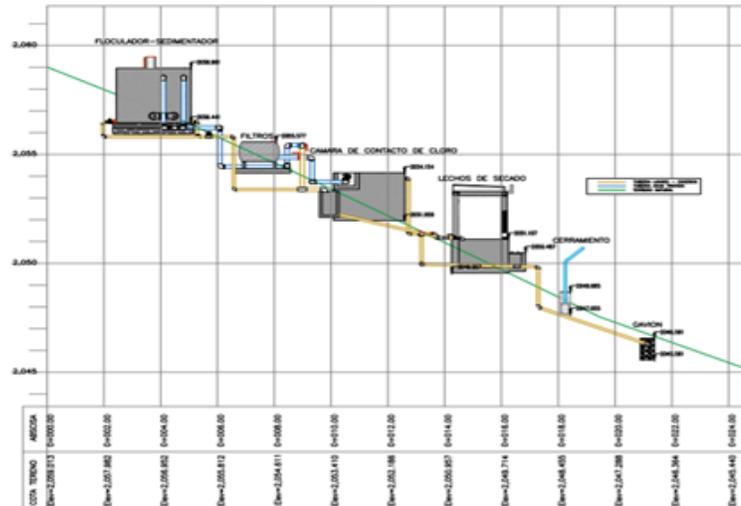
La planta de tratamiento tipo compacta fue diseñada para un caudal de diseño de 12.84 lps, por lo cual se revisó la memoria de cálculo para que cumpla la resolución 0330 del 2017, además hay que tener en cuenta que en el presupuesto de la obra se tiene proyectado la presencia de cuatro macromedidores, los cuales se instalarán cuatro en la PTAP, uno en la entrada y tres a la salida, adicionalmente a cada tanque se le instalará un Macromedidor a la salida, cada uno en caja superficial reglamentaria para protección, (Figura 21 y 22).

**Figura 21. Vista en planta de PTAP de la Bermeja (Balboa- Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

**Figura 22. Perfil hidráulico de la PTAP de la Bermeja (Balboa-Cauca).**



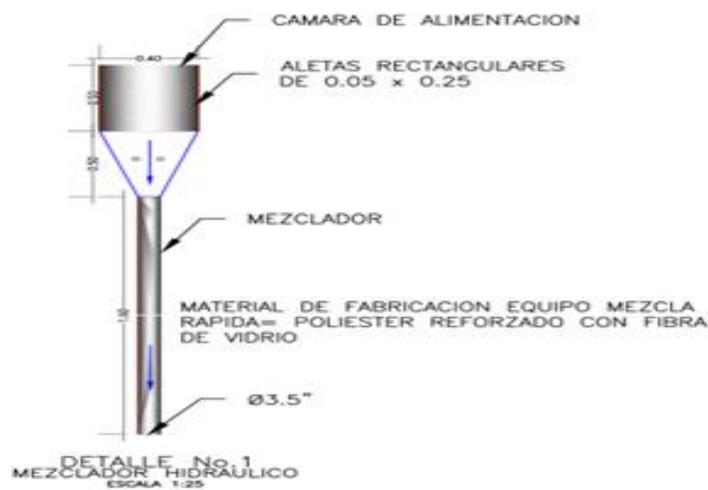
FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.



### 6.7.6 Mezcla rápida

El mezclador que se instalara es del tipo retro mezclador de funcionamiento totalmente hidráulico, más exactamente del tipo hidrociclón. El Equipo de mezcla rápida se efectuará empleando el sistema de Coagulación por Barrido, en donde el gradiente de mezcla se encuentra entre 300 y 500 s<sup>-1</sup> y el tiempo de retención hidráulica (TRH) esté comprendido entre 10 y 20 s. Se chequeo la ficha técnica del retro mezclador, que cumple con las condiciones necesarias para su funcionamiento correcto, (Figura 23).

**Figura 23. Mezclador hidráulico de la Bermeja (Balboa-Cauca).**



FUENTE. EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

### 6.7.7 Floculación

Para este proyecto se seleccionó un floculador de funcionamiento totalmente hidráulico, de gradiente variable continuo y no de gradiente escalonado como lo son los de las plantas convencionales. Su flujo es vertical ascendente, de tipo pistón con floculación pericinética predominante, aumentada por efecto de la fuerza de gravedad (Hacia abajo) versus flujo vertical (Hacia arriba), que promueven la interacción y remezcla de los flóculos recién formados (pequeños) con los flóculos ya “maduros” (de mayor tamaño y peso).

Para diseñar un sistema de mezcla lenta se adoptan los siguientes parámetros de diseño:

Tiempo de Retención Hidráulica: 20 min.



Número de Floculadores: Una unidad.

Gradiente Hidráulico: Desde 70 s-1 disminuyendo hasta 10 s-1.

Se chequearon los cálculos como el volumen total del floculador, volumen por cámara, tiempo de retención hidráulica, gradientes de velocidad de mezcla, velocidad de paso por cada orificio, pérdida de carga de cada orificio y se verificó que los planos tengan las dimensiones calculadas y sus respectivas cotas, (Figuras 24 y 25).

### 6.7.8 Sedimentación de alta tasa

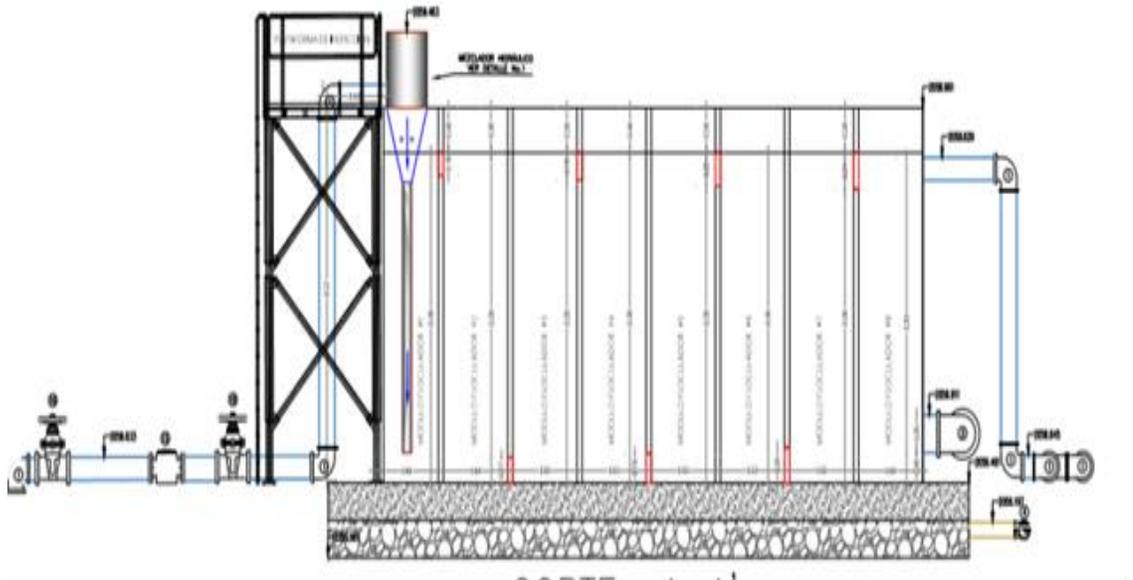
Se proyectan una unidad de sedimentación cada una para tratar un caudal de 12.84 lps, del tipo de alta tasa o acelerada, con módulos plásticos (Lamellas). Adoptando una carga superficial de 185 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día (varía entre 120 a 185).

Por lo cual se verificó los cálculos del sedimentador como la velocidad de flujo, factor de épsilon, área superficial, carga superficial equivalente, tiempo de retención de cada unidad, flautas distribuidoras de agua floculada, flautas superiores colectoras de agua clarificada, flautas colectoras de lodos sedimentados, además de revisar las dimensiones de los planos con las calculadas y sus respectivas cotas, (Figuras 24 y 25).

**Figura 24. Vista en planta del sedimentador-floculador de Bermeja (Balboa-Cauca).**



**Figura 25. Vista en perfil del sedimentador-floculador de Bermeja (Balboa-Cauca).**



FUENTE. EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

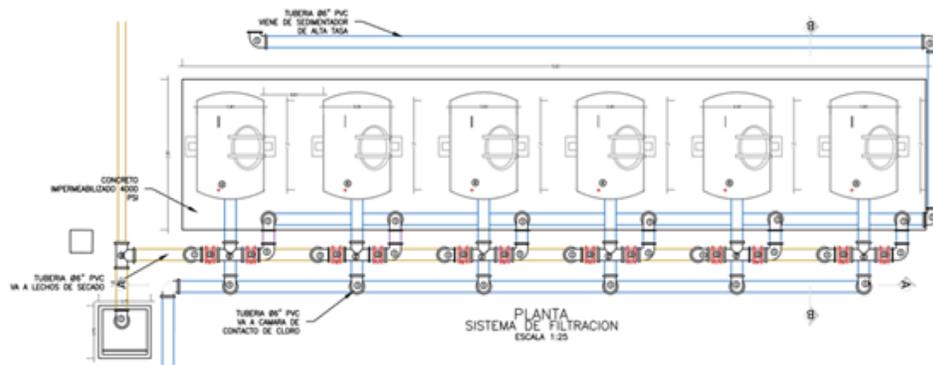
### 6.7.9 Filtración

La planta estará dotada con seis filtros metálicos horizontales tipo salchicha, los cuales se ubicarán metros más abajo de la cota de ubicación de los módulos de clarificación. Los filtros serán fabricados en lámina metálica calibre 3/16" ASTM A-36 y contendrán cada uno arena cuarzo mallas 8-12 y 20-40.

