

CERTIFICACIÓN PAGOS PARAFISCALES

Manizales, 30 de julio 2019

La empresa Hugo Franco Ingeniería con Nit 900.715.133-5 manifiesta bajo gravedad de juramento:

Que he cumplido con los pagos al Sistema General de Seguridad Social Integral (salud y pensiones) y con los aportes parafiscales correspondientes a los empleados que he vinculado por contrato de trabajo, por lo que declaro me encuentro a paz y salvo con las Empresas Promotoras de Salud – EPS, Sociedad Administradora de fondos de Pensiones y Cesantías – AFP, Administradora de riesgos profesionales – ARP, Cajas de Compensación Familiar – CONFA, instituto de bienestar Familiar – ICBF y servicio Nacional de Aprendizaje –SENA.


Hugo Ferney Franco Henao
CC 75.103.315
Gerente

HUGO
FRANCO
INGENIERIA S.A.S.
NIT. 900.715.133-5

RESUMEN PLANILLA PAGADA

DATOS GENERALES DEL APORTANTE									
IDENTIFICACIÓN	DV	RAZÓN SOCIAL	CLASE	CÓDIGO	ARL	F. PRESENTACIÓN	ACT. ECO	TIPO DE EMPRESA	
NI 900715133	5	HUGO FRANCO INGENIERIA SAS	B	0	ARL SURA - 14-11	UNICA	7110	Jurídica	
MUN-DEP		DIRECCIÓN	TELÉFONO		EMAIL		EXENTO DE PARAFISCALES		
17-1		CRA 23 23 60 EDIFICIO CUELLAR OFCI 503	8842553		administracion@hugofrancoingenieria.com		S		

DATOS GENERALES DE LA LIQUIDACIÓN										
PERIODO PENSIÓN	PERIODO SALUD	PLANILLA	TIPO PLANILLA	FECHA PAGO	CENTRO DE TRABAJO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VALOR PAGO	INTERES X MORA	ENTIDAD RECAUDO
2018-08	2019-07	18122452	E	2019-07-09	TODOS LOS CENTROS	TODOS	TODOS	5.923.800	0	BANCO DAVIVIENDA
Nº AFILIADOS	REF DE PAGO (PIN)	FECHA LIMITE PAGO	ESTADO PLANILLA							
27 de 27	18122452	2019-07-09	Pagada							

TOTALES IBC		
IBC PENSIÓN	IBC SALUD	IBC CAJAS
19.791.845	19.791.845	19.883.858

SUBSISTEMA	CÓDIGO	NIT	DV	AFILIADOS	VALOR LIQUIDADO	VALOR UPC	INTERESES MORA	SALDOS E INCAPACIDADES DESCONTADOS	VALOR A PAGAR
AFP (Administradoras: 4)				27	3.167.000	0	0	0	3.167.000
COLPENSIONES	25-14	900336004	7	2	137.000	0	0	0	137.000
COLFONDOS	231001	800227940	6	2	452.500	0	0	0	452.500
PROTECCION	230201	800229739	0	9	881.500	0	0	0	881.500
PORVENIR	230301	800224808	8	14	1.686.000	0	0	0	1.686.000
EPS (Administradoras: 6)				27	793.600	0	0	0	793.600
EPS SURA	EPS010	80088702	2	6	214.000	0	0	0	214.000
MEDIMAS EPS	EPS044	901097473	5	4	132.800	0	0	0	132.800
MEDIMAS EPS SUBSIDIADA	EPS045	901097473	5	1	33.200	0	0	0	33.200
SALUD TOTAL	EPS002	800130907	4	6	133.500	0	0	0	133.500
ESSC ASMET SALUD	ESSC62	900935126	7	1	33.200	0	0	0	33.200
NUJEVA E.P.S. S.A.	EPS037	900156284	2	9	246.900	0	0	0	246.900
ARP (Administradoras: 1)				27	1.166.000	0	0	0	1.166.000
Gran Total					3.960.600	0	0	0	3.960.600

SUBSISTEMA	CÓDIGO	NIT	DV	AFILIADOS	VALOR LIQUIDADO	VALOR UFC	INTERESES MORA	SALDOS E INCAPACIDADES DESCONTADOS	VALOR A PAGAR
ARL SURA	14-11	890903780	5	27	1.168.000	0	0	0	1.168.000
CCF(Administradoras: 1)				27	797.200	0	0	0	797.200
CCF DE CALDAS	CCF11	890906480	5	27	797.200	0	0	0	797.200
Gran Total					5.923.800	0	0	0	5.923.800

HUGO FRANCO

314 6517590

(6) 884 2553

gerente@hugofrancoingenieria.com

INGENIERIA S.A.S.

FACTURA DE VENTA

NIT. 900.715.133-5 RÉGIMEN COMÚN

FV 376

www.hugofrancoingenieria.com

Cra. 23 No. 23 - 60 Of. 508A Edificio Cuellar Manizales - Caldas - Colombia

Señor(es):

Empacaldas S.a E.S.P

Dirección:

Cra 23 75-82

Ciudad:

Manizales

Teléfono:

8867080

Nit o.C.C.:

890.803.239-9

FORMA DE PAGO

CONTADO

CREDITO

30

07

2019

CANT.	DETALLE	VR. UNIT.	VR. TOTAL
1	Acta N° 1 al Contrato N° 0165 Objeto: Realizar diseño del sistema de tratamiento de lodos de planta de agua potable de Sabmina y los estudios complementarios para el tramite de permiso de vertimientos de lodos provenientes y filtros y sedimentadores	16.050.420	16.050.420

NOTA:

HUGO FRANCO

INGENIERIA S.A.S.
NIT. 900.715.133-5

N° de Formulario DIAN 18762006023127

Fecha 2017 12 07

Autoriza Num. del pref. FV 201 al FV 700

Vigencia 18 Meses

Firma Autorizada

SUBTOTAL \$

16'050.420=

Firma y Sello

19% IVA

3'049.580=

Recibo y Acepto de Conformidad

TOTAL \$

19.100.000=

Firma y Sello

LA PRESENTE FACTURA DE VENTA SE ASIMILA EN TODOS SUS EFECTOS A UNA LETRA DE CAMBIO DE CONFORMIDAD CON EL ART. 774 DEL CÓDIGO DEL COMERCIO.

RESOLUCIÓN No. 18762006023121 FECHA: 2017/12/07

DEL No. FV 201 AL No. FV 700 AUTORIZA

Autoriza el tratamiento y uso de datos personales conforme con la ley 1581 de 2012 SI NO

ACTA DE PAGO No. 1

CONTRATO	Nº 0165 DE 2019
CONTRATISTA	HUGO FRANCO INGENIERIA S.A.S.
OBJETO	REALIZAR DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS DE PLANTA DE AGUA POTABLE DE SALAMINA Y LOS ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS PARA EL TRAMITE DE PERMISO DE VERTIMIENTOS DE LODOS PROVENIENTES DE FILTROS Y SEDIMENTADORES
VALOR TOTAL	\$47.234.242 IVA INCLUIDO
VALOR ACTA 1	\$19.100.000 IVA INCLUIDO
RECURSOS	PROPIOS

En la ciudad de Manizales en la fecha 29 de julio de 2019 se reunieron los señores HUGO FERNEY FRANCO HENAO representante legal de la empresa HUGO FRANCO INGENIERIA S.A.S. Y ROBINSON RAMIREZ HERNANDEZ jefe Dpto. Planeación y Proyectos, NUBIA JANETH GALVIS GONZALEZ, jefe Sección Técnica y operativa y RAMIRO ROLDAN ZABALA Inspector Electrónico en calidad de supervisores, con el fin de suscribir el acta de pago No. 1 el contrato en mención.

No siendo otro el motivo de la presente acta se firma por los que en ella intervinieron.



HUGO FERNEY FRANCO HENAO.
Representante legal
HUGO FRANCO INGENIERIA S.A.S.



NUBIA JANETH GALVIS G.
Jefe Sección Técnica y Operativa Supervisora
Empocaldas S.A. E.S.P



ROBINSON RAMIREZ HERNANDEZ
Jefe Dpto. Planeación y Proyectos
Supervisor
Empocaldas S.A. E.S.P.



RAMIRO ROLDAN ZABALA
Inspector Electrónico
Supervisor
Empocaldas S.A. E.S.P.

LOS SUSCRITOS

ROBINSON RAMIREZ HERNANDEZ JEFE DPTO. PLANEACIÓN Y PROYECTOS

RAMIRO ROLDAN ZABALA INSPECTOR ELECTRÓNICO

NUBIA JANETH GALVIS GONZALEZ JEFE SECCION TECNICA Y OPERATIVA

EN CALIDAD DE SUPERVISORES DEL CONTRATO NÚMERO 0165 DE 2019

CERTIFICAN QUE

El contratista HUGO FRANCO INGENIERIA S.A.S, ha realizado las actividades que se relacionan, como avance al cumplimiento a los objetivos planteados en el contrato No. 0165 de 2019.

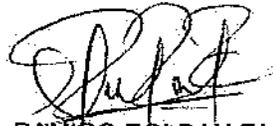
El informe presentado incluye:

1. Pruebas de tratabilidad de los lodos
2. Levantamiento topográfico
3. Estudio de suelos

Manizales, 29 de julio de 2019



ROBINSON RAMIREZ HERNANDEZ
Jefe Dpto. Planeación y Proyectos
Supervisor
Empocaldas S.A. E.S.P.



RAMIRO ROLDAN ZABALA
Inspector Electrónico
Supervisor
Empocaldas S.A. E.S.P.



NUBIA JANETH GALVIS GONZALEZ
Jefe Sección Técnica y Operativa
Supervisor
Empocaldas S.A. E.S.P.

Manizales, 16 de julio de 2019

Señores:

EMPOCALDAS S.A.S. E.S.P.

La Ciudad

EMPOCALDAS S.A. E.S.P



Radicado número:

2019-EI-00003123

16/07/2019 11:01:47 AM Folios 1

Asunto: **ENTREGA DE AVANCES DE PROYECTO PLANTA DE POTABILIZACION "PUERTO ARTURO" DEL MUNICIPIO DE SALAMINA - CALDAS**

Por medio de la presente, me dirijo a ustedes con el fin de hacer entrega de los avances con relación al contrato No. 0165 celebrado entre Empocaldas S.A.S. E.S.P. y Hugo Franco Ingeniería el día 07 de junio de 2019 con objeto de realizar los diseños del sistema de tratamiento de lodos de planta de agua potable de Salamina y los estudios complementarios para el trámite de permiso de vertimientos de lodos provenientes y filtros y sedimentadores. A continuación se relacionan los documentos a entregar:

- Propuesta técnica para el tratamiento de los lodos de la planta de potabilización "Puerto Arturo" del Municipio de Salamina (22 folios).
- Pruebas de tratabilidad de los lodos generados en la planta de potabilización Puerto Arturo (20 folios).
- Estudio de Suelos Planta de Tratamiento de Agua Potable Salamina – Caldas (19 folios).
- Informe Técnico Redes Eléctricas existentes Planta de Potabilización "puerto Arturo" del Municipio de Salamina (6 folios).
- Cartera de Puntos Levantamiento Topográfico Planta de Potabilización "Puerto Arturo" del Municipio de Salamina (6 folios).
- Plano de Levantamiento Topográfico Planta de Potabilización "Puerto Arturo" del Municipio de Salamina (1 plano).

Quedo atento a comentarios,

**HUGO
FRANCO**
INGENIERIA S.A.S.
NIT. 900.715.133-5

HUGO FERNANDEZ FRANCO HENAO

Arquitecto Constructor

Especialista en Ing. Ambiental Área Sanitaria

Especialista en Ing. Hidráulica y Ambiental

MP 17702010051 CLD

HUGO FRANCO INGENIERIA S.A.S

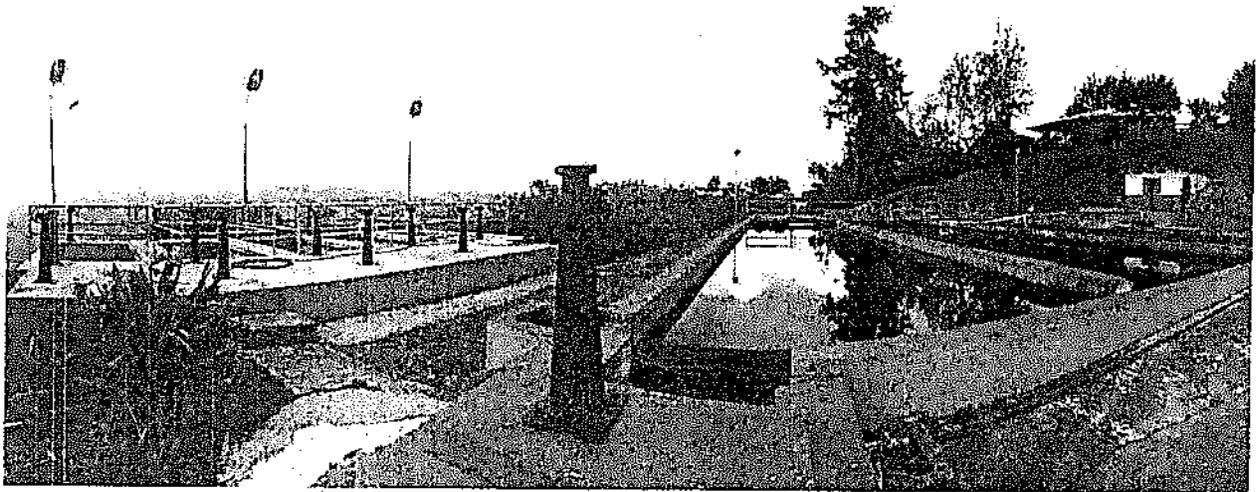
Kra 23 # 23-60 of 503 Ed Cuellar Mzls. Tel 8842553- Cel 3146517590

www.hugofrancoingenieria.com

Página 1



**INFORME TECNICO REDES ELECTRICAS EXISTENTES
PLANTA DE POTABILIZACIÓN "PUERTO ARTURO"
DEL MUNICIPIO DE SALAMINA**



**INFORME DE AVANCE
JULIO DE 2019**

**HUGO
FRANCO** 
INGENIERIA S.A.S.

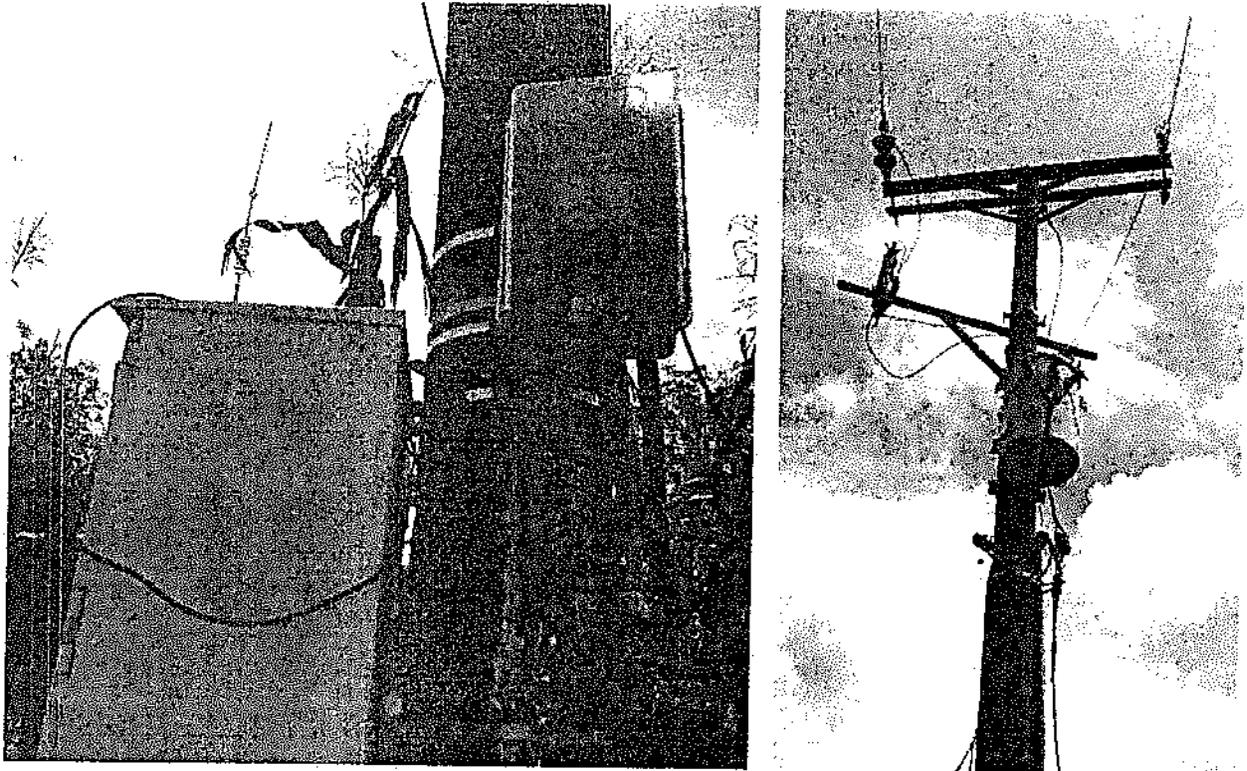
www.hugofrancoingenieria.com

**ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL - ÁREA SANITARIA
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL
CEL: 314 651 75 90**

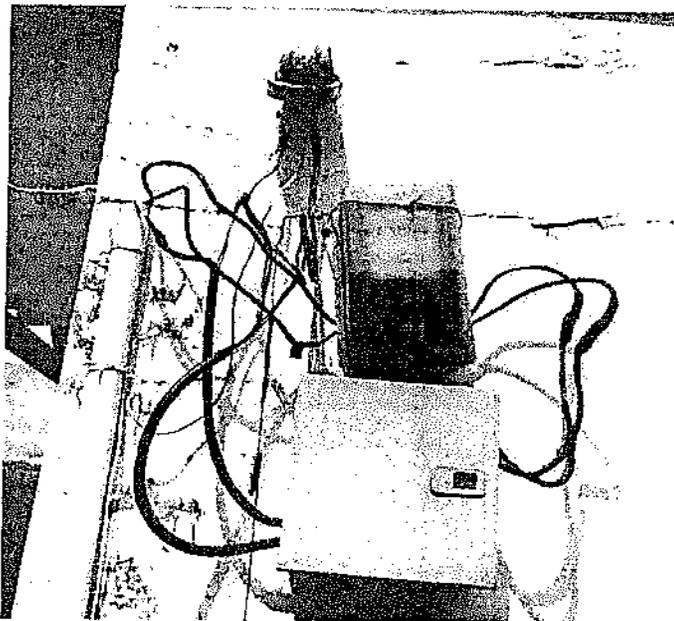
INFORMA VISITA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EMPOCALDAS SA ESP. SALAMINA –CALDAS

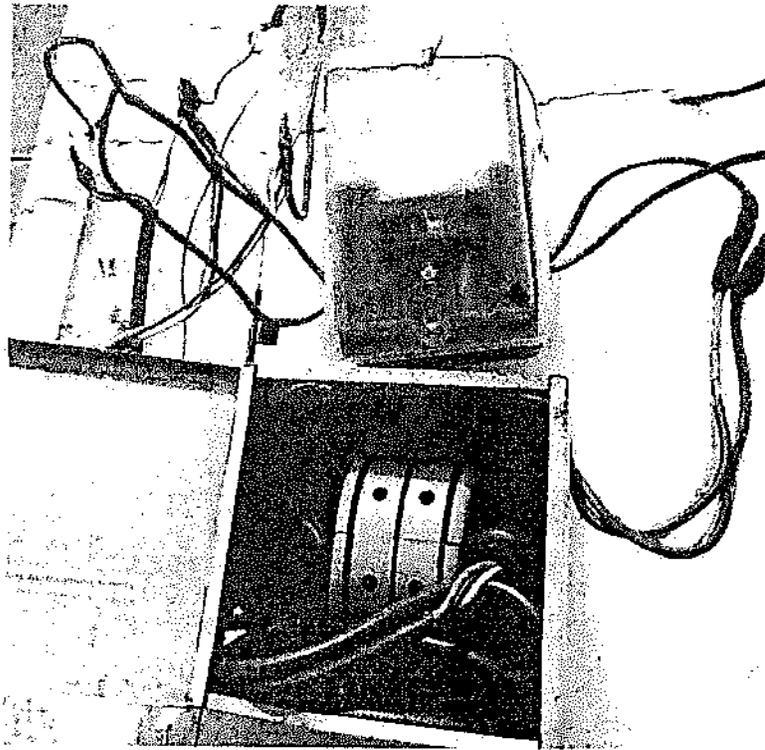
Existe un transformador monofásico de 45 KVA existente, que se alimenta por una red monofásica abierto 2xN°2 ACSR. El transformador alimenta una red de baja tensión que llega a dos medidores de medida directa alimentados con cable AWG-THHN N°8, pertenecientes a la entidad.



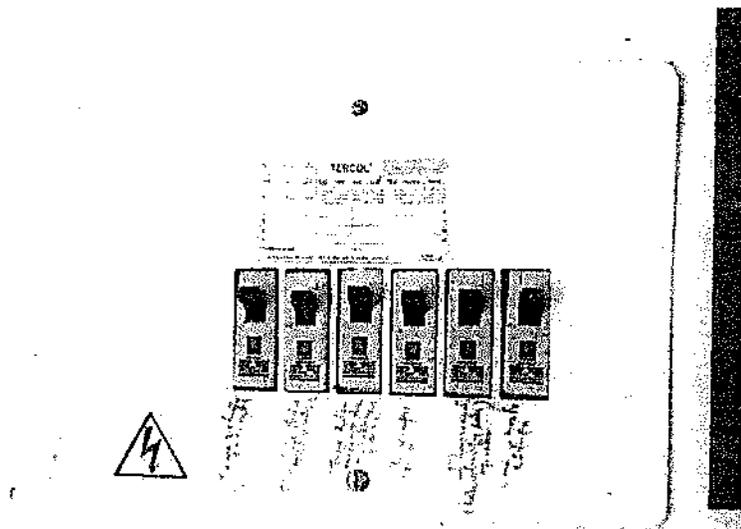


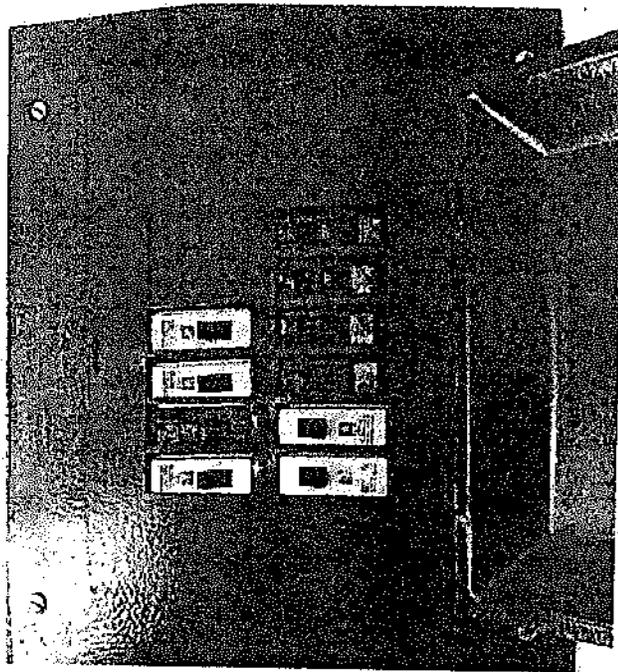
Desde el medidor hasta el tablero de distribución general y transferencia se tiene una distancia aproximada de 15 metros, el calibre que alimenta el tablero general de distribución es 1#4F + 1#4N + 1#8T.



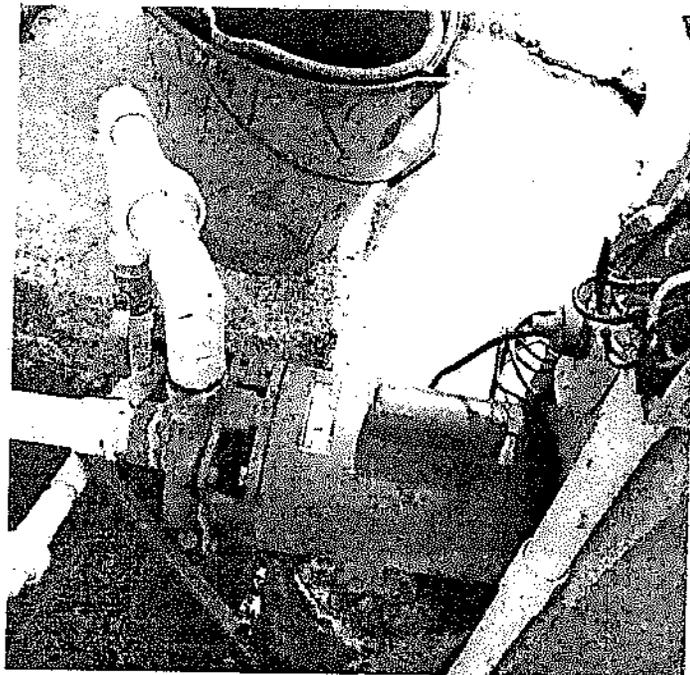


A continuación, se muestran los tableros de distribución uno de 6 circuitos y otro de 12 circuitos (8 circuitos funcionando y dos de reservas para ser utilizados), para salida de tomas e iluminación. Con breakers (protecciones) de 20 y 30 Amperios como se muestra en las fotos.





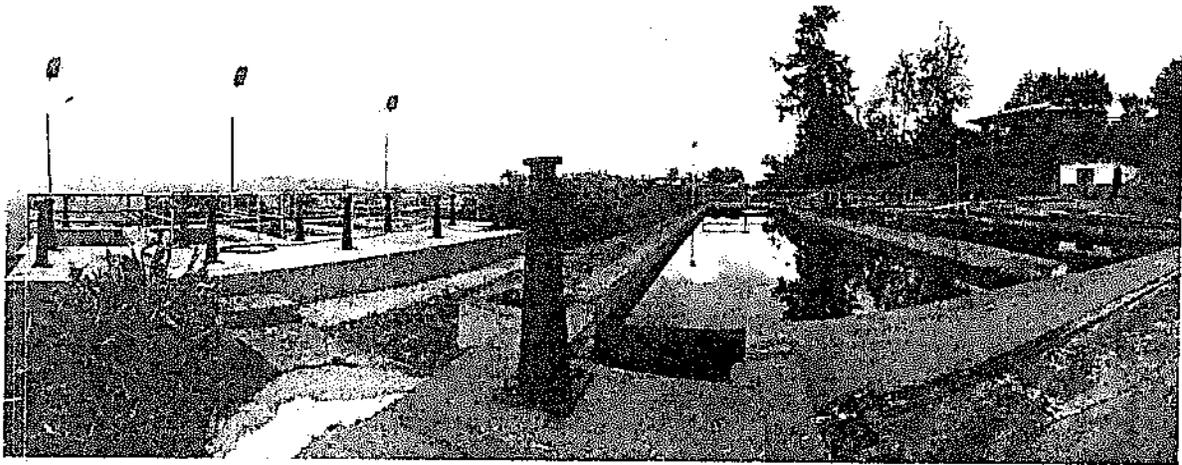
Se encuentra instalado una motobomba monofásica con una capacidad de 1HP para suministro de agua.