Los filtros se ubicarán en forma separada de la planta y a un nivel inferior para obtener suficiente cabeza hidráulica con el objetivo de optimizar las operaciones de filtración y lavado.

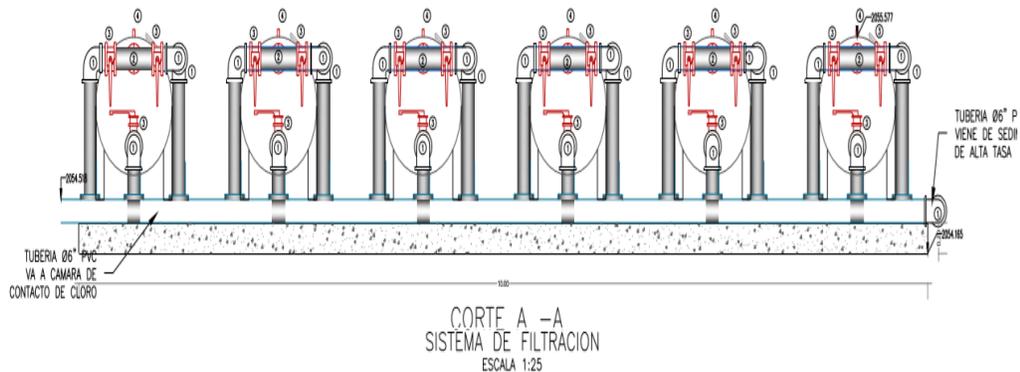
Por lo cual en el filtro se chequeo los cálculos como área de filtración, sistema de distribución, lecho filtrante, medida altura del lecho filtrante, medidas altura del lecho filtrante y también se revisó las medidas de los filtros con sus cotas en los planos, (Figuras 26 y 27).

Figura 26. Vista en planta de los filtros tipo salchicha la Bermeja (Balboa-Cauca)



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

Figura 27. Vista en perfil de los filtros tipo salchicha la Bermeja (Balboa-Cauca)



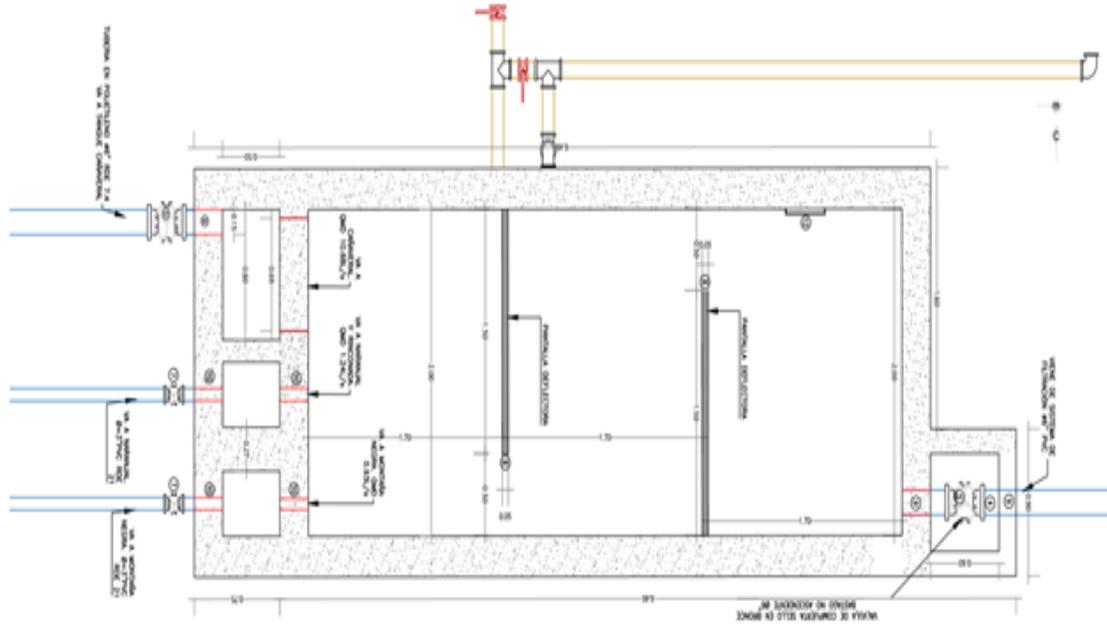
FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

### 6.7.10 Tanque de contacto

De acuerdo con los resultados de laboratorio, se establece que la dosis optima 2.5 mg/l de cloro con un tiempo de contacto de 20 minutos, por lo tanto, se revisó los cálculos de volumen requerido, las dimensiones de las tres cámaras propuestas en el diseño y se verificó que los planos concuerden con los cálculos, (Figuras 28 y 29).

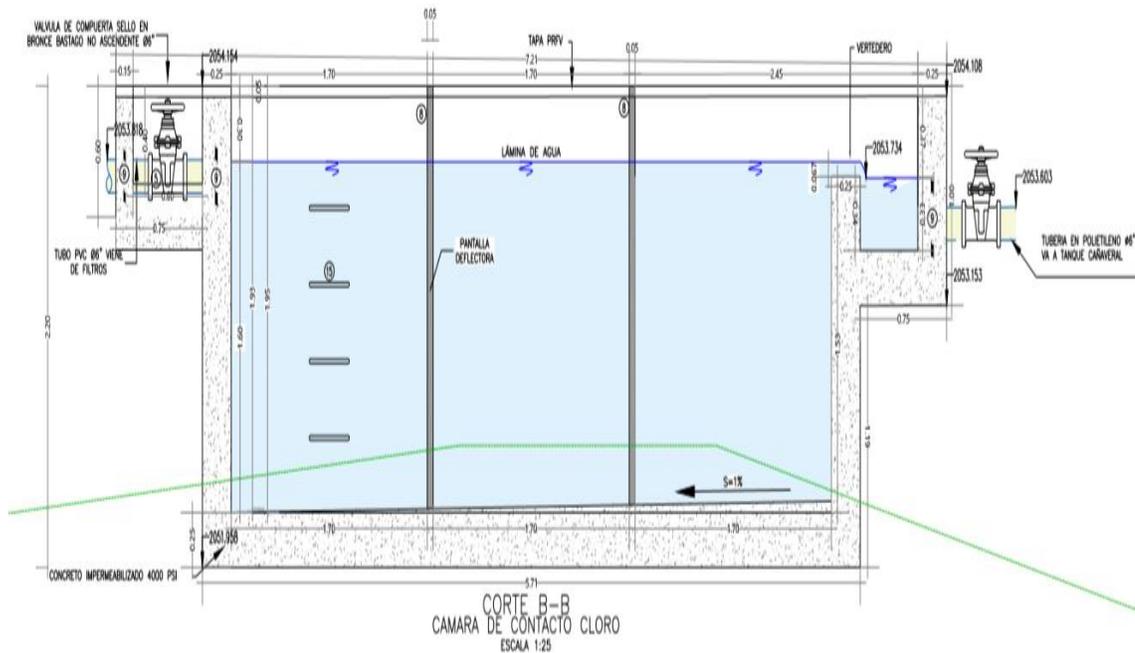


**Figura 28. Vista en planta del tanque de contacto la Bermeja (Balboa-Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

**Figura 29. Vista en planta del tanque de contacto la Bermeja (Balboa-Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

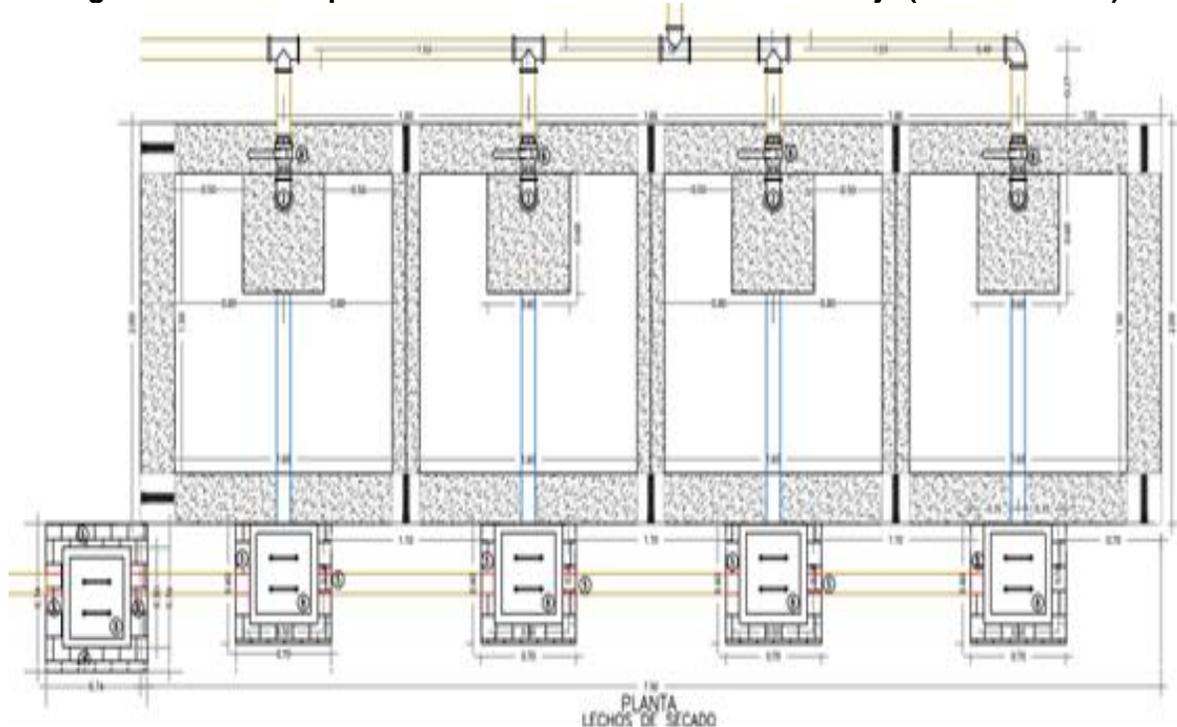


### 6.7.11 Sistema de tratamiento de lodos

Se proyectarán 4 celdas de secado de 1.5 m x 1.6 m y 1.0 m de profundidad Total. El lecho está compuesto de arena y grava de 0.25 m de espesor cada uno. Cada celda dispone de una válvula de Bola de 4.0 pulgadas para regular la entrada de lodo.