**CARTERA DE PUNTOS LEVANTAMIENTO
TOPOGRAFICO PLANTA DE POTABILIZACIÓN
"PUERTO ARTURO" DEL MUNICIPIO DE SALAMINA**



**INFORME DE AVANCE
JULIO DE 2019**

**HUGO
FRANCO** 
INGENIERIA S.A.S.

www.hugofrancoingenieria.com

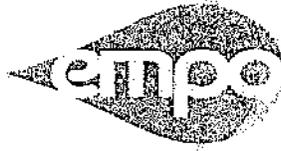
**ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL - ÁREA SANITARIA
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL
CEL: 314 651 75 90**

1,1087718.58,844179.886,2042.2,PORTADA
2,1087692.322,844190.496,2040.922,DELTA2
3,1087698.238,844202.9761,2040.337,CERRAMIEN
4,1087638.206,844203.1817,2034.351,DELTA1
5,1087693.863,844212.5637,2038.827,CERRAMIEN
6,1087689.428,844223.0353,2036.845,CERRAMIEN
7,1087686.659,844229.3899,2035.464,CERRAMIEN
8,1087657.769,844222.587,2026.641,CERRAMIEN
9,1087631.059,844211.7079,2028.628,CERRAMIEN
10,1087623.118,844207.7631,2028.377,CERRAMIEN
11,1087617.729,844205.3729,2027.283,CERRAMIEN
12,1087614.923,844202.4143,2027.266,CERRAMIEN
13,1087612.032,844202.0043,2026.206,CERRAMIEN
14,1087607.704,844200.3042,2025.036,CERRAMIEN
15,1087606.069,844183.4905,2032.041,CERRAMIEN
16,1087609.793,844175.8942,2034.697,CERRAMIEN
17,1087614.356,844167.569,2037.624,CERRAMIEN
18,1087618.905,844162.9756,2039.351,CERRAMIEN
19,1087625.317,844164.3495,2039.496,CERRAMIEN
20,1087627.572,844164.6784,2039.658,CERRAMIEN
21,1087628.605,844163.2355,2040.156,CERRAMIEN
22,1087637.138,844163.7548,2040.473,CERRAMIEN
23,1087648.335,844166.4864,2040.96,CERRAMIEN
24,1087656.106,844167.6763,2040.17,CERRAMIEN
25,1087655.944,844169.027,2040.364,PARAMENTO
26,1087653.521,844180.628,2040.326,PARAMENTO
27,1087652.716,844180.3864,2040.221,ANDEN
28,1087653.011,844178.7324,2039.223,ANDEN
29,1087652.595,844180.4147,2038.297,ANDEN
30,1087652.706,844180.5211,2037.797,ANDEN
31,1087653.481,844180.6723,2037.579,PARAMENTO
32,1087652.725,844184.4977,2036.91,PARAMENTO
33,1087658.657,844185.8199,2036.613,PARAMENTO
34,1087668.778,844179.191,2039.023,TOPO
35,1087678.555,844181.0733,2039.307,TOPO
36,1087687.392,844186.2296,2039.66,TOPO
37,1087692.243,844195.0368,2040.058,TOPO
38,1087693.147,844205.3619,2039.092,TOPO

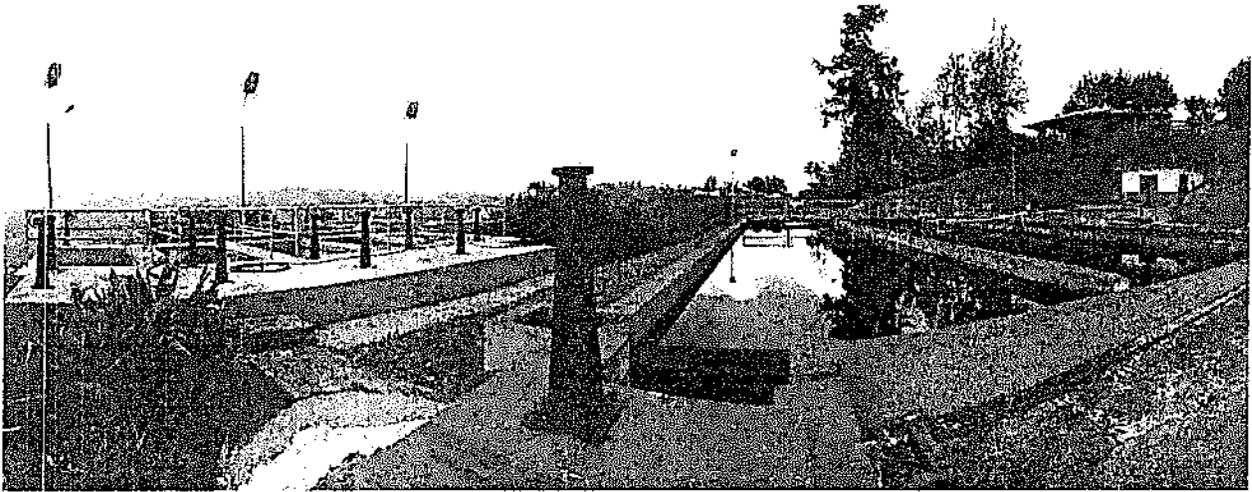
78,1087663.884,844219.4813,2027.811,TANQUE
79,1087657.056,844215.7199,2027.393,TANQUE
80,1087655.983,844217.6646,2027.431,TANQUE
81,1087652.95,844216.0086,2027.969,TANQUE
82,1087654.034,844214.0765,2028.424,TANQUE
83,1087646.351,844209.8469,2030.046,TANQUE
84,1087647.82,844207.0556,2030.513,TANQUE
85,1087647.385,844205.0659,2031.445,TANQUE
86,1087648.732,844205.8529,2031.305,TANQUE
87,1087653.58,844196.6815,2031.372,TANQUE
88,1087671.017,844206.2626,2031.091,TANQUE
89,1087670.991,844206.2704,2031.508,TANQUE
90,1087663.868,844219.4235,2031.503,TANQUE
91,1087657.039,844215.6824,2031.505,TANQUE
92,1087656.423,844215.7568,2031.505,CAMARA
93,1087655.976,844217.6325,2031.475,TANQUE
94,1087652.972,844216.0051,2031.452,TANQUE
95,1087654.05,844214.0719,2031.481,TANQUE
96,1087646.373,844209.8354,2031.507,TANQUE
97,1087646.662,844206.4326,2031.495,TANQUE
98,1087647.402,844209.2356,2031.515,CAMARA
99,1087647.384,844205.0851,2031.507,TANQUE
100,1087648.736,844205.8713,2031.495,TANQUE
101,1087647.599,844205.7301,2031.515,CAMARA
102,1087653.582,844196.692,2031.516,TANQUE
103,1087646.635,844206.4442,2030.588,TANQUE
104,1087660.031,844220.9454,2027.084,TOPO
105,1087653.713,844218.4392,2027.087,TOPO
106,1087649.236,844214.1139,2028.224,TOPO
107,1087643.675,844212.3299,2029.181,TOPO
108,1087631.66,844207.4112,2030.756,TOPO
109,1087623.733,844204.0692,2029.368,TOPO
110,1087618.171,844202.6399,2028.311,TOPO
111,1087620.366,844200.3691,2029.688,PDC
112,1087630.945,844205.7588,2031.088,PDC
113,1087629.091,844202.2556,2031.555,TOPO
114,1087630.505,844196.9396,2032.491,TOPO
115,1087631.002,844193.5382,2033.769,TOPO
116,1087622.288,844191.2455,2033.665,TOPO

156,1087633.881,844171.1831,2034.999,PARAMENTO
157,1087638.928,844169.6252,2034.976,PARAMENTO
158,1087638.165,844172.5352,2034.935,PARAMENTO
159,1087628.882,844169.358,2034.415,PATA
160,1087624.926,844168.0913,2034.471,PATA
161,1087624.167,844167.7333,2035.514,CAMARA
162,1087624.498,844168.3917,2035.111,TANQUE
163,1087625.419,844168.6538,2035.106,TANQUE
164,1087625.069,844169.7773,2035.123,TANQUE
165,1087624.114,844169.5811,2035.094,TANQUE
166,1087624.071,844169.5974,2034.32,TANQUE
167,1087625.068,844169.8156,2034.342,TANQUE
168,1087625.462,844168.6518,2034.391,TANQUE
169,1087624.489,844168.3685,2034.442,TANQUE
170,1087622.28,844173.7033,2034.341,PATA
171,1087619.699,844173.7384,2034.216,PATA
172,1087617.763,844180.962,2034.116,PATA
173,1087616.368,844181.4307,2034.159,CAMARA
174,1087620.346,844175.2054,2034.286,TANQUE
175,1087620.357,844175.2214,2034.515,TANQUE
176,1087616.928,844188.2673,2034.543,TANQUE
177,1087629.449,844191.6231,2033.874,TANQUE
178,1087629.498,844191.5831,2034.502,TANQUE
179,1087631.218,844192.136,2034.042,TANQUE
180,1087631.129,844192.4291,2034.05,TANQUE
181,1087631.663,844192.6027,2034.039,TANQUE
182,1087631.785,844192.2537,2034.054,TANQUE
183,1087635.008,844193.2874,2033.761,VALVULA
184,1087642.448,844195.0633,2033.905,TANQUE
185,1087642.456,844195.0588,2034.503,TANQUE
186,1087642.345,844195.5835,2033.831,TANQUE
187,1087642.356,844195.5806,2034.505,TANQUE
188,1087643.034,844195.7341,2033.956,TANQUE
189,1087643.03,844195.7241,2034.502,TANQUE
190,1087643.174,844195.2639,2034.044,TANQUE
191,1087643.162,844195.2524,2034.505,TANQUE
192,1087644.52,844195.5862,2033.74,TANQUE
193,1087644.516,844195.5772,2034.495,TANQUE
194,1087644.918,844194.1289,2033.962,TANQUE

235,1087644.79,844206.399,2030.536,CAMARA
236,1087646.921,844205.886,2031.423,TUBO
237,1087654.679,844217.1106,2027.794,TUBO
238,1087654.688,844217.7649,2027.743,TUBO
239,1087656.032,844221.1669,2026.959,TUBO
240,1087658.652,844216.7431,2027.589,TUBO
241,1087646.711,844189.1945,2034.111,ESCALERA
242,1087646.883,844188.2277,2034.162,ESCALERA
243,1087648.97,844188.6298,2035.1,ESCALERA
244,1087648.729,844189.6858,2035.146,ESCALERA
245,1087650.534,844190.1409,2035.23,ESCALERA
246,1087650.845,844188.7862,2035.339,ESCALERA
247,1087649.948,844188.6185,2035.341,ESCALERA
248,1087652.039,844178.5771,2039.25,CAMARA
249,1087653.323,844171.6216,2040.198,CAJA
250,1087652.192,844177.8738,2039.237,CAMARA
251,1087653.878,844171.6783,2040.205,TANQUE
252,1087650.71,844171.1104,2040.744,TANQUE
253,1087651.447,844168.073,2040.99,TANQUE
254,1087654.567,844168.8362,2040.185,TANQUE
255,1087636.77,844196.6828,2034.331,TANQUE
256,1087636.765,844196.6572,2033.776,TANQUE
257,1087636.344,844198.153,2034.345,TANQUE
258,1087636.333,844198.1072,2033.605,TANQUE
259,1087634.888,844197.7558,2034.332,TANQUE
260,1087634.878,844197.7286,2033.191,TANQUE
261,1087633.686,844201.9415,2031.888,TANQUE
262,1087633.648,844202.352,2034.194,TANQUE
263,1087643.969,844205.0773,2034.342,TANQUE
264,1087643.852,844205.4428,2033.143,TANQUE
265,1087643.798,844205.6218,2033.139,TANQUE
266,1087643.835,844205.682,2032.821,TANQUE
267,1087643.867,844205.4445,2032.824,TANQUE
268,1087644.141,844204.6604,2032.83,TANQUE
269,1087645.109,844200.5415,2034.348,TANQUE
270,1087645.12,844200.5349,2031.888,TANQUE
271,1087644.947,844200.4813,2032.096,TANQUE
272,1087644.932,844200.4906,2034.358,TANQUE
273,1087645.323,844198.9282,2034.351,TANQUE



**PROPUESTA TÉCNICA PARA EL TRATAMIENTO DE
LOS LODOS DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN
"PUERTO ARTURO" DEL MUNICIPIO DE SALAMINA**



**INFORME DE AVANCE
JULIO DE 2019**

**HUGO
FRANCO**
INGENIERIA S.A.S.

www.hugofrancoingenieria.com

**ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL - ÁREA SANITARIA
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL
CEL: 314 651 75 90**

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	3
2	OBJETIVOS	3
2.1	General	3
2.2	Específicos	3
3	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE SALAMINA	4
3.1	Ubicación	4
3.2	Descripción de las unidades de tratamiento	4
3.2.1	Desarenador	5
3.2.2	Coagulación	5
3.2.3	Floculación	6
3.2.4	Sedimentación	6
3.2.5	Filtración	6
3.2.6	Desinfección	6
4	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	7
5	VISITA DE RECONOCIMIENTO	8
6	MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA Y LODOS PROVENIENTES DE LA PTAP	11
6.1	Descripción de la campaña de monitoreo de la fuente receptora del vertimiento	11
6.1.1	Caracterización fisicoquímica	15
6.2	Monitoreo de los vertimientos de lodos provenientes de las unidades de filtración y sedimentación de la PTAP	16
6.2.1	Caracterización fisicoquímica	19

1 INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la importancia de la potabilización de agua para el abastecimiento de la población y para la mayoría de las actividades cotidianas, es actualmente una de las mayores necesidades que deben ser cubiertas. Sin embargo, durante este proceso solo se gestiona la producción de agua potable, sin prestar mucha atención a los lodos que se producen tanto en la purga de sedimentadores como en el lavado de los filtros, por lo cual estos residuos son vertidos por lo general sin ningún tipo de tratamiento a corrientes superficiales, lo cual genera un impacto negativo en la calidad de las corrientes de agua.

Por lo tanto, la importancia de este proyecto radica en la necesidad de realizar una disposición adecuada de lodos que son producidos en el proceso de potabilización, mediante el diseño de un sistema de tratamiento, el cual opere de manera eficiente y bajo la normativa vigente.

Por esto, a partir de la recopilación de información, del reconocimiento de la zona donde se encuentra ubicada la planta de tratamiento de agua potable, así como a partir de la identificación de las actividades operativas, se presenta a continuación el informe de avance de las actividades que se han llevado a cabo para realizar el diseño de los sistemas de tratamiento de los lodos generados durante la purga de sedimentadores y lavado de filtros en la PTAP "Puerto Arturo".

2 OBJETIVOS

2.1 General

Realizar el diseño del Sistema de Tratamiento de Lodos para la Planta de Potabilización "Puerto Arturo" en el municipio de Salamina, así como los estudios complementarios para el trámite de permiso de vertimientos.

2.2 Específicos

- Desarrollar las pruebas de tratabilidad para el agua proveniente del lavado de filtros y sedimentadores de las dos PTAP.
- Evaluar alternativas de Sistemas de Tratamiento de Lodos e identificar la que mejor se ajuste a las necesidades de la Plantas de Potabilización.
- Realizar el diseño del sistema de tratamiento de los lodos generados en la purga de sedimentadores y lavado de filtros en la Planta de Potabilización.
- Realizar los estudios de calidad de agua necesarios para realizar la solicitud de permiso de vertimientos de los sistemas de tratamiento de lodos.

3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE SALAMINA

3.1 Ubicación

Como se muestra en la Figura 1, la Planta de Tratamiento de Agua Potable – PTAP “Puerto Arturo” se encuentra ubicada en la zona sur del municipio de Salamina, en el departamento de Caldas, a 2041 msnm. Esta planta se abastece de la quebrada Chagualito y actualmente cuenta con 3807 suscriptores, lo cual corresponde al 90% de cobertura en el servicio de agua potable para la población del municipio de Salamina.

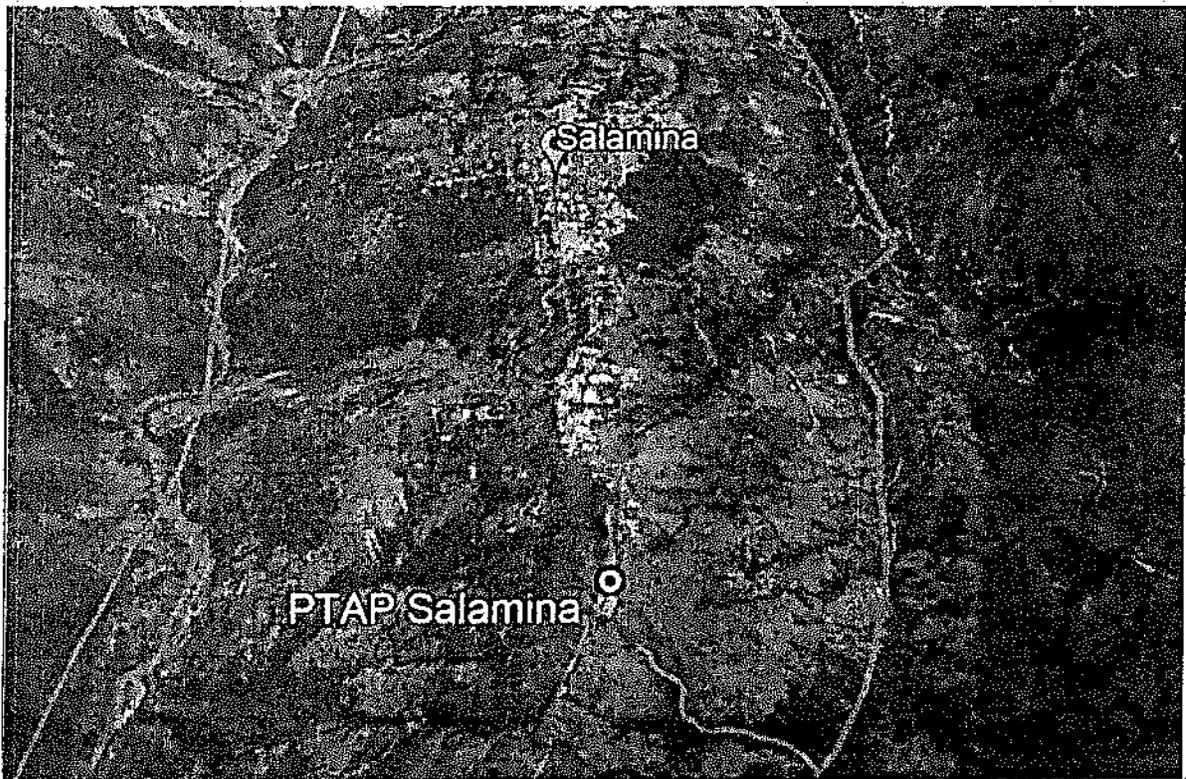


Figura 1. Ubicación PTAP municipio de Salamina

3.2 Descripción de las unidades de tratamiento

La PTAP "Puerto Arturo" tiene una capacidad de tratamiento de 45 L/seg y una capacidad de 1660 m³ de agua potable en los tanques de almacenamiento. En esta planta de tipo convencional se realizan los procesos de desarenado, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección del agua potable, para posteriormente almacenar y distribuir la misma.

Los lodos producidos en la PTAP "Puerto Arturo" provienen del lavado de los filtros de lecho mixto, los cuales tienen una frecuencia de lavado de 72 horas, mientras que los lodos producidos en el sedimentador se purgan mediante una salida cada mes aproximadamente, teniendo en cuenta la calidad de efluente a tratar en la planta.

A continuación, se presenta el esquema de la planta de potabilización y se detallan los procesos de potabilización que se llevan a cabo en las unidades de tratamiento de la PTAP "Puerto Arturo".

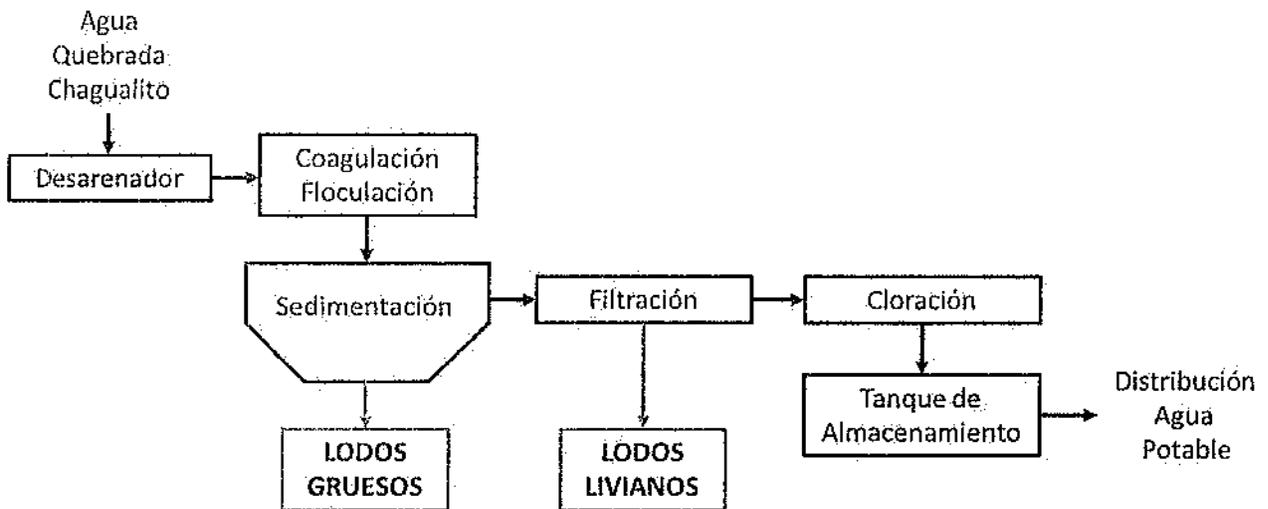


Figura 2. Esquema PTAP "Puerto Arturo"

3.2.1 Desarenador

El proceso de desarenado se utiliza para separar la arena, grava, etc., arrastrada en suspensión por el influente. Esta arena origina depósitos en canales y tuberías, abrasión y desgaste sobre los elementos y dificulta la eliminación y digestión de los lodos al aumentar su densidad.

3.2.2 Coagulación

Las diferentes partículas responsables de dar turbiedad y color a las corrientes de agua se encuentran, en general, cargadas negativamente. Por esto, mediante el proceso de coagulación, el cual consiste en la adición de un agregado que contiene partículas de carga positiva, en este caso policloruro de aluminio (PAC), mientras el agua es agitada fuerte, se logra una neutralización de dichas partículas. Este proceso tiene una duración de unos pocos segundos y debe asegurarse una alcalinidad suficiente para satisfacer la demanda producida por el coagulante.

3.2.3 Floculación

Posterior a la coagulación del agua, las partículas suspendidas en esta, mediante una agitación lenta y continua, se unen para formar flóculos; las cuales son partículas de mayor tamaño y con mayor peso.

3.2.4 Sedimentación

Finalmente, las partículas formadas en la floculación se sedimentan en el fondo de la unidad de sedimentación, entregando así un agua con mejores características al proceso de filtración. En esta etapa se generan los lodos gruesos, los cuales purgados con cierta frecuencia y descargados a una fuente de agua.

3.2.5 Filtración

Este proceso consiste en hacer pasar el agua, en este caso, de forma descendente por un lecho de filtración conformado por arena. El objetivo de esta unidad es remover las partículas de menor tamaño que permanecen en el agua y que no fueron removidas en las etapas mencionadas anteriormente. Luego de que los filtros operan determinada cantidad de horas, deben ser lavados, pues se saturan con las partículas contenidas en el agua; en este lavado se generan los lodos livianos, que son descargados como en el caso de los lodos de la sedimentación.

3.2.6 Desinfección

Finalmente, en el proceso de desinfección se remueven organismos patógenos presentes en el agua mediante la adición de cloro gaseoso para el caso de la PTAP "Puerto Arturo", adicionalmente se previene el crecimiento de algas y microorganismos durante el almacenamiento y la distribución final del agua a los usuarios.

4 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La recopilación de información permite conocer de manera integral el funcionamiento de las unidades de tratamiento actual, así como las alternativas que serán evaluadas para el diseño del sistema de tratamiento a implementar para los lodos producidos en la sedimentación y filtración. Por esto, en la tabla que se presenta a continuación se muestran los documentos recopilados hasta el momento, así como los autores, fuentes y utilidad de estos en el desarrollo del proyecto.

Tabla 1. Tabla de recopilación de información

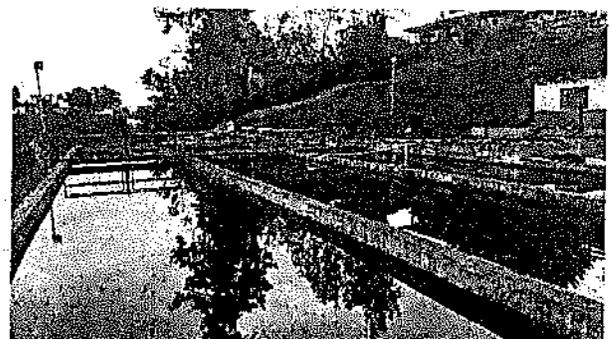
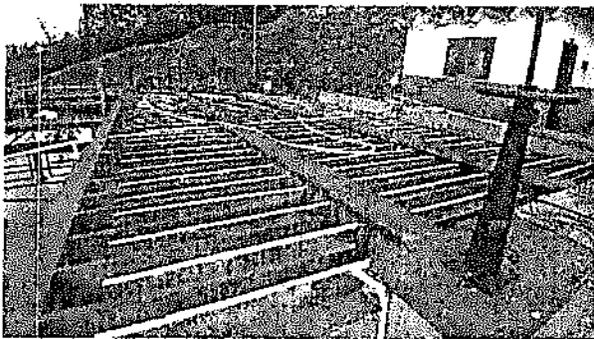
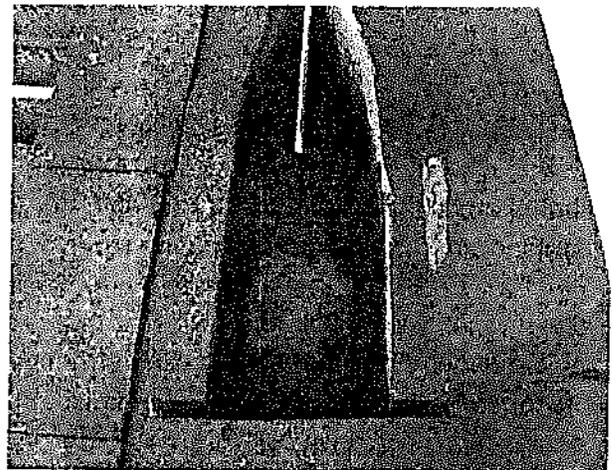
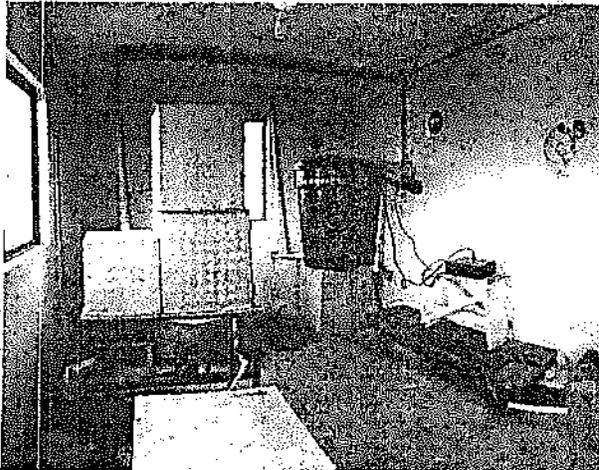
Título y año de publicación	Autor	Utilidad para el estudio
Potabilización del agua – 3ª Edición - 1999	Jairo Alberto Romero Rojas	Contiene información sobre los procesos de potabilización. Así como las metodologías para la estimación de volumen de lodos producidos y el desarrollo de las pruebas de tratabilidad para los mismos.
Manejo de lodos producidos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable, Planta II, del municipio de Cartago, Valle. - 2003	Guillermo Andrés Ramírez Fernández	Contiene las características de los lodos provenientes de los procesos de sedimentación y filtración. Así como alternativas para su tratamiento.
Diagnostico a nivel técnico e institucional en sus componentes, legal, operacional, comercial de la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado de EMPOCALDAS S.A E.S.P. - 2009	Empocaldas S.A E.S.P.	Contiene información sobre cantidad de usuarios, descripción de procesos de tratamiento, ubicación, fuente de abastecimiento, uso de suelos y porcentaje de abastecimiento de la PTAP "
Caracterización Físico-química y microbiológica de las cuencas hidrográficas del departamento de Caldas	Sandra Lidia Zambrano Sandra Patricia Madroñero Universidad Nacional de Colombia	Información general sobre la planta de tratamiento de agua potable "Puerto Arturo" del municipio de Salamina.
Propuesta metodológica para tratamiento de lodos provenientes de Plantas de potabilización en la sabana de Bogotá	José Nicolás Rodríguez Torres	Información sobre pruebas de tratabilidad de lodos de potabilización y alternativas para el tratamiento de estos.
Espesadores de tambor - 2016	ANDRITZ Separation	Fichas técnicas de las Alternativas a evaluar en el diseño del sistema de tratamiento de lodos para la PTAP
Prensas de banda - 2016		
Centri Tune - 2016		
Centrífugas decantadoras – 2016		
Prensa de tornillo – C-Press - 2016		
Espesador por gravedad – Power Drain - 2016		

5 VISITA DE RECONOCIMIENTO

La visita de reconocimiento se realizó el día 26 y 27 de junio de 2019, con el objetivo de identificar las unidades de tratamiento y el proceso llevado a cabo en cada una de ellas. Adicionalmente, teniendo en cuenta que el objetivo del proyecto es diseñar un Sistema de Tratamiento para los lodos provenientes del sedimentador y filtros de la planta, se realizó una identificación del proceso de lavado para estas dos etapas, en cuanto a duración y forma en la que se realiza. A continuación, se realiza una descripción general de la visita realizada, así como presenta un registro fotográfico de la misma.

Unidades de Tratamiento e instalaciones de la PTAP:

En las imágenes a continuación, se muestra el cuarto de dosificación y la canaleta Parshall, los floculadores, sedimentadores, los filtros, la sala de cloración y el tanque de almacenamiento. Adicionalmente se muestran los laboratorios físicoquímico y microbiológico.