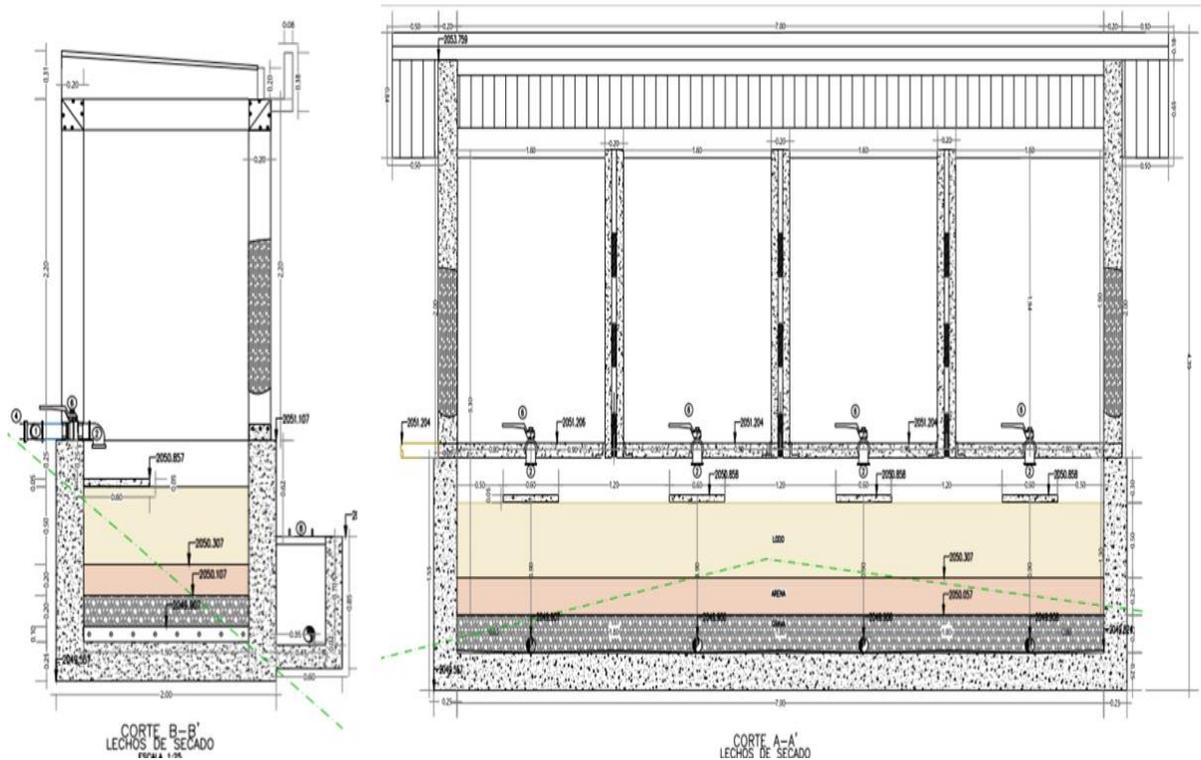
La recolección de las aguas percoladas de cada celda se llevará a cabo por medio de una tubería perforada de PVC de 4", por lo tanto, se revisaron los cálculos de producción de lodo seco, masa diaria de lodo, las dimensiones de cada lecho y se verificó que los planos de la estructura concuerden con las memorias de cálculo con sus cotas, (Figura 30 y 31).

**Figura 30. Vista en planta de sistema de lodos de la Bermeja (Balboa-Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

**Figura 31. Vista en perfil de sistema de lodos de la Bermeja (Balboa-Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

### 6.7.12 Cámaras distribuidoras de caudal

Considerando que de la salida de la PTAP se proyecta instalar tres tuberías, una que conduce al tanque Montaña negra existente, la segunda que conduce a la red de las veredas de Naranjal y Rinconada y la otra que conducirá al tanque de almacenamiento proyectado localizado en la vereda de cañaveral, se requiere la instalación de una cámara de distribución, con el fin de distribuir uniformemente los caudales requeridos para estos sectores, este sistema se proyecta instalar a la salida del agua de la cámara de contacto de cloro, por lo tanto, se revisó los cálculos de los vertederos rectangulares.

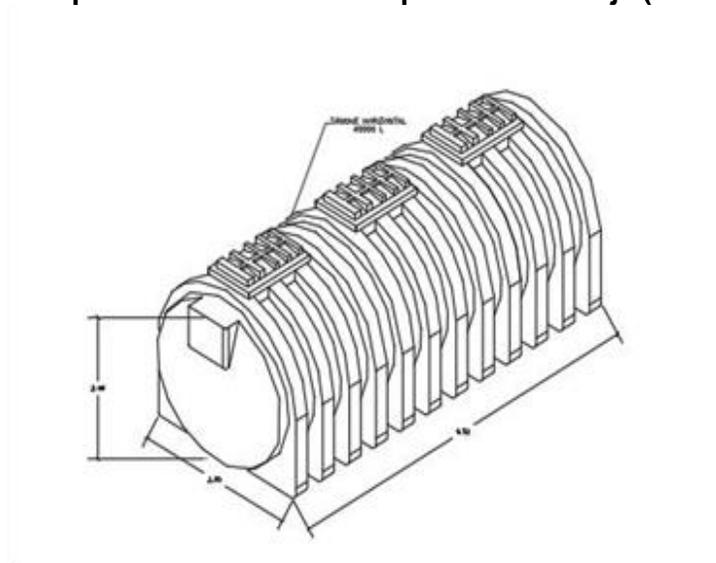
### 6.7.13 Tanques de almacenamiento

Según el artículo 81 de la resolución 0330 se establece que la capacidad de almacenamiento debe ser igual a 1/3 del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo, también se establece un nivel de riesgo para

incendios bajo, el cual indica que se debe incrementar el volumen de almacenamiento en un 15%.

En el proyecto contempla la construcción de ocho tanques de almacenamiento de agua que distribuye a los diferentes sectores que se encuentran dentro del área de influencia de estudio, la capacidad de cada uno se realizó teniendo en cuenta la densidad de población existente y el volumen requerido teniendo en cuenta los tanques existentes, se verificó el cálculo del volumen de los tanques de almacenamiento con una proyección de 25 años, (Figura 32).

**Figura 32. Tanque de almacenamiento plástico Bermeja (Balboa-Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

## **6.8 VERIFICACIÓN DE DISEÑO DE LA PTAP DE GABRIEL LÓPEZ (TOTORÓ - CAUCA)**

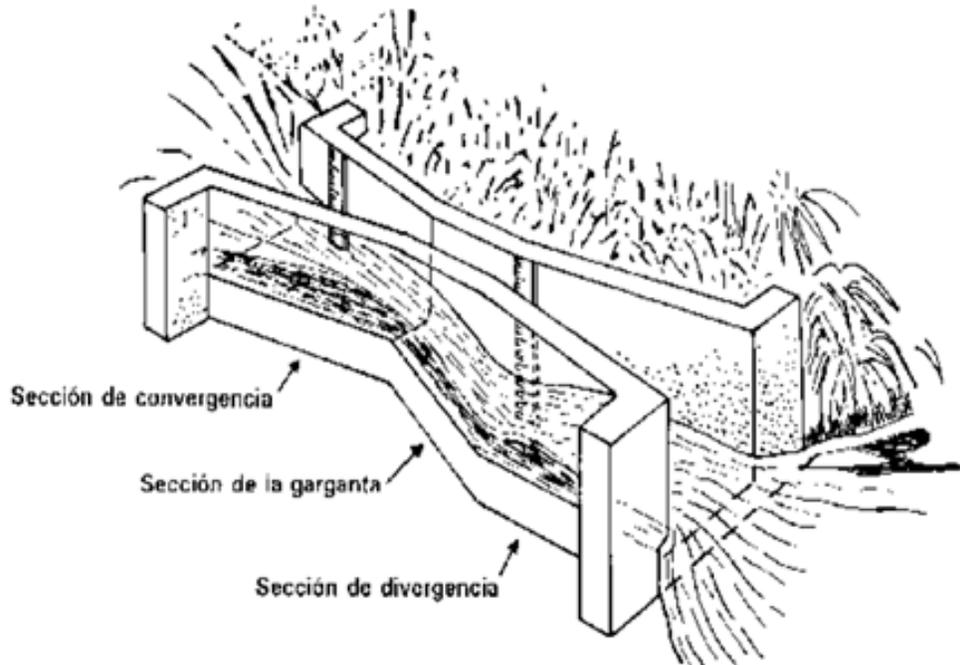
Se proyecta una PTAP del tipo convencional, de funcionamiento hidráulico, para un caudal de 3.50 lps, apropiada para las condiciones variables de la calidad del agua cruda de la fuente de abastecimiento, superficial o subterránea, pero con altos niveles de turbiedad, color y coliformes totales, fecales en periodo de invierno, por tanto, se revisó los cálculos de PTAP conformada por los siguientes procesos: Mezcla rápida, Floculación y Sedimentación.