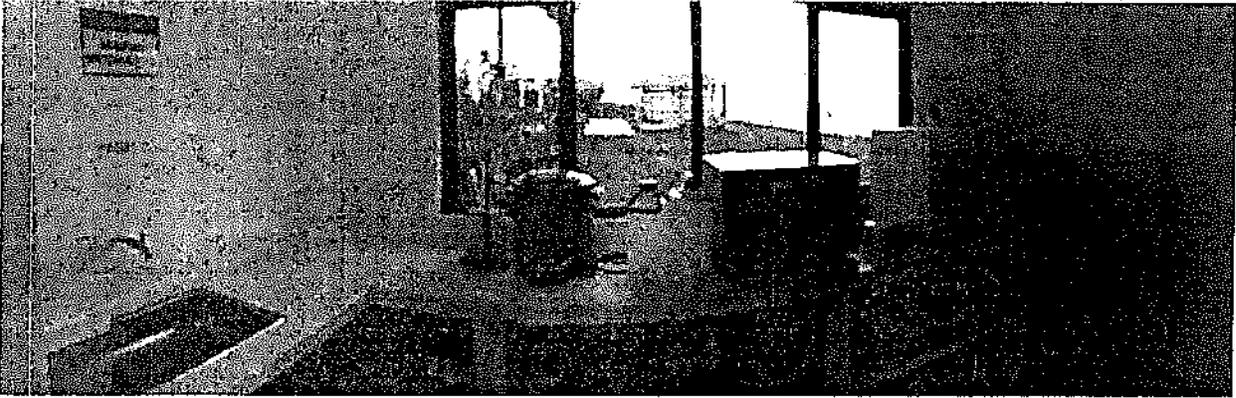
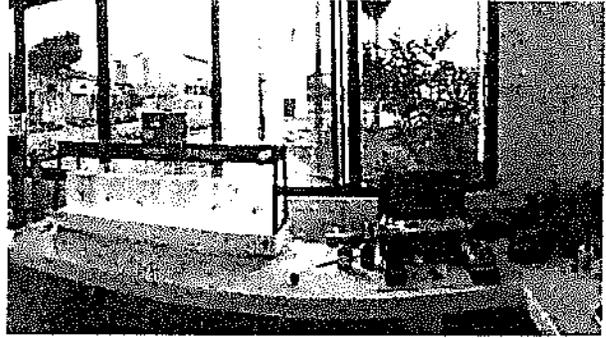
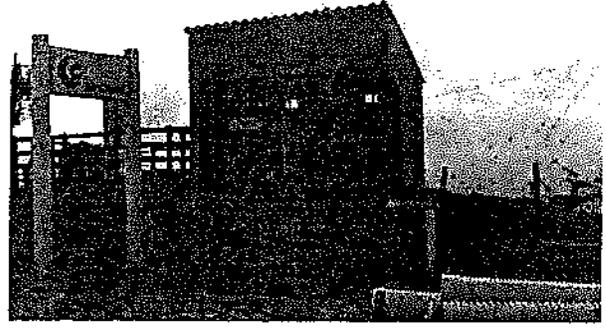
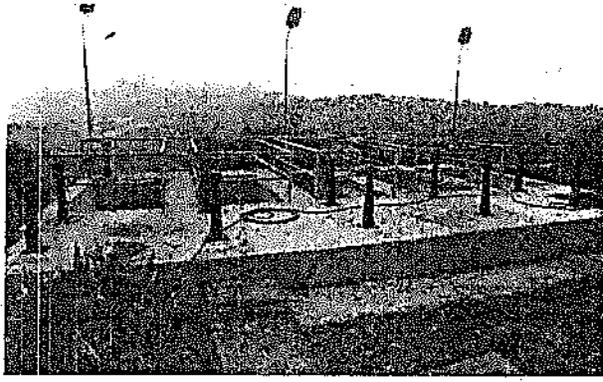


Foto 1. Registro fotográfico de unidades de tratamiento

Lavado de Filtros y Purga de lodos de Sedimentador:

A continuación, se presentan las fotografías de las válvulas de los filtros, el filtro durante el lavado, la válvula de purga y el sedimentador durante la purga.

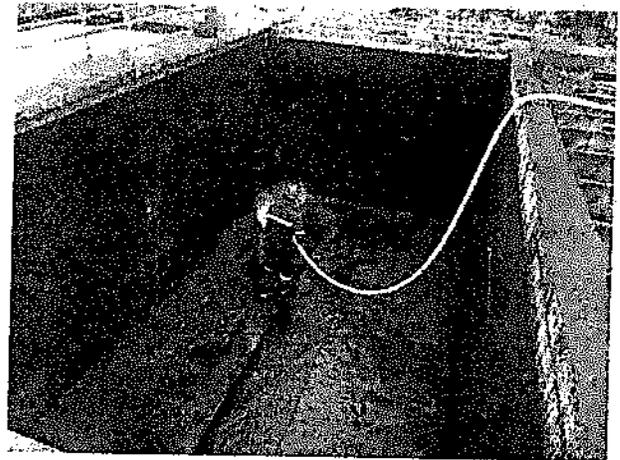
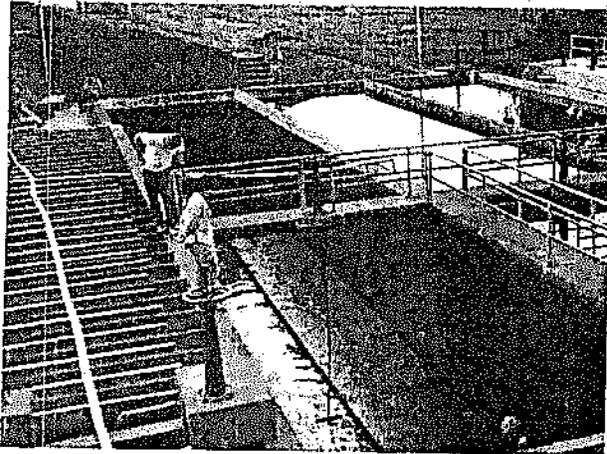
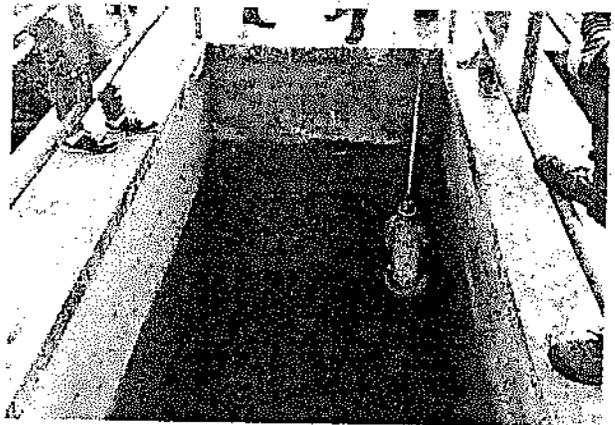
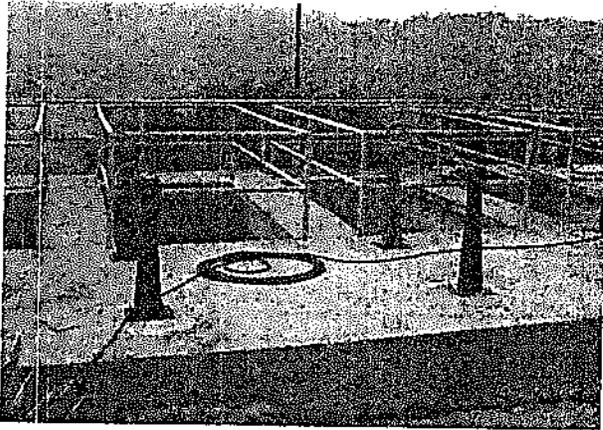
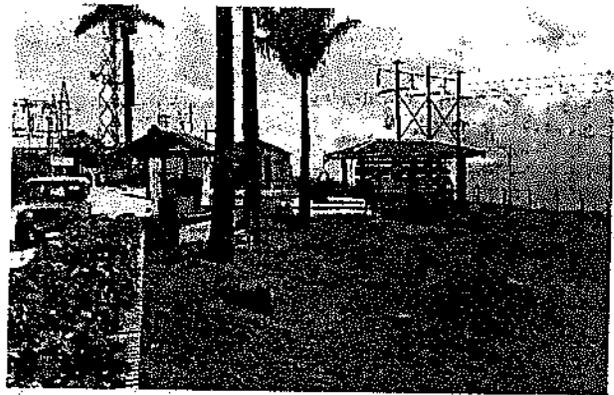
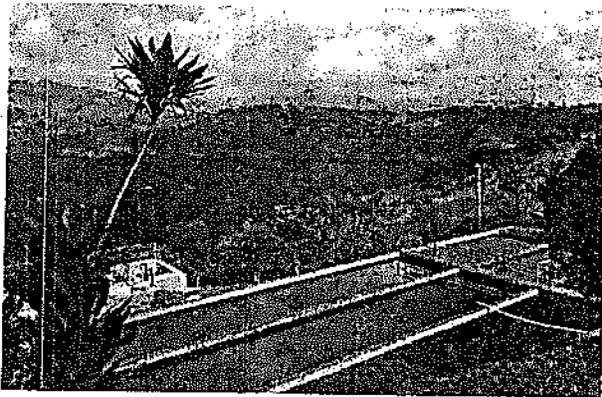


Foto 2. Registro Fotográfico de visita de reconocimiento – Lavado de filtros y sedimentador

Otras zonas de la planta de potabilización:

Finalmente, en las imágenes a continuación se presentan las zonas alrededor de la PTAP.



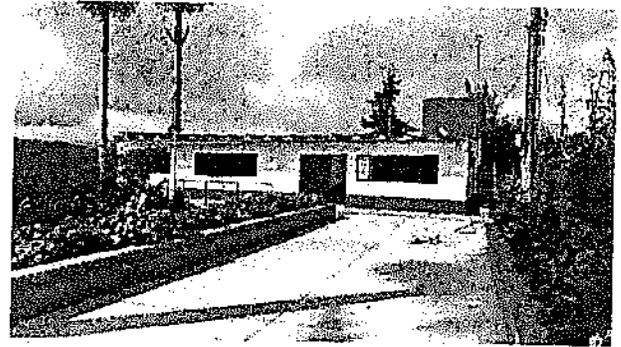
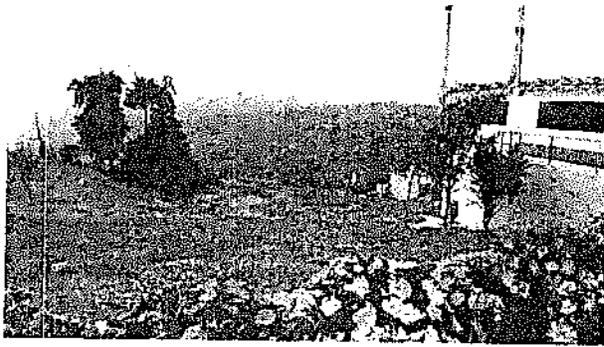


Foto 3. Registro fotográfico - Alrededores PTAP "Puerto Arturo"

6 MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA Y LODOS PROVENIENTES DE LA PTAP

El sistema de tratamiento de lodos que se diseñará para la PTAP "Puerto Arturo" realizará la descarga del agua retirada de los lodos en un cuerpo de agua denominado Quebrada NN, este se muestra en la figura a continuación. Por lo anterior, deben realizarse los trámites requeridos por la Corporación Ambiental con jurisdicción en la zona para realizar la solicitud del permiso de vertimientos.

En este sentido, se realizó un monitoreo de la fuente receptora en dos puntos, uno aguas arriba y otro aguas abajo de la descarga del vertimiento de la PTAP, con el objetivo de determinar el impacto que generará este vertimiento sobre el cuerpo de agua. Adicionalmente se realizó un monitoreo a los lodos provenientes del lavado de un filtro y de la purga de uno de los sedimentadores de la PTAP.

Posterior al monitoreo de calidad del agua y de lodos, las muestras fueron enviadas al laboratorio Hidroquímica, el cual está certificado por el IDEAM y entrega un informe con los parámetros fisicoquímicos solicitados para desarrollar la Evaluación Ambiental del Vertimiento, el Plan de Gestión del Riesgo para Manejo de Vertimientos y la propuesta técnica del diseño del sistema de tratamiento de lodos; documentos que serán entregados, en este caso, a la Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOGALDAS para su evaluación.

6.1 Descripción de la campaña de monitoreo de la fuente receptora del vertimiento

La campaña de monitoreo de calidad de agua sobre la fuente receptora del vertimiento de la PTAP "Puerto Arturo" se realizó el 26 de junio de 2019 en dos puntos sobre la corriente de la quebrada NN, uno de ellos ubicado unos metros aguas arriba del punto donde será descargado el vertimiento, y el otro unos metros aguas debajo de este. En la figura a continuación se muestra la ubicación de

la planta de potabilización "Puerto Arturo", así como la quebrada NN y los puntos en los cuales se realizó el monitoreo de calidad del agua.

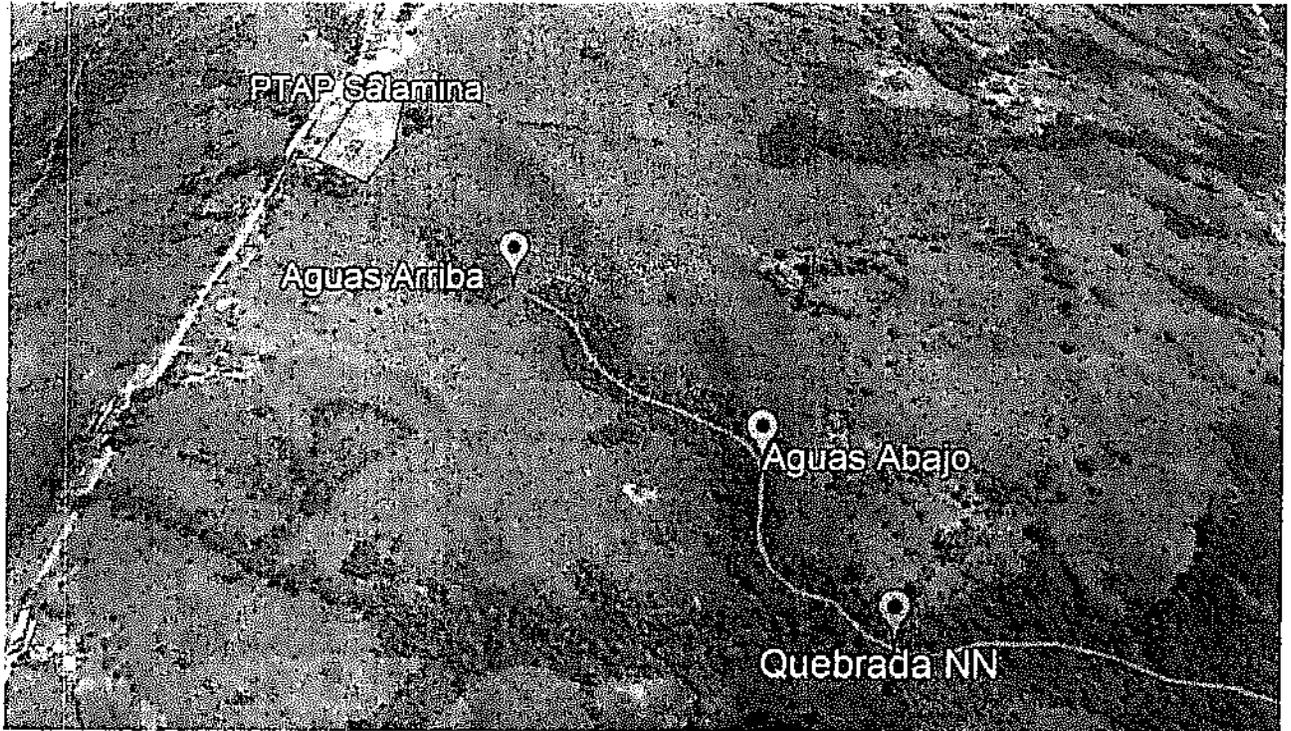


Figura 3. Monitoreo de calidad de agua quebrada NN

A continuación, en las tablas 2 y 3, se presentan las fichas de campo con la información de los dos puntos de monitoreo sobre el cuerpo de agua superficial.