### 6.8.1 Mezcla rápida

En este caso la adición del coagulante se realiza al pasar la masa de agua por la canaleta Parshall que a su vez nos entrega un aforo inicial del agua que estamos tratando, Figura 33.

**Figura 33. Mezcla rápida de la PTAP Gabriel López (Totoró-Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

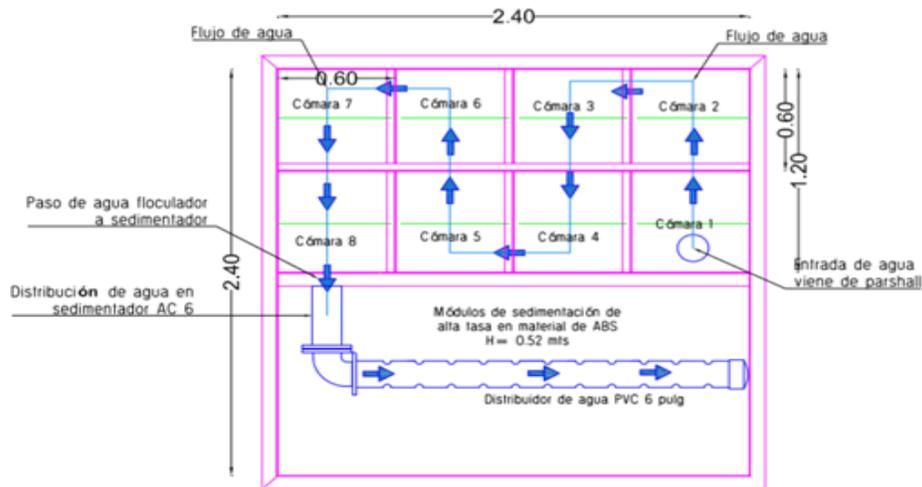
### 6.8.2 Flocculación

Se proyecta un floculador hidráulico del tipo Alabama modificado, con capacidad individual de 3.50 lps, de ocho cámaras con paso inferior de interconexión entre ellas, para obtener la deflexión del flujo en cada cámara se coloca una cortina intermedia, lo cual se adoptó 30 minutos en tiempo de detención, por lo tanto, se comprobó los cálculos de la velocidad de paso, de la pérdida de carga en los orificios de paso, gradiente de velocidad, el gradiente medio y se verificó en los planos las dimensiones de la estructura del floculador, (Figura 34).

### 6.8.3 Sedimentación

El tipo de sedimentación que se proyecta es la denominada de alta tasa o acelerada, conformada por módulos de ABS para alto impacto, conformados por tubos hexagonales de sección media 6 cm x 6 cm, de 0.52 m de altura y 60° de inclinación, lo cual se verificó los cálculos como la del área de sedimentación, carga superficial equivalente, repartición del agua floculada en sedimentadores, recolección del agua sedimentador, profundidad del sedimentador, sistemas de evacuación de lodos, (Figura 34).

**Figura 34. Vista en planta de sedimentador--floculador de Gabriel López (Totoró-Cauca).**



FUENTE: EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.

### 6.9 DISEÑO DE LAS CÁMARAS DE ENTRADA DE PTAP DE OLAYA (PATÍA-CAUCA)

Se realizó el diseño de las cámaras de entrada de la PTAP de Olaya, lo cual era necesarias para la optimización del proyecto, por lo tanto, se diseñaron estructuras como la cámara de macromedidores, cámara de entrada, canal de mezcla rápida y cámaras de distribución de caudal, (Figura 35).

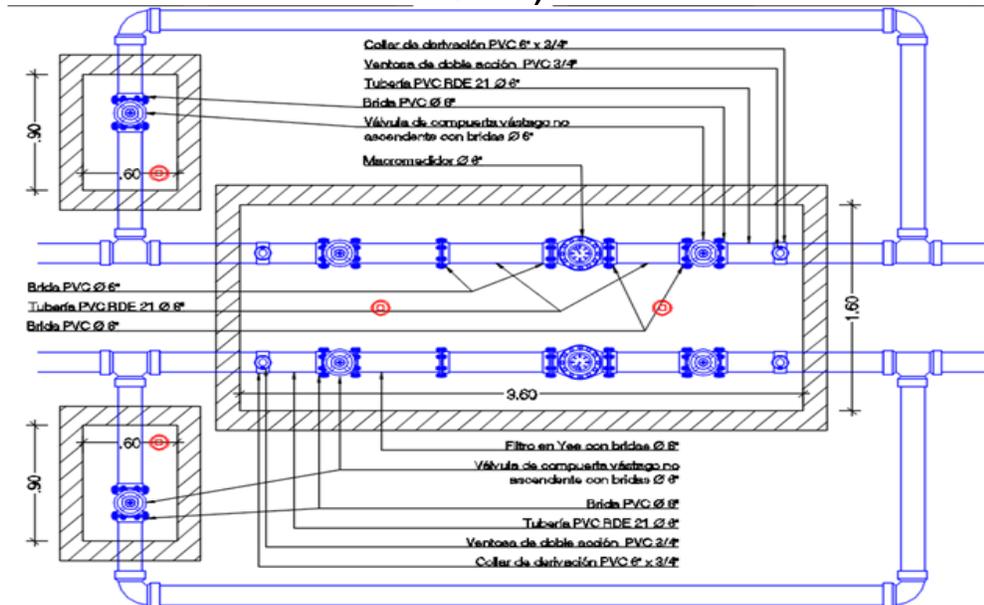
### 6.9.1 Cámara de los macromedidores

Se realizó esta cámara para la colocación de macromedidores, los cuales son necesarios para controlar el caudal que fluye por la planta de tratamiento y verificar que la PTAP está trabajando con el caudal de diseño adecuado, (Figuras 36,37 y 38).

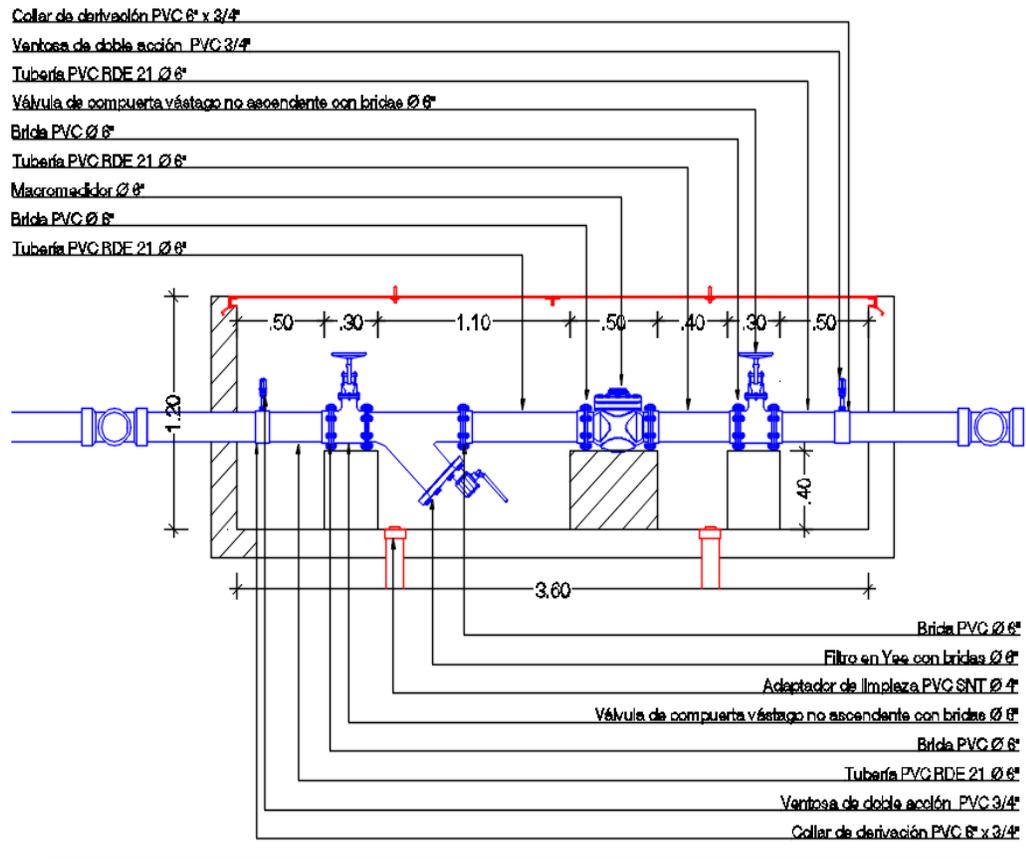
**Figura 35. Plano récor de las cámaras de entrada de PTAP de Olaya (Patía-Cauca).**



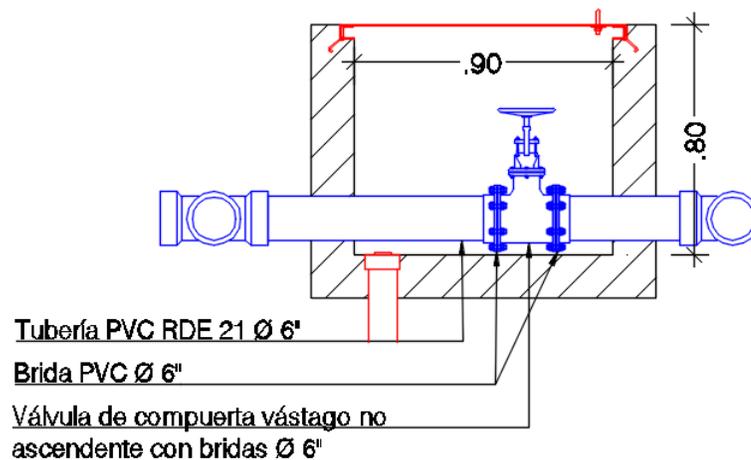
**Figura 36. Vista en planta de cámara de macromedidores PTAP de Olaya (Patía-Cauca).**



**Figura 37. Vista en perfil de cámara de macromedidores PTAP de Olaya (Patía-Cauca).**



**Figura 38. Vista en perfil de la cámara de válvulas PTAP de Olaya (Patía-Cauca).**



### 6.9.2 Cámaras de entrada

Se realizó esta cámara de entrada en el proyecto, porque a la PTAP se suministra agua de dos afluentes diferentes, los cuales se catalogaron como afluente principal y afluente secundario, por lo tanto, era necesario llevar un control de los caudales que aportaban en el funcionamiento de la PTAP.

Además, se optimiza el control en general de la PTAP, en el diseño de la cámara se contempló los diseños de dos cámaras de aquietamiento, vertederos frontales de excesos con su respectiva cámara de excesos, dos vertederos rectangulares con dos contracciones, cámara de salida y un sistema de lavado a cada unidad, que se encuentra compuesta por una tubería de 4", (Figura 39,40 y 41).

**Figura 39. Vista en planta de la cámara de entrada de Olaya (Patía-Cauca).**

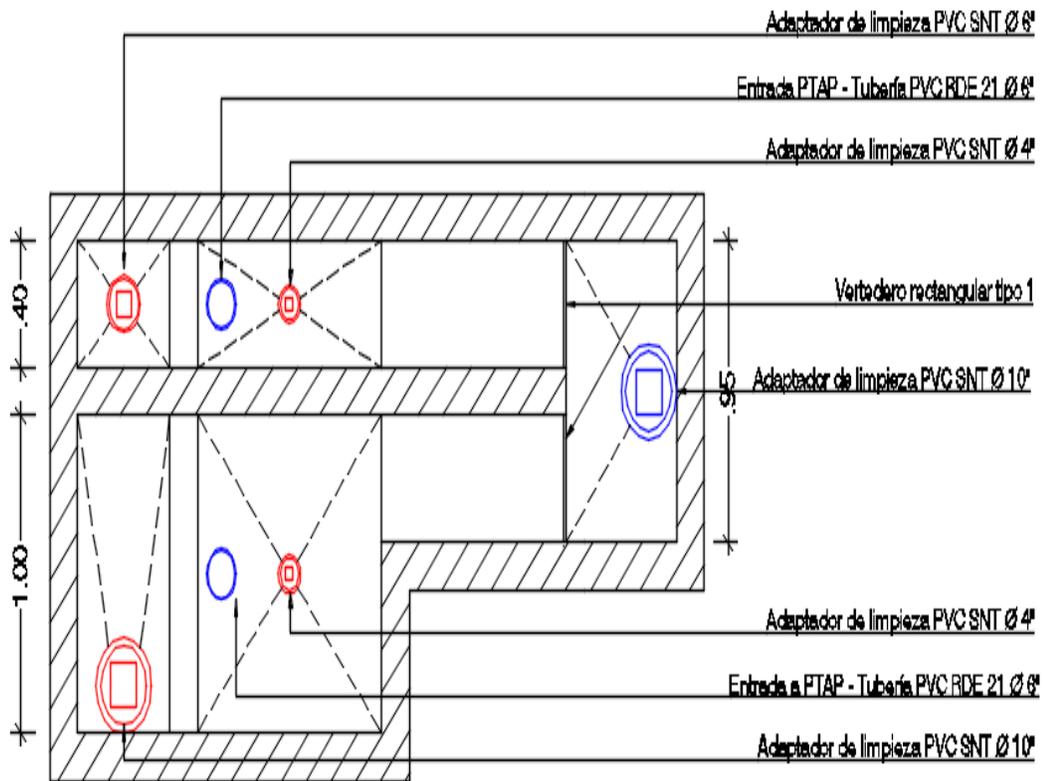


Figura 40. Vista en perfil de la cámara de entrada de Olaya (Patía-Cauca).

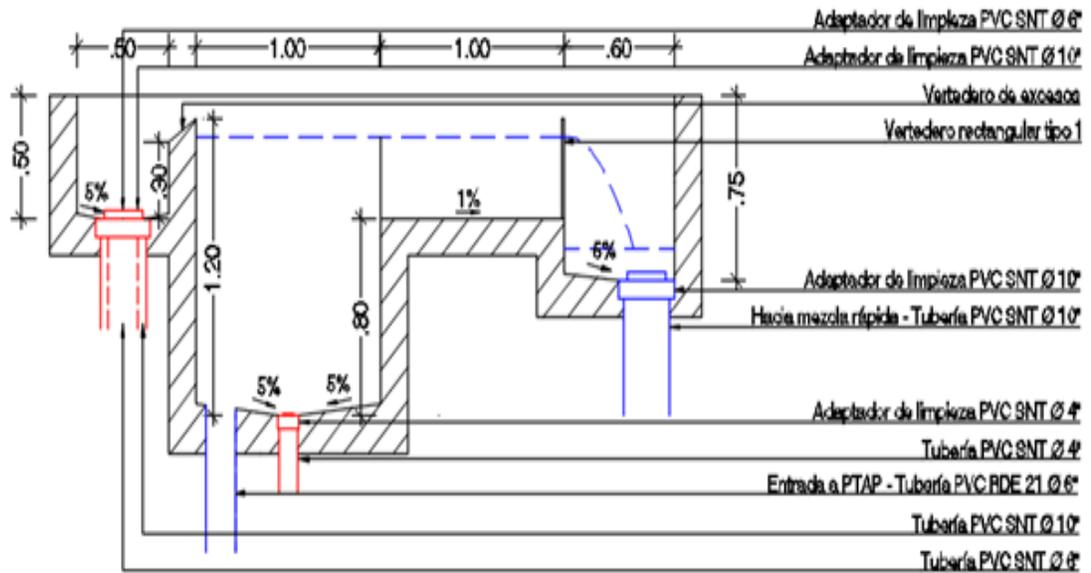
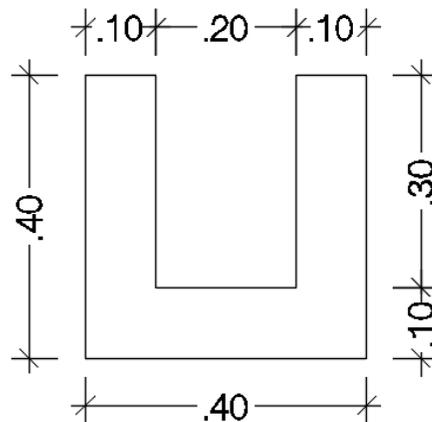


Figura 41. Vertedero rectangular con 2 contracciones tipo I.



### 6.9.3 Mezcla rápida

Se diseñó la mezcla rápida en un canal de 0.50 metros, que previamente habían sido construido, se optimizó este canal para disminuir costos, el mecanismo de la mezcla rápida que se utilizó fue un vertedero frontal, el cual se calculó la carga hidráulica sobre el vertedero, la longitud del canal necesario para realizar la mezcla, el resalto hidráulico, el tiempo de mezcla y un sistema de lavado de 4", (Figuras 42 y 43).



Figura 42. Vista en planta de la mezcla rápida PTAP de Olaya (Patía-Cauca).