Tabla 2. Ficha de campo punto aguas arriba sobre la fuente receptora del vertimiento

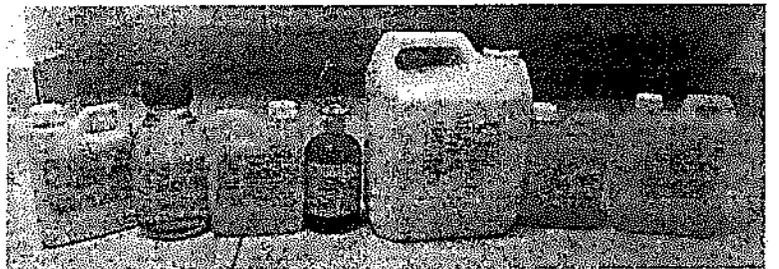
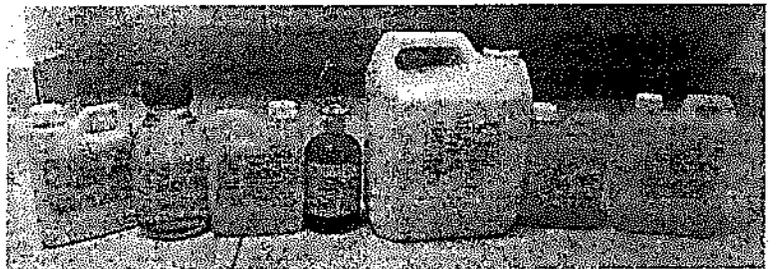
FECHA		REGISTRO FOTOGRÁFICO	
26 de junio de 2019		 	
NOMBRE			
Aguas Arriba Quebrada NN		 	
UBICACIÓN			
Coordenadas	Altura		
5°23'10.05"N 75°28'55.99"O	1992 m.s.n.m.		
INFORMACIÓN SOBRE LA TOMA DE MUESTRA			
Punto toma de muestra	Aguas Arriba		
Tipo de muestreo	Puntual		
Tipo de Aforo	Volumétrico		
Hora del muestreo	11:57 a.m.		
Temperatura ambiente	19.8 °C		
Humedad Relativa	88 %		
VARIABLES MONITOREADAS			
Conductividad, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fósforo Total, Nitrógeno Amoniacal (amonio), Nitrógeno Total Kjeldahl, Ortofosfatos, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV), Coliformes Fecales, Coliformes Totales			

Tabla 3. Ficha de campo punto aguas abajo sobre la fuente receptora del vertimiento

FECHA		REGISTRO FOTOGRAFICO	
26 de junio de 2019			
NOMBRE			
Aguas Abajo Quebrada NN			
UBICACIÓN			
Coordenadas	Altura		
5°23'5.85"N 75°28'50.23"O	1944 m.s.n.m.		
INFORMACIÓN SOBRE LA TOMA DE MUESTRA			
Punto toma de muestra	Aguas Abajo		
Tipo de muestreo	Puntual		
Tipo de Aforo	Volumétrico		
Hora del muestreo	12:59 p.m.		
Temperatura ambiente	17.8 °C		
Humedad Relativa	88 %		
VARIABLES MONITOREADAS			
Ver Tabla 4			

6.1.1 Caracterización fisicoquímica

Los parámetros fisicoquímicos monitoreados en la fuente receptora se tomaron de forma puntual y corresponden a los mínimos requeridos para evaluar el impacto del vertimiento en el cuerpo de agua: pH, Conductividad, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales, sólidos suspendidos volátiles, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Ortofosfatos, Fósforo Total, Nitrógeno Amoniacal y Nitrógeno Total, coliformes fecales y coliformes totales.

El laboratorio que realizó los análisis de las muestras fue HidroQuímica S.A.S. de Medellín, el cual se encuentran acreditado por el IDEAM. Adicionalmente, algunos de los parámetros son medidos in situ como lo especifica la norma. En la Tabla 4 se presentan los requerimientos de envasado, preservación y almacenamiento para los diferentes parámetros que serán analizados en la fuente receptora.

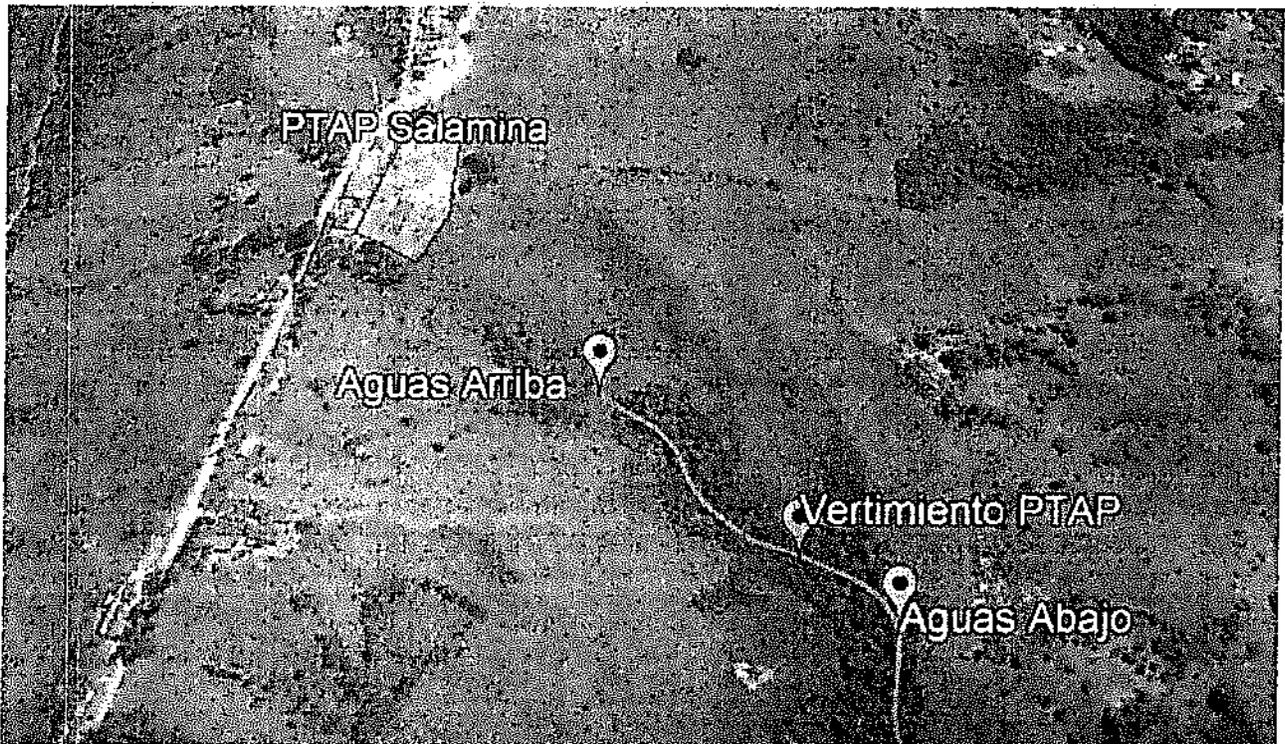
Tabla 4. Conservación, envase y métodos de análisis

Variable	Recipiente	Tamaño mínimo muestra (ml)	Preservación	Almacenamiento (recomendado/ máximo)
pH	P		Análisis Inmediato	--
Temperatura	P		Análisis Inmediato	--
Oxígeno Disuelto	V	300	Fijación, Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	8 h
Conductividad	P	500	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	28 días / 28 días
DBO	P	1000	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	6 h / 48 h
DQO	P	100	Refrigerar, Análisis tan pronto como sea posible o adicionar H_2SO_4 a $\text{pH} < 2$.	28 días
Sólidos suspendidos	P, V	1000	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7 días
Nitrógeno Total	P, V	500	H_2SO_4 a $\text{pH} < 2$. Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7 días
Nitrógeno Amoniacal	P, V	500	H_2SO_4 a $\text{pH} < 2$. Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	28 días
Fósforo Total	P, V	100	H_2SO_4 a $\text{pH} < 2$. Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	28 días
Ortofosfatos	V	300	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	48 h
Coliformes	P, V	100	Refrigerar	12 h

6.2 Monitoreo de los vertimientos de lodos provenientes de las unidades de filtración y sedimentación de la PTAP

El monitoreo de lodos provenientes de la unidad de filtración y de sedimentación se realizó el 26 de junio de 2019. Para la toma de muestras de lodos livianos, provenientes del filtro, se realizó un lavado normal de este, y se realizó una toma de muestras durante el tiempo de lavado para posteriormente integrarlas y obtener una sola muestra. En cuanto al lavado del sedimentador, se evacuó toda el agua de este y posteriormente se realizó un monitoreo puntual de la muestra de lodos gruesos que se encontraba sedimentada en el fondo de esta unidad de tratamiento.

Luego de ser tratados, estos vertimientos serán conducidos a la quebrada NN y serán descargados en el punto que se muestra en la figura a continuación.

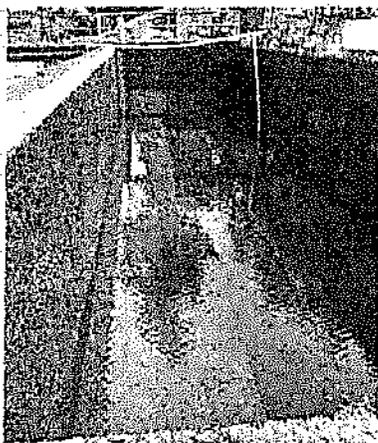
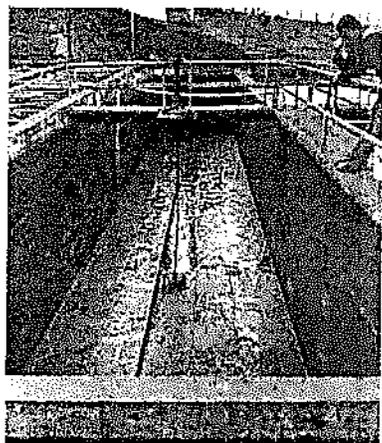


En las tablas 5 y 6 se presentan las fichas de campo con la información de los dos puntos de monitoreo de lodos livianos (filtro) y gruesos (sedimentador).

Tabla 5. Ficha de campo punto de monitoreo lodos livianos – lavado de filtro

FECHA		REGISTRO FOTOGRÁFICO	
26 de junio de 2019			
NOMBRE			
Lodos livianos – lavado de filtro			
UBICACIÓN			
Coordenadas	Altura		
5°23'13.63"N 75°28'59.45"O	2037 m.s.n.m.		
INFORMACIÓN SOBRE LA TOMA DE MUESTRA			
Punto toma de muestra	Unidad de filtración		
Tipo de muestreo	Puntual		
Hora del muestreo	02:30 p.m.		
Temperatura ambiente	20 °C		
Humedad Relativa	88 %		
VARIABLES MONITOREADAS		<p style="text-align: center;"><u>Ver Tabla 7</u></p>	

Tabla 6. Ficha de campo punto de monitoreo lodos gruesos – lavado del sedimentador

FECHA		REGISTRO FOTOGRÁFICO	
26 de junio de 2019		 	
NOMBRE			
Lodos gruesos – lavado de sedimentador		 	
UBICACIÓN			
Coordenadas	Altura	 	
5°23'13.42"N 75°29'0.14"O	2037 m.s.n.m.		
INFORMACIÓN SOBRE LA TOMA DE MUESTRA			
Punto toma de muestra	Unidad de sedimentación	 	
Tipo de muestreo	Puntual		
Hora del muestreo	01:30 p.m.		
Temperatura ambiente	20 °C		
Humedad Relativa	88 %		
VARIABLES MONITOREADAS			
Ver Tabla 7			

6.2.1 Caracterización fisicoquímica

Los parámetros analizados en esta muestra corresponden a los establecidos en el artículo 15 de la Resolución 631 del 2015 que corresponden a: "parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas ARnD para las actividades industriales, comerciales o de servicios diferentes a las contempladas en los capítulos V y VI con vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales" y a los establecidos en el artículo 123 de la resolución 330 del 2017.

El laboratorio que realizó los análisis de las muestras fue HidroQuímica S.A.S. de Medellín, el cual se encuentran acreditado por el IDEAM. Adicionalmente, algunos de los parámetros son medidos in situ como lo especifica la norma. En la Tabla 7 se presentan los requerimientos de envasado, preservación y almacenamiento para los diferentes parámetros que serán analizados en la fuente receptora.