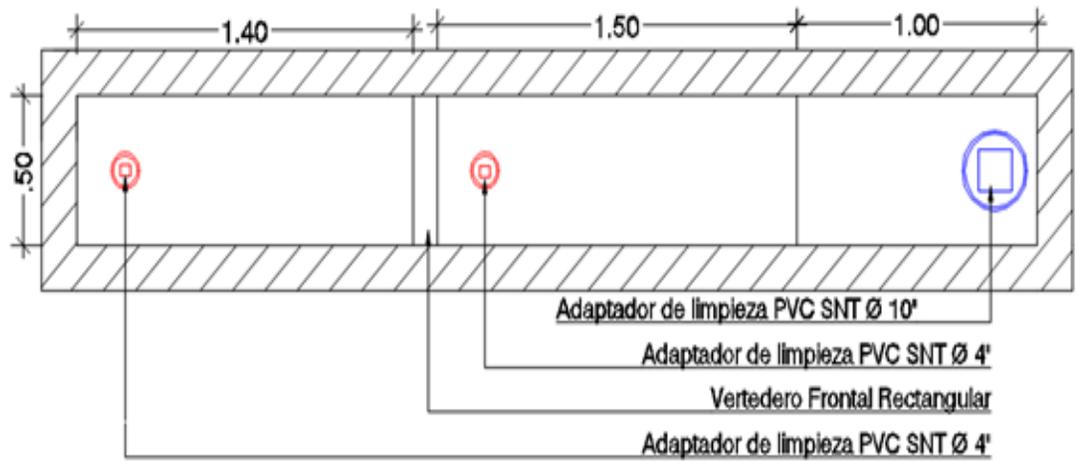
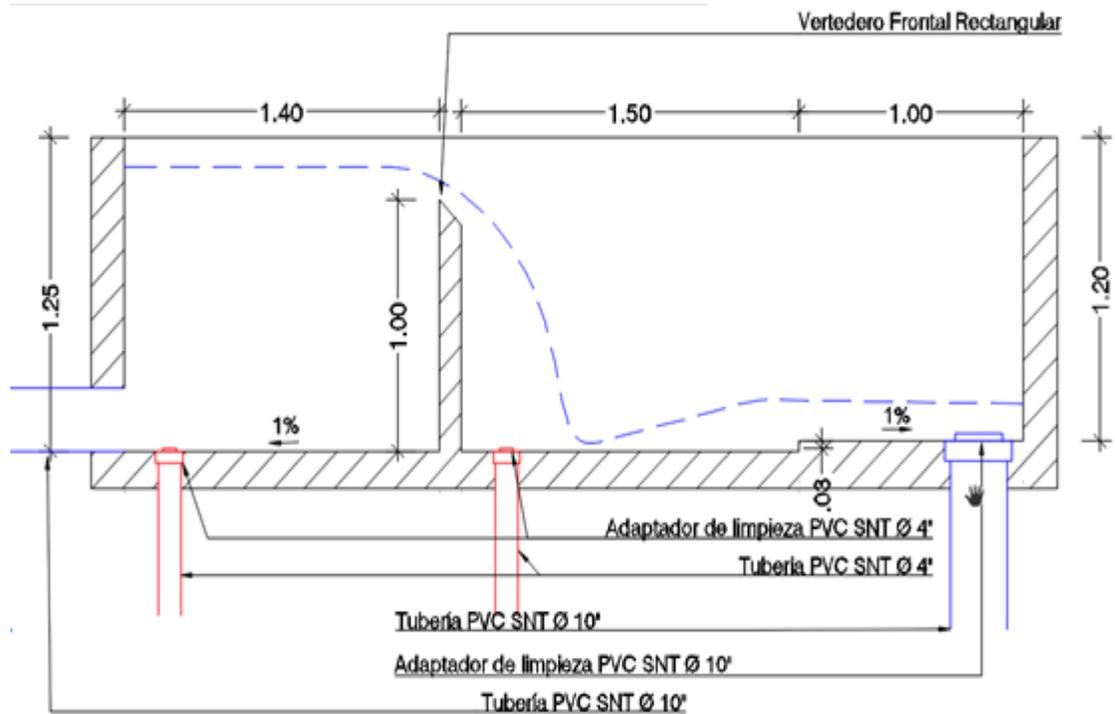


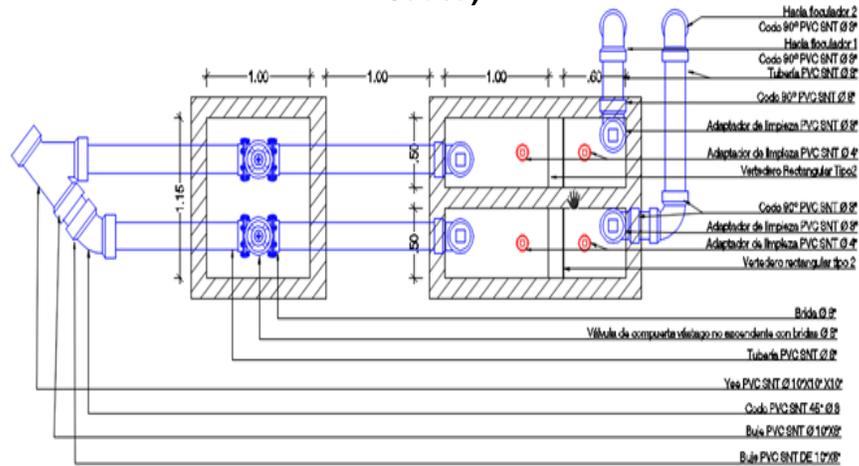
Figura 43. Vista en perfil de la mezcla rápida PTAP de Olaya (Patía-Cauca).



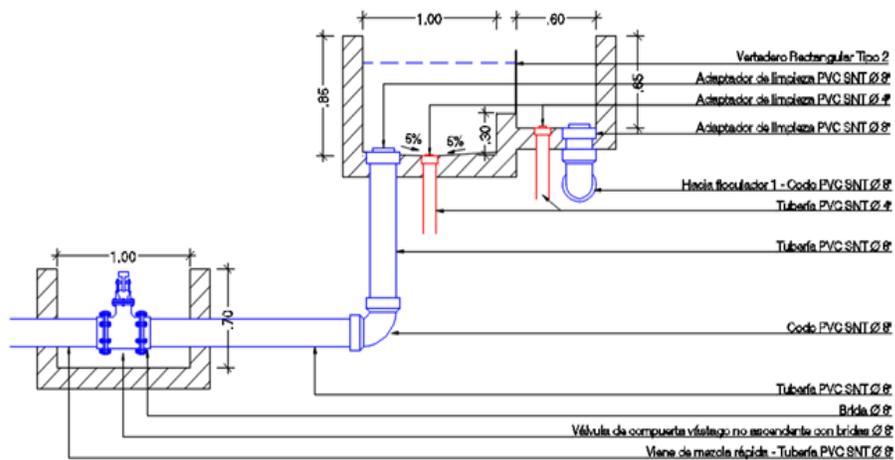
### 6.9.4 Cámaras de distribución de caudal (Floculadores)

Esta cámara está diseñada para transportar el caudal hacia los floculadores, por lo tanto, esta estructura tiene una función de dividir el caudal de diseño en dos, los cuales hace que sea más controlado el funcionamiento de los floculadores, se calculó el tiempo de retención, dimensionamiento de vertederos rectangulares con dos contracciones y un sistema de lavado de tubería de 4", (Figuras 44, 45 y 46).

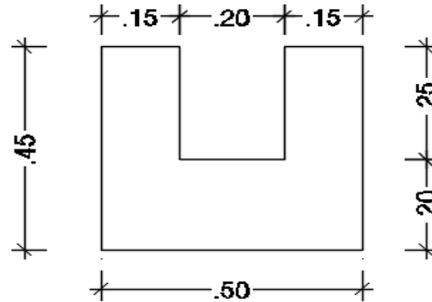
**Figura 44. Vista en planta cámaras de distribución de caudal PTAP de Olaya (Patía-Cauca).**



**Figura 45. Vista en planta cámaras de distribución de caudal PTAP de Olaya (Patía-Cauca).**



**Figura 46. Vertedero rectangular con 2 contracciones tipo II.**



## **7. TRABAJO EN CAMPO**

### **7.1 VISITA A LA PTAP DE MICHICAO ETAPA I (CAJIBÍO - CAUCA)**

En la visita realizada a la PTAP de Michicao para la supervisión de funcionamiento, es una planta convencional, el cual está trabajando de manera ineficiente, por lo tanto, hay problemas hidráulicos que se observan a simple vista.

#### **7.1.1 Mezcla rápida**

Se puede observar que la aplicación del sulfato de aluminio está siendo aplicado antes que suceda el resalto hidráulico, por lo tanto, se desperdicia la aplicación del mismo, además se puede observar el deterioro de la estructura por falta de mantenimiento, (Figura 47).

**Figura 47. Foto de mezcla rápida PTAP de Michicao etapa I (Cajibío-Cauca).**



### 7.1.2 Floculación

La PTAP tiene en funcionamiento dos floculadores horizontales convencionales, los cuales está funcionando inadecuadamente, primeramente, se necesita un sistema de repartición de caudal, para que cada floculador esté operando con la misma cantidad de caudal, además se puede observar que en la salida de los floculadores se encuentra un vertedero frontal, el cual está afectando la estabilidad de los flocs y el correcto funcionamiento hidráulico, además del deterioro de la estructura, (Figura 48).

**Figura 48. Foto de floculador PTAP de Michicao etapa I (Cajibío-Cauca).**



### 7.1.3 Sedimentación

La PTAP cuenta con dos sedimentadores convencionales, los cuales están trabajando hidráulicamente bien, el problema es que no tiene un sistema de lodos, por lo tanto, hay que realizar un adecuado sistema de lechos de secado, (Figura 49).

**Figura 49. Foto de sedimentación PTAP de Michicao etapa I (Cajibío-Cauca).**



## 7.2 VISITA A LA PTAP DE LA SIERRA (SIERRA-CAUCA)

### 7.2.1 Descripción del problema

Para la planta de tratamiento de agua potable del acueducto del municipio de La Sierra – Cauca: “A.A.A. La Sierra A.P.C” se propone instalar un sistema de macromedición, el cual es la solución para el control de caudal en la entrada y salida de la PTAP. Para esto, se asignó un macromedidor de 4” para un caudal de operación de 12 lps. El Gerente hizo una petición técnica a fin de verificar si el sistema de medición sería el adecuado pues temía que se pudiesen presentar fallas en la red de aducción debidas a la disminución del diámetro y la posible suspensión del servicio.