Tabla 7. Conservación, envase y métodos de análisis

Parámetros	Unidades	Recipiente	Tamaño mínimo muestra (ml)	Preservación	Almacenamiento (recomendado/máximo)
Acidez Total	mg CaCO ₃ /L	P, V	100	Refrigerar ≤ 6 °C	24 h/28 d
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	P, V	500	Refrigerar ≤ 6 °C	24 h/14 d
Aluminio Total	mg Al/L				
Antimonio Total	mg Sb/L				
Arsénico Total	mg As/L				
Bario Total	mg Ba /L				
Berilio Total	mg Be/L				
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L				
Boro Total	mg B/L	P	250	HNO ₃ pH <2. Refrigerar ≤6°C	28 d/6 meses
Cadmio Total	mg Cd/L				
Cianuro Total	mg CN/L	P, V ambar	1000	NaOH pH >12. Refrigerar ≤ 6 °C.	24h /14 d 24 h Si está presente el Sulfuro
Cloruros	mg Cl-/L	P,V	100	Inmediato	Inmediato
Cobalto Total E	mg Co/L				
Cobre Total	mg Cu/L				
Coliformes Totales y Fecales	NMP/100 mL	P,V	100	Refrigerar 4±2 °C	12 h
Color real	436 nm.	P,V	500		24 h/48 h
	525 nm				

Parámetros	Unidades	Recipiente	Tamaño mínimo muestra (ml)	Preservación	Almacenamiento (recomendado/máximo)
	620 nm			refrigerar ≤ 6 °C	
Compuestos Fenólicos Semivolátiles	mg/L	V, ámbar con tapa recubierta con papel aluminio	1000	acidificar con HCl 6N. Refrigerar ≤ 6 °C	Extraer en menos de 14 días y el extracto se puede analizar en un período de 30 días. Permanecer ≤ 6 °C
Compuestos Orgánicos Halogenados Absorbibles (AOX)	mg/L				
Conductividad eléctrica	μ s/cm	P,V	500	Refrigerar ≤ 6 °C	7 d
Cromo Total	mg Cr/L				
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg O ₂ /L	P,V	1000	Refrigerar ≤ 6 °C	6h/48 h
DQO	mg O ₂ /L	V,P	100	H ₂ SO ₄ pH < 2. Refrigerar ≤ 6 °C	7 d/28 d
Dureza Cálctica	mg CaCO ₃ /L	P,V	100	HNO ₃ pH < 2.	6 meses
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	P,V	100	HNO ₃ pH < 2.	6 meses
Estaño Total	mg Sn/L				
Fenoles Totales	mg Fenol /L	P,V	1000	H ₂ SO ₄ pH < 2. Refrigerar ≤ 6 °C	7 d hasta la extracción
Fluoruros	mg F/L	P	500	Refrigerar 4 ± 2 °C	28 d
Formaldehído	mg/L	V, ambar	Viales de 40 mL. 90 mL en frasco con tapa rosca de polipropileno no forradas con TF	48 h	

Parámetros	Unidades	Recipiente	Tamaño mínimo muestra (ml)	Preservación	Almacenamiento (recomendado/máximo)
Fósforo total	mg P/L	P,V	100	H ₂ SO ₄ pH < 2. Refrigerar ≤ 6 °C	28 d
Grasas y Aceites	mg/L	V boca ancha	1000	H ₂ SO ₄ o HCl pH < 2. Refrigerar ≤ 6 °C	28 d
HAPs (Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares)	mg/L				
Hidrocarburos Totales	mg/L				
Hierro Total	mg Fe /L	P,V	1000	Filtrar en campo y acidular con HNO ₃ pH < 2.	6 meses
Litio Total	mg L/L				
Manganeso Total	mg Mn/L				
Mercurio Total	mg Hg/L	P,V	500	HNO ₃ pH < 2. Refrigerar ≤ 6°C	28 d
Molibdeno Total	mg Mo/L				
Níquel Total	mg Ni/L				
Nitratos (Aguas residuales alta MO)	mg NO ₃ /L	P,V	100	Refrigerar ≤ 6°C	48 h
Nitritos	mg NO ₂ /L	P,V	300	Refrigerar ≤ 6°C	24 h/48 h
Nitrógeno amoniacal (Amonio)	mg/L NH ₃ -N	P,V	500	H ₂ SO ₄ pH < 2. Refrigerar ≤ 6°C	7 d/28 d
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	P,V	500	H ₂ SO ₄ pH < 2. Refrigerar ≤ 6°C	7 d/28 d
Ortofosfatos	mg PO ₄ /L				
Oxígeno disuelto	mg O ₂ /L	V	300	Fijación, Refrigeración ≤ 6°C	8 h
pH	Unidades de pH	P,V	50	Inmediato	Inmediato
Plata Total	mg Ag/L	P,V	1000	Filtrar en campo y acidular con HNO ₃ pH < 2.	6 meses
Piomó Total	mg Pb/L				

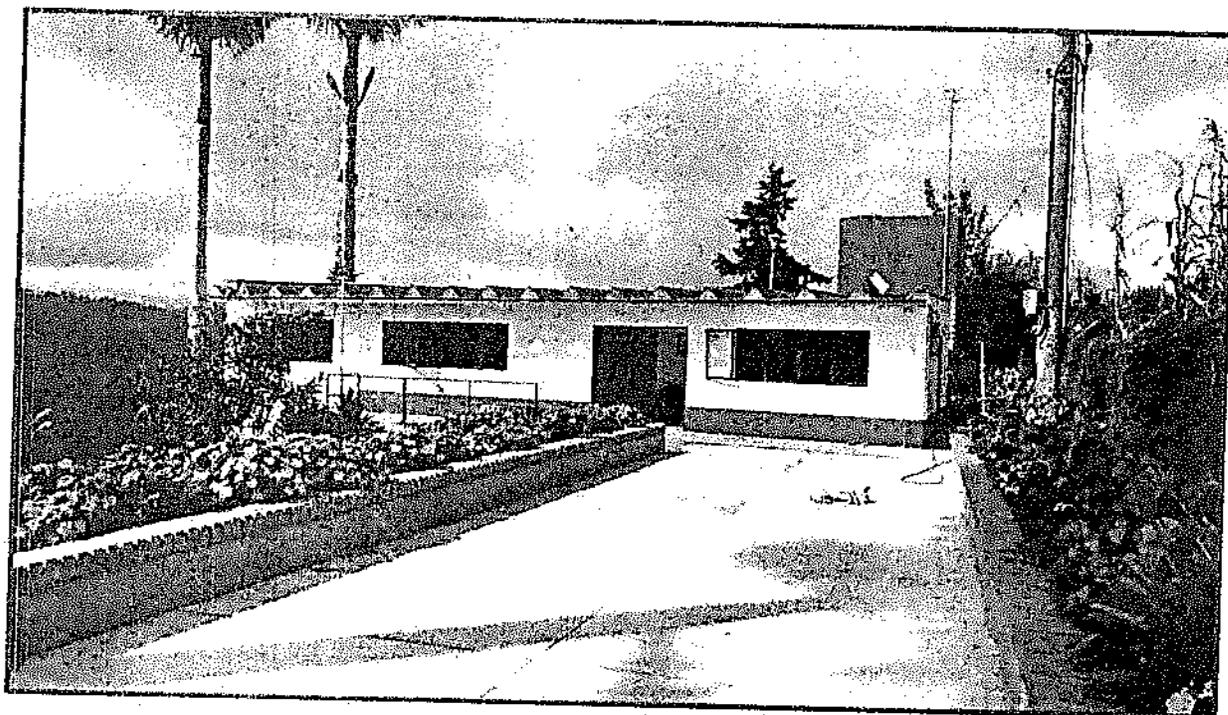
Parámetros	Unidades	Recipiente	Tamaño mínimo muestra (ml)	Preservación	Almacenamiento (recomendado/máximo)
Selenio Total	mg/L				
Sólidos Sedimentables (In Situ)	mL/L	P,V	2000	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7 d
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	P,V	1000	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7 d
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/L	P,V	1000	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7d
Sólidos Totales	mg/L	P,V	200	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7 d
Sulfatos	mg SO_4/L	P,V	200	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	28 d
Sulfuros	mg S^{2-}/L	P,V	100	gotas Acetato de Zinc 2N por cada 100 mL, NaOH a pH > 9. Refrigerar $4\pm 2^{\circ}\text{C}$	28 d/7 d
Detergentes - Tensoactivos (SAAM)	g/mol	P,V	250	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	48 h
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	P,V	NA	Inmediato	Inmediato
Titanio total	mg/L	P,V	1000	Filtrar en campo y acidular con HNO_3 pH < 2.	6 meses
Vanadio Total	mg V/L				
Zinc Total	mg Zn/L				
Huevos de Helmintos	H/L	P,V	100	Refrigerar $8\pm 2^{\circ}\text{C}$	2 meses
Salmonela	UFC	P,V	100	Inmediato	Inmediato

P: Plástico, V: Vidrio, NA: No aplica,





**PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LODOS GENERADOS
EN LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN
PUERTO ARTURO**



**SALAMINA – CALDAS
JULIO DE 2019**

**HUGO
FRANCO**
INGENIERIA S.A.S.

www.hugofrancoingenieria.com

**ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL - ÁREA SANITARIA
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL
CEL: 314 651 75 90**

TABLA DE CONTENIDO

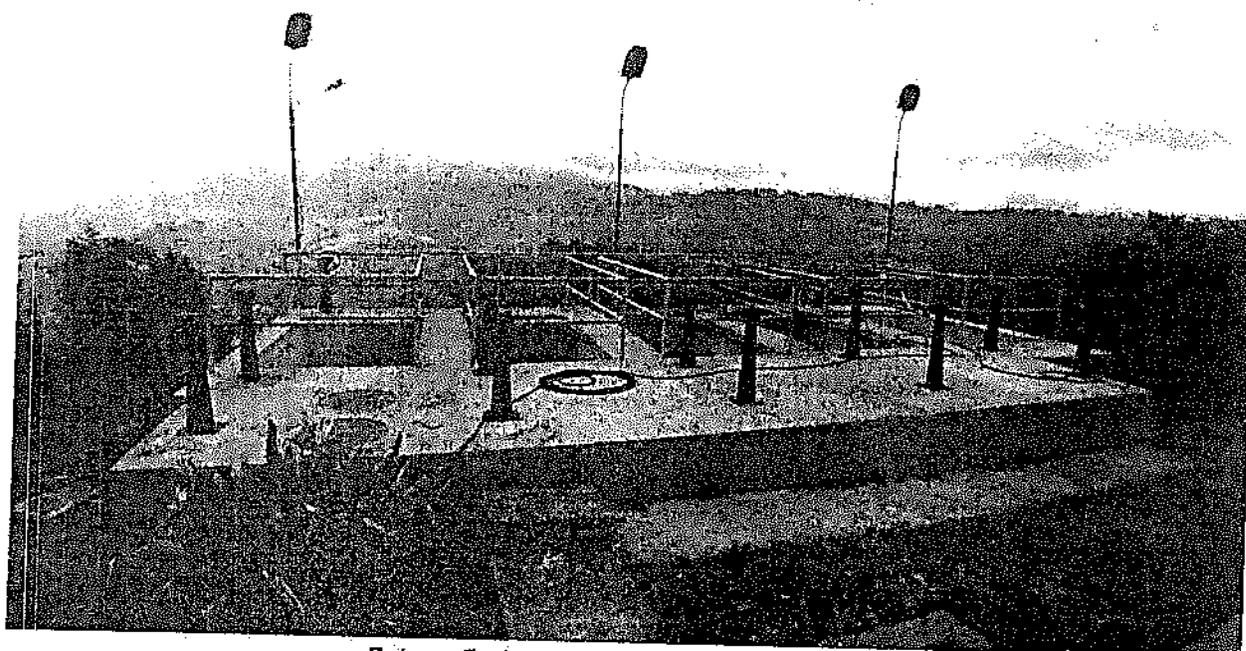
1	PRUEBAS DE TRATABILIDAD.....	3
1.1	Tratabilidad de Lodos Livianos.....	3
1.1.1	Prueba 1: Determinación del tiempo óptimo de lavado en cada filtro.....	4
1.1.2	Prueba 2: Determinación de la relación óptima de recirculación.....	4
1.2	Tratabilidad de lodos gruesos.....	10
1.2.1	Prueba 1: Prueba de espesamiento.....	10
1.2.2	Prueba 2: Dosis óptima de polímeros.....	13
1.2.3	Prueba 3: Determinación de condiciones finales del lodo espesado.....	14
1.2.4	Prueba 4: Simulación filtro prensa.....	15
1.3	Tratabilidad de la mezcla de lodos livianos y lodos gruesos.....	16
1.3.1	Prueba 1: Prueba de sedimentación.....	16
1.3.2	Prueba 2: Dosis óptima de polímero.....	17
1.3.3	Prueba 3: Determinación de condiciones finales del lodo espesado.....	18
1.3.4	Prueba 4: Simulación filtro prensa.....	19
2	Conclusiones.....	

1 PRUEBAS DE TRATABILIDAD

Para realizar las pruebas de tratabilidad en la Planta de Tratamiento de Agua Potable "Puerto Arturo", se realizarán dos monitoreos tomando muestras tanto de lodos livianos como de lodos gruesos. A la fecha se ha realizado un monitoreo, el cual se llevo a cabo el 26 y 27 de Junio del 2019. La segunda campaña de monitoreo se tiene planeada para los días 23 y 24 de julio del 2019.

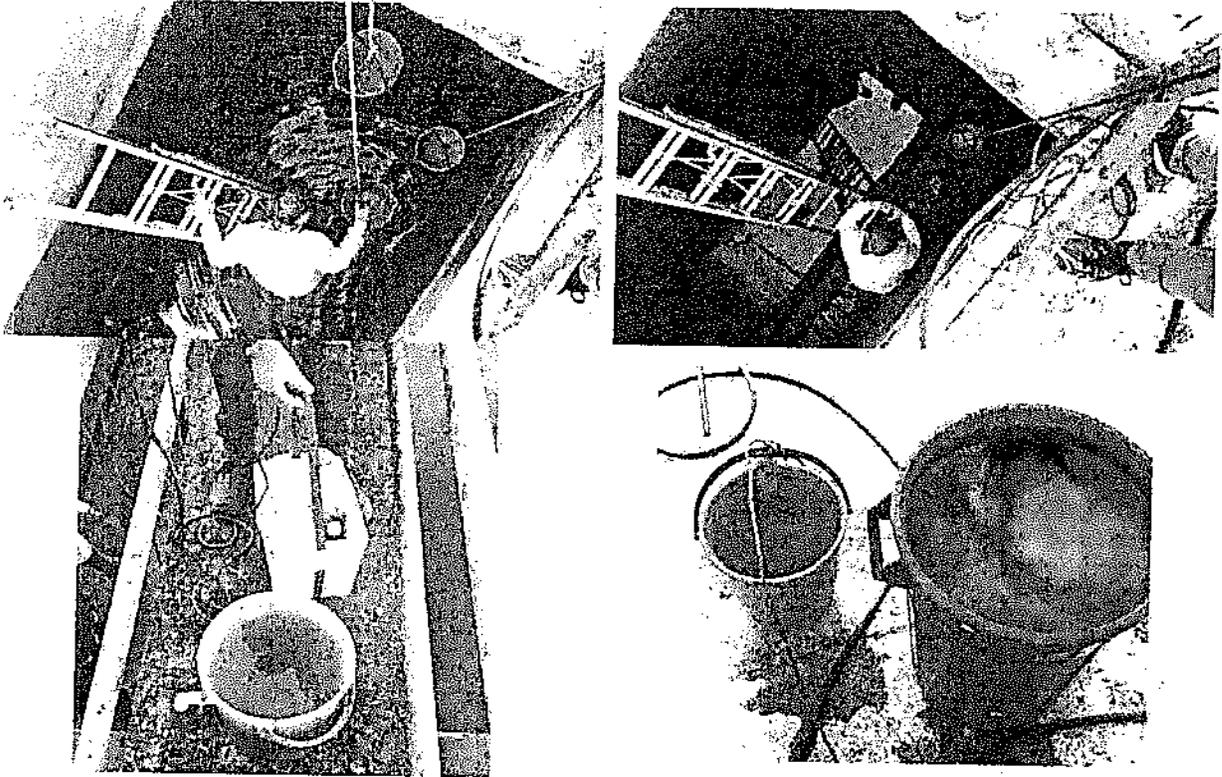
1.1 Tratabilidad de Lodos Livianos

Los lodos livianos son aquellos que se generan en el lavado de los filtros. Para el caso de esta planta se cuenta con 5 filtros, a los cuales se le realizan lavados cada 72 horas.