El proyecto del sistema de medición de caudal de la planta de tratamiento está compuesto mediante dos macromedidores, los cuales fueron escogidos por el caudal de diseño de la planta de 12 lps. El primer macromedidor es electrónico de 4”, ubicado al inicio de la planta de tratamiento para controlar el caudal y el otro es mecánico de 4” a la salida. Los diámetros de los macromedidores fueron escogidos para los rangos de caudal presentados en la ficha técnica, (Figura 50).

**Figura 50. Foto de entrada de PTAP de la Sierra (Sierra-Cauca).**



En la visita realizada se verificó el funcionamiento de la planta de tratamiento y se evaluó la operación y la infraestructura; también se presentó una propuesta al Gerente para la optimización de la PTAP. También, se evidenció que se realiza mezcla rápida y se posee

floculador, sedimentador, filtros gruesos ascendentes por capas, filtros lentos y tanques de almacenamiento, (Figura 51).

**Figura 51. Foto filtro grueso PTAP de la Sierra (Sierra-Cauca).**



En la propuesta que se realizará para la optimización de la planta de tratamiento, se proyectó el funcionamiento de una planta de tratamiento convencional y una planta de tratamiento FiME.

Para el funcionamiento de la planta de tratamiento convencional existente, solo falta la construcción de los filtros convencionales, que se podrían ubicar cerca del tanque de almacenamiento. Mientras que para el funcionamiento de la planta FiME faltaría la construcción de filtros dinámicos. Además, de realizar la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento, (Figura 52).

**Figura 52. Foto PTAP en general de la Sierra (Sierra-Cauca).**



## 7.3 VISITA A LA PTAP DE BALBOA (BALBOA CAUCA)

### 7.3.1 PTAP principal de Balboa (Balboa-Cauca)

La Cooperativa Acueducto y Alcantarillado C.A.A.B tiene en funcionamiento dos plantas de tratamiento las cuales son de tipo FiME. Las dos bocatomas tienen diferente ubicación, es decir, la bocatoma de la PTAP secundaria se encuentra aguas arriba de la nueva vía veredal Brisas del Río mientras que la bocatoma de la PTAP principal se encuentra aguas abajo, (Figura 53).

**Figura 53. Foto de PTAP principal de la Sierra (Sierra-Cauca).**



La planta de tratamiento principal no cuenta con un sistema adecuado de distribución de caudal, lo cual hace que las estructuras trabajen de forma desequilibrada. Esta planta está constituida por cuatro filtros dinámicos, de los cuales, solo están en funcionamiento tres, que no funciona adecuadamente. Los filtros deben trabajar inundados totalmente, pero están operando parcialmente; además de no tener un sistema de lavado adecuado, (Figura 54).

La planta de tratamiento principal tiene cuatro filtros gruesos ascendentes, los cuales están funcionando adecuadamente. Sin embargo, la planta no tiene sistemas de entrada ni de lavado adecuados, lo que afecta el buen funcionamiento de los filtros, (Figura 55).

**Figura 54. Foto filtro dinámico PTAP principal de la Sierra (Sierra-Cauca).**



**Figura 55. Foto de filtros gruesos PTAP principal de la Sierra (Sierra-Cauca).**



Además, la planta de tratamiento principal cuenta con un filtro lento que está trabajando de forma irregular, porque su capa de arena no cumple con el espesor requerido. Tampoco está trabajando con los tiempos recomendados para el funcionamiento de un filtro lento. Esto se debe porque en el diseño de la planta lo ideal era que tuviera tres filtros lentos, pero por una falla del terreno, afectó a dos filtros los cuales están inoperables. Hay que tener en



cuenta que la dosificación del cloro no es uniforme al pasar el tiempo y que las plantas de tratamiento solo cuentan con un solo operario para cada una, lo cual no asegura que cada planta tenga monitoreo las 24 horas del día y se verifique correctamente la calidad de agua, (Figura 56).

**Figura 56. Foto filtros lentos PTAP principal de la Sierra (Sierra-Cauca).**



La planta de tratamiento principal está teniendo dificultades de funcionamiento por el aumento de turbiedad en la bocatoma, el aumento de turbiedad es debido a la construcción de la vía de la vereda Brisas del Río. Dicha vía no cuenta con un sistema de drenaje adecuado, lo cual afecta a la bocatoma; la escorrentía sobre la vía aumentó susceptiblemente el arrastre de sedimentos, por lo que en temporada de invierno la turbiedad aumenta considerablemente.

### **7.3.2 PTAP secundaria de Balboa (Balboa-Cauca)**

La PTAP secundaria no cuenta con un sistema adecuado de distribución de caudal, lo cual hace que las estructuras trabajen de forma desequilibrada. La planta está constituida por dos filtros dinámicos, los cuales no funcionan adecuadamente. Los filtros están trabajando



parcialmente inundados y esto hace que la estructura trabaje de forma desequilibrada, tampoco tiene un sistema de lavado adecuado, (Figura 57).

**Figura 57. Foto filtro dinámico PTAP secundaria de la Sierra (Sierra-Cauca).**



Los filtros gruesos ascendentes por capas se encuentran totalmente colmatados; no cumplen las velocidades de diseño recomendadas para el funcionamiento y no cuentan con un sistema de lavado adecuado, (Figura 58).

**Figura 58. Foto de filtros gruesos PTAP secundario de la Sierra (Sierra-Cauca).**



La PTAP secundaria tiene dos filtros lentos que están trabajando de forma irregular, porque su capa de arena no cumple con el espesor indicado para su buen funcionamiento; también hay que tener en cuenta que la dosificación del cloro no es uniforme al pasar el tiempo, (Figura 59).

**Figura 59. Foto filtros lentos PTAP secundario de la Sierra (Sierra-Cauca).**



#### **7.4 VISITA A LA BOCATOMA DEL ACUEDUCTO DE PADILLA (PADILLA - CAUCA)**

Se presentó una emergencia en el acueducto de Padilla – Cauca por lo que Emcaservicios S.A E.S.P suministró apoyo técnico. Se hizo una visita donde se evidenció el desbordamiento del río Guengué, el cual suministra agua al acueducto. Bajo este evento dejó sin servicio a la comunidad de Padilla y la zona rural de Puerto Tejada, Miranda y Corinto, (Figura 60).

En la bocatoma principal se observó el arrastre de tubería que suministra caudal al desarenador principal, el cual también se vio afectado por la acumulación de arena en exceso, que género en la planta de tratamiento una afectación en el sedimentador, (Figura 61).



**Figura 60. Foto bocatoma principal del acueducto de Padilla (Padilla-Cauca).**



**Figura 61. Foto del desarenador principal del acueducto Padilla (Padilla-Cauca).**



La bocatoma secundaria, ubicada en un canal secundario, también se vio afectada en la emergencia por el colapso del canal, lo que generó la falta de caudal para el funcionamiento de la bocatoma, (Figura 62).

Se realizó una obra provisional, la cual estabilizó el canal secundario para el funcionamiento de la bocatoma secundaria. Se colocó una tubería sobre el canal secundario, que se utiliza para que transporte agua del canal al desarenador principal, mientras se habilita la bocatoma principal, (Figura 63).



**Figura 62. Foto del canal secundario del acueducto de Padilla (Padilla-Cauca).**



**Figura 63. Foto de tubería provisional del acueducto Padilla (Padilla-Cauca).**



## **7.5 VISITA AL ACUEDUCTO DE USENDA (SILVIA-CAUCA).**

Se realizó una visita al acueducto de Usenda por problemas de funcionamiento hidráulico. En los planos de diseño se revisó toda la red, observándose la falta de estructuras presupuestadas en el proyecto como ventosas, purgas y cámara reguladoras de presión, (Figura 64).



**Figura 64. Foto cámara de quiebre improvisada.**



Por la falta de dichas estructuras la red sufrió un desequilibrio hidráulico, lo que generó el daño a la tubería de distribución debido a la presión generada. Se evidenciaron cámaras de quiebre improvisadas funcionando de forma incorrecta, además de mucho desperdicio de agua, (Figura 65).

**Figura 65. Foto cámara de quiebre improvisada con desperdicios.**



## 8. CONCLUSIONES

- Se observó que en estas obras los trabajadores se exponen a riesgos altos al ejecutar los procesos constructivos, debido a que no cuentan con la seguridad industrial adecuada. Es por ello, que se debe exigir en cualquier obra civil la dotación de elementos de protección personal (EPP) y capacitaciones de seguridad y salud, con el fin de evitar accidentes o incluso la muerte.
- Dentro de la ingeniería el área administrativa es muy importante puesto que en obra se manejan materiales de alto costo. Por ello no solo se debe comprometer con un solo proveedor y se debe estar en continua actualización en precios y calidad.
- La experiencia adquirida en el transcurso de la pasantía al estar presente y ser parte de la ejecución de procesos constructivos permitió aplicar el conocimiento teórico adquirido durante la formación académica y así profundizar en temas para la formación profesional como Ingeniero Civil. Además, la experiencia proporciona las herramientas para poder tomar decisiones ante eventuales situaciones con criterios fundamentados en la práctica, lo cual permite proyectarse o anticiparse a posibles errores en la ejecución de obras de ingeniería.
- Las obras civiles de construcción manejan grandes presupuestos por lo que es fundamental tener en cuenta cada detalle por mínimo que resulte cuando se está diseñando el proyecto, ya que a la hora de materializar resultan imprevistos que modifican el valor del proyecto. Adicionalmente, se debe tener un estricto control de los materiales de obra desde su inicio. Se debe tener en cuenta el cálculo de cantidades, la compra y la disposición en obra, que se generen los mínimos desperdicios para no producir sobrecostos que afecten la ejecución y la calidad del proyecto.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. 2017. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS - 2017. Resolución 0330. Bogotá. PDF recuperado de:  
[http://www.minvivienda.gov.co/documents/viceministerioagua/010710\\_ras\\_titulo\\_d\\_.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/documents/viceministerioagua/010710_ras_titulo_d_.pdf).
- EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.. 2019. Archivo, memorias de diseño planta de tratamiento de agua potable con procesos convencionales tipo compactav122019. Construcción planta de tratamiento de agua potable para el acueducto Aires del Campo, Timbío – Cauca, julio del 2019. Popayán.
- EMCASERVICIOS S.A. E.S.P. 2019. Archivo, contrato de consultoría n° 205 -2017, “Elaboración de los estudios y diseños para la construcción del acueducto interveredal del corregimiento La Bermeja en el municipio de Balboa - Departamento del Cauca”: autor Ing. Marlon E. Zambrano Malagón. Popayán.
- EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.. 2019. Archivo, memoria de cálculo PTAP 3.5 lps PTAP Gabriel López, municipio de Totoró, abril 2019. Popayán.
- SECOP 1 (Colombia compra eficiente).  
<https://colombiacompra.gov.co/secop/secop-i>
- LOZANO R., WILLIAM ANTONIO; LOZANO B., GUILLERMO. s.a. Potabilización del agua (principios de diseño, control de procesos y laboratorio). Universidad Piloto de Colombia. Bogotá.
- EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.. 2019. Archivo, diseño de la planta de tratamiento de agua potable del acueducto regional de Michicao, etapa II, municipio de Cajibío - Departamento del Cauca. Memoria técnica, ho361-if003-19versión 01. Septiembre de 2019. Popayán.
- EDESA E.S.P. 2019. EDESA E.S.P. Obtenido de:  
<https://www.edesaesp.com.co/wpcontent/uploads/2017/11/manual-operacion-planta-15-lpsvanguardia.pdf>.



## 10. ANEXOS

**Anexo A:** Copia carta de presentación del estudiante a la entidad, expedida por la Universidad del Cauca.

**Anexo B:** Copia carta de aceptación del estudiante, expedida por parte de la empresa.

**Anexo C:** Resolución de la aceptación de la propuesta como trabajo de grado modalidad pasantía.

**Anexo D:** Certificado de cumplimiento por parte de la empresa



17/9/2019

 <p><b>EMCASERVICIOS</b> S.A. E.S.P. Empresa Caucana de Servicios Públicos</p>	xpert - radicado	F05-P01-CI-315
	<b>COMUNICACIÓN EXTERNA</b>	Versión 1 01/12/2016

GER – 3

Popayán,



Señores:  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
Att: Sandra María Fernández Coral  
Secretaría General  
Universidad del Cauca  
Popayán.

**Asunto:** Aceptación trabajo de grado modalidad pasantía.

Cordial Saludo

Agradecemos la presentación del estudiante del Programa de Ingeniería Civil **DUVAN FELIPE VILLAMIL CASTRO** identificado con cedula de ciudadanía No. 1.061.790.943, para realizar la práctica como opción de grado en nuestra Entidad; acogemos su solicitud y estaremos dispuestos a brindarle toda la colaboración de nuestra parte.

La Entidad asume el pago de riesgos profesionales y quedo atento a sus comentarios.

Cordial y respetuosamente,

  
**YEDILVER SANCHEZ RODRIGUEZ**  
Gerente General

Elaboró: Ing. Leidy Jhoana Ordoñez Paz – Ingeniera de Apoyo

**EMPRESA CAUCANA DE SERVICIOS PÚBLICOS S.A. E.S.P.**  
Carrera 4 N° 22N-02 / Edificio de Infraestructura, primer piso  
Popayán - Cauca - Colombia  
Línea de atención al usuario: (+572) 8236984 Fax: 8202897  
Correo electrónico: [unidaddecorrespondencia@pdcauca.gov.co](mailto:unidaddecorrespondencia@pdcauca.gov.co)  
[www.pdcauca.gov.co](http://www.pdcauca.gov.co)



Gobernación del Cauca





Universidad  
del Cauca

8.3.2-92.8/863

Popayán, 11 de septiembre de 2019

Doctor  
YEDILVER SANCHEZ RODRIGUEZ  
Gerente General  
Emcaservicios S.A E.S.P  
Ciudad

Asunto: Solicitud Pasantes

Cordial saludo

Me es grato presentar al estudiante DUVAN VILLAMIL CASTRO, identificado con la cédula de ciudadanía No. 1.061.790.943, quien aspira a participar en una pasantía en la empresa de la cual usted hace parte.

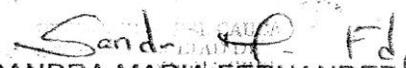
El estudiante DUVAN VILLAMIL CASTRO es estudiante de decimo semestre del Programa de Ingeniería Civil y mucho ayudaría en su formación personal y profesional el que pudiera ser admitido en las prácticas que ustedes puedan programar para estudiantes de Ingeniería.

El estudiante DUVAN VILLAMIL CASTRO tiene la disponibilidad de tiempo para atender este trabajo, si así lo dispone la empresa, a partir de la fecha que convengan los interesados. El tiempo exigido por la Universidad es de quinientas setenta y seis (576) horas.

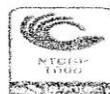
La actividad del mencionado estudiante deberá ser cubierta mediante a afiliación a Riesgos Laborales según el Decreto 055 del 14 de enero de 2015 y será supervisada bajo la tutoría de un docente de la Facultad.

Al finalizar la práctica, le solicito amablemente allegar una certificación que exprese el grado de cumplimiento de la práctica, en una escala de 1 a 5.

Atentamente,

  
SANDRA MARIA FERNANDEZ CORAL  
Secretaria General

Carrera 2 calle 15N Esquina, Campus Universitario de  
Tulecan Popayán, Cauca, Colombia  
Teléfonos: (2) 8209820 Fax (2) 8209800  
E-mail: d.civil@unimercado.edu



**EL SUSCRITO SUBGERENTE TÉCNICO DE EMCASERVICIOS S.A. E.S.P.**

**CERTIFICA**

El estudiante **DUVAN FELIPE VILLAMIL CASTRO**, con C.C. 1.061.790.943 realizó sus prácticas laborales en el área de subgerencia técnica en el perfil de ingeniero de apoyo en la empresa **EMCASERVICIO S.A.E.S.P.**, desde el 09 de octubre del 2019 al 20 de enero del 2020, cumpliendo un total de 576 horas.

Se firma en Popayán, a los 20 días del mes de enero del 2020



**ROBERTH HORMIGA TIMANA**  
Subgerente Técnico

Revisó: Ing. Roberth Hormiga Timaná – Subgerente Técnico  
Aprobó: Ing. Roberth Hormiga Timaná – Subgerente Técnico

EMPRESA CAUCANA DE SERVICIOS PÚBLICOS S.A. E.S.P.  
Carrera 4 N° 22N-02 / Edificio de Infraestructura, primer piso  
Popayán - Cauca - Colombia  
Línea de atención al usuario: (+572) 8236384 Fax: 8202897  
Correo electrónico: [unidaddecorrespondencia@pdcauca.gov.co](mailto:unidaddecorrespondencia@pdcauca.gov.co)



**RESOLUCIÓN No. 222 DE 2019**  
**09 DE OCTUBRE**  
8.3.2-90.2

Por la cual se autoriza un TRABAJO DE GRADO, **PRACTICA PROFESIONAL - PASANTIA**, y se designa su Director.  
EL CONSEJO DE FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL de la Universidad del Cauca, en uso de sus atribuciones funcionales y,

**CONSIDERANDO**

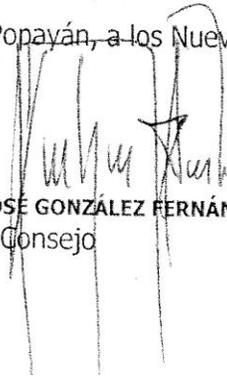
Que mediante los Acuerdos 002 de 1989, 003 y 004 de 1994 y 027 de 2012, emanados del Consejo Académico de la Universidad del Cauca, se estableció el TRABAJO DE GRADO y por Resolución No. 820 de 2014 del Consejo de Facultad de Ingeniería Civil, se reglamentó dicho Trabajo de Grado en las modalidades Investigación, Pasantía y Práctica Social.

**RESUELVE**

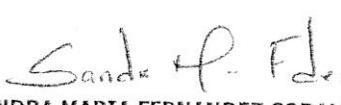
ARTÍCULO ÚNICO: Autoriza al estudiante **DUVAN FELIPE VILLAMIL CASTRO**, con código 100413020394 la ejecución y desarrollo del Trabajo de grado, **Practica Profesional-Pasantía** titulado: Auxiliar de Ingeniería en la programación de Obra y Presupuesto durante la etapa de Planeación de Acueductos y Alcantarillados en el Departamento del Cauca, bajo la dirección del Ingeniero (a) Carlos Armando Gallardo, avalado por el Consejo de Facultad como requisito parcial para optar al título de Ingeniero(a) Civil.

**COMUNIQUESE Y CÚMPLASE**

Se expide en Popayán, a los Nueve (09) días del mes de octubre de dos mil diecinueve (2019).



Ing. ALDEMAR JOSÉ GONZÁLEZ FERNÁNDEZ  
Presidente del Consejo



SANDRA MARIA FERNANDEZ CORAL  
Secretaria General