Fotografía 1. Filtros PTAP Puerto Arturo

Para la toma de muestras del lavado de filtros se tomo una muestra compuesta durante el tiempo que duro el lavado de uno de los filtros como se puede observar en la siguiente fotografía.



Fotografía 2. Toma de muestra de lavado de filtros

Estas muestras se integraron y se midió la turbiedad para determinar el valor de esta en la masa completa de agua usada para el lavado.

Tabla 1. Muestra compuesta del agua de lavado de filtros

Condiciones iniciales	Agua de lavado de filtros del 26 de junio
pH	7.34
Turbiedad (NTU)	101
Temperatura (°C)	20.2

1.1.1 Prueba 2: Determinación de la relación óptima de recirculación

El objetivo de esta prueba fue simular a escala laboratorio el proceso de potabilización realizado en la planta y determinar la relación óptima de la mezcla de agua cruda con agua de lavado de filtros que podría recircularse a la planta de potabilización sin alterar en mayor medida las variables de operación actuales. A continuación, se explica el proceso llevado a cabo:

- a) Se tomaron muestras de agua cruda con diferentes turbiedades y se midieron las condiciones iniciales. En la tabla 2 se presentan las turbiedades de agua cruda evaluadas y las dosis empleadas para los test de jarras realizados.

Tabla 2. Turbiedades agua cruda y dosis empleadas para el 26 de junio

No. Muestra	Turbiedad (NTU)	Dosis (mg/L)	Volumen (ml)
1	3.06	12.9	2.6
2	5.55	12	2.4
3	12.0	14	2.8
4	15.8	18	3.6
5	36.5	24	4.8
6	50.8	18	3.6
7	50.8	28	5.6

- b) Se tomó la muestra del agua de lavado de filtro recolectada y se montó el test de jarras para diferentes relaciones de mezcla de agua cruda y agua de lavado de filtros, incluyendo una prueba con agua cruda solamente como blanco. En la tabla a continuación se presenta la relación de volumen utilizada en cada una de las pruebas realizadas.

Tabla 3. Relación de volúmenes para test de jarras

# Jarra	Relación de mezcla		Volumen de agua cruda	Volumen de agua de lavado de filtro
	Agua Cruda	Agua de lavado de filtros		
1	100	0	2000 ml	0
2	80	20	1600 ml	400 ml
3	60	40	1200 ml	800 ml
4	50	50	1000 ml	1000 ml
5	40	60	800 ml	1200 ml
6	20	80	400 ml	1600 ml

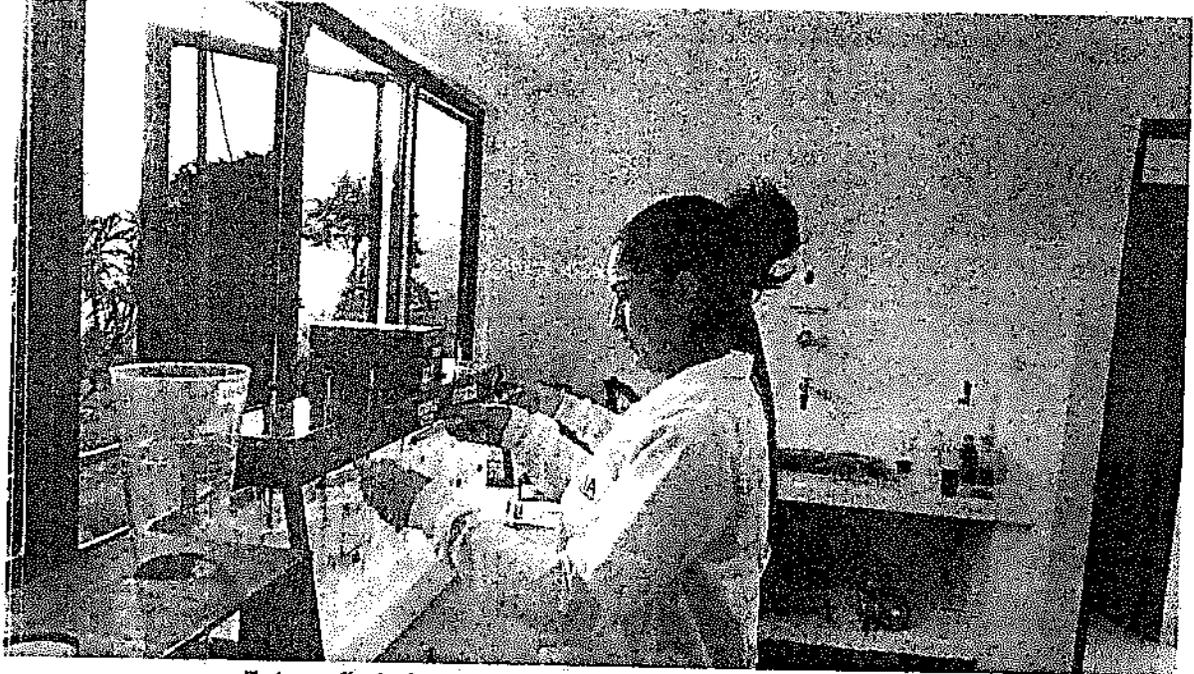
- c) Se procedió a relajar la prueba de jarras manejando las variables de operación normales de la planta de tratamiento: Coagulante, dosis óptima, tiempo y gradiente óptimo, y tiempo de sedimentación.

Tabla 4. Variables de operación de la planta

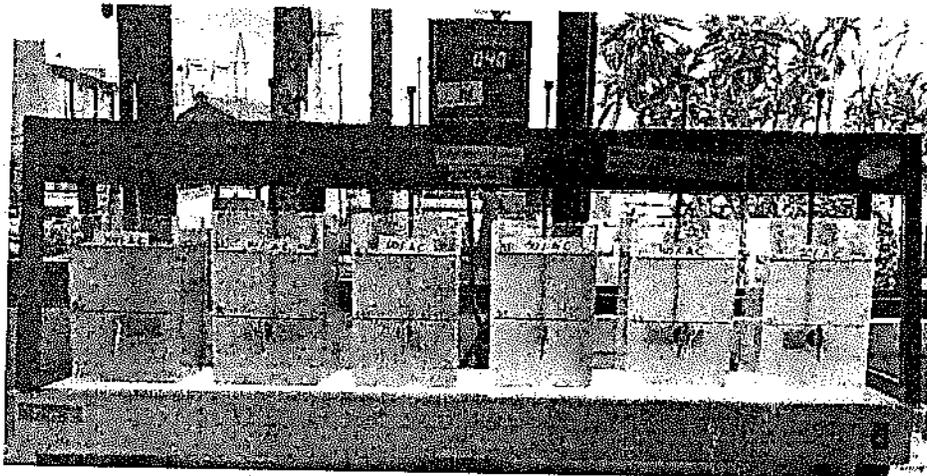
Variables	Valor
Coagulante	PAC (polícloruro de aluminio)
Dosis óptima	Depende de la Turbiedad (Ver tabla 2)
Tiempo de floculación	20 min
Tiempo de sedimentación	30 min
Velocidad de agitación	40 rpm

- d) Al finalizar la prueba de jarras se midió la turbiedad y el pH a cada una de las jarras y se determinó la de menor turbiedad residual, de esta forma, se obtiene la relación óptima de recirculación. Esta prueba se repitió para las diferentes aguas de entrada mostradas en la

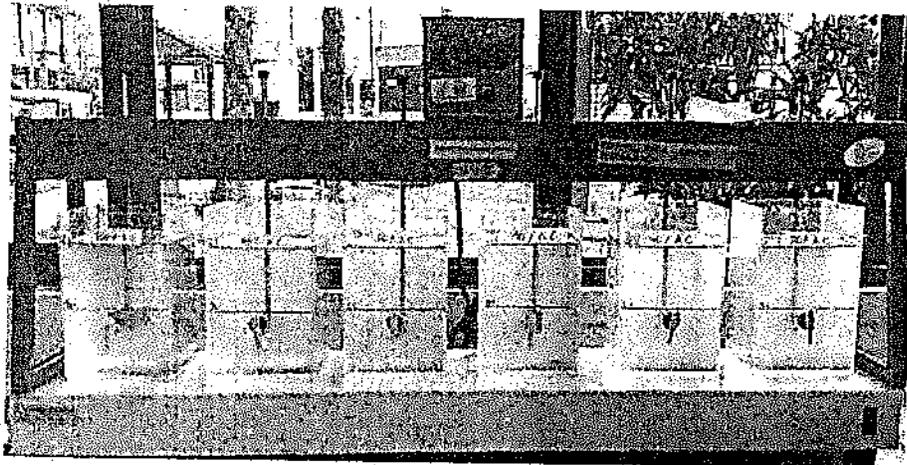
tabla 2. A continuación, se muestra el registro fotográfico de las pruebas realizadas el 26 de junio y los resultados encontrados en ese muestreo.



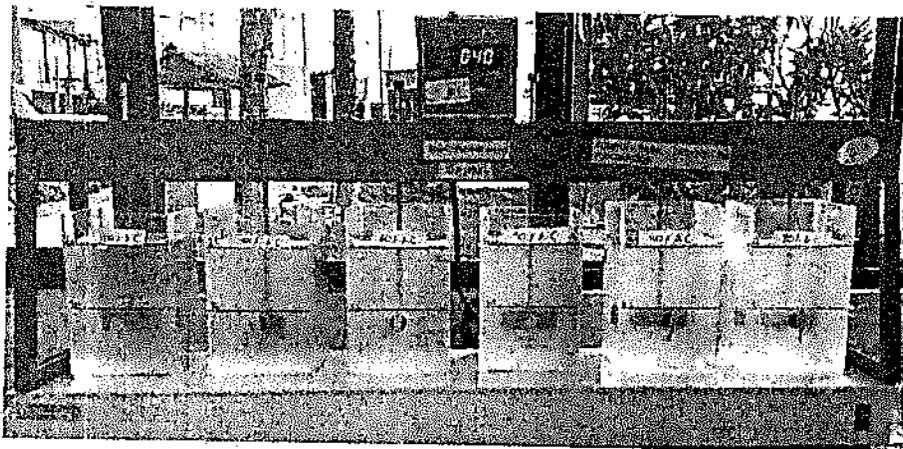
Fotografía 3. Adición de coagulante en la prueba de Jarras



Fotografía 4. Test de Jarras para Turbiedad 50,8 NTU



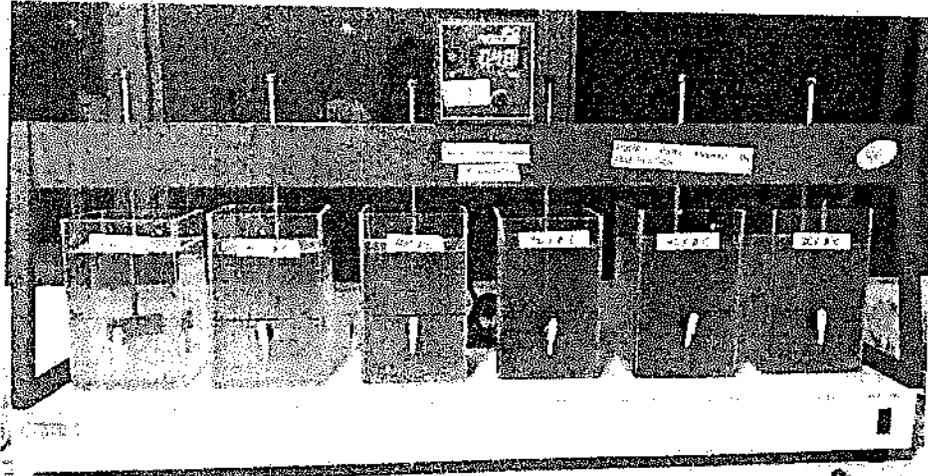
Fotografía 5. Test de Jarras para Turbiedad 36.5 NTU



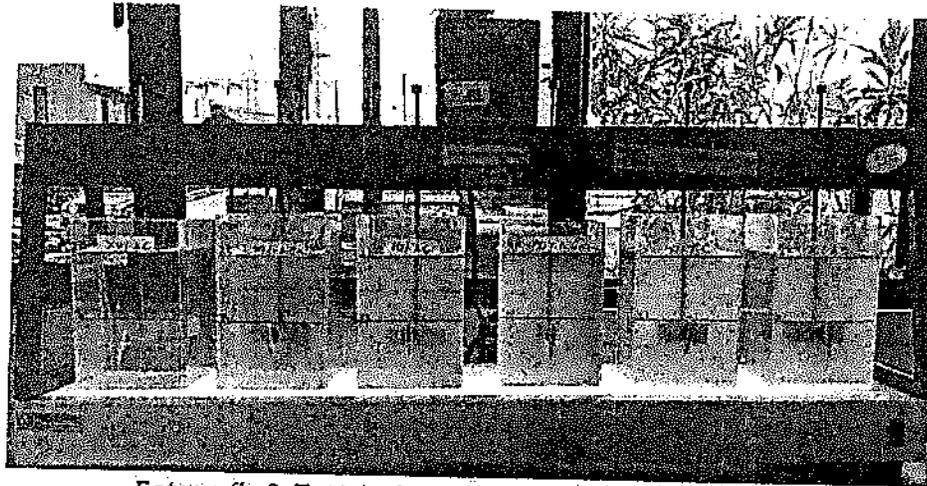
Fotografía 6. Test de Jarras para Turbiedad 15.8 NTU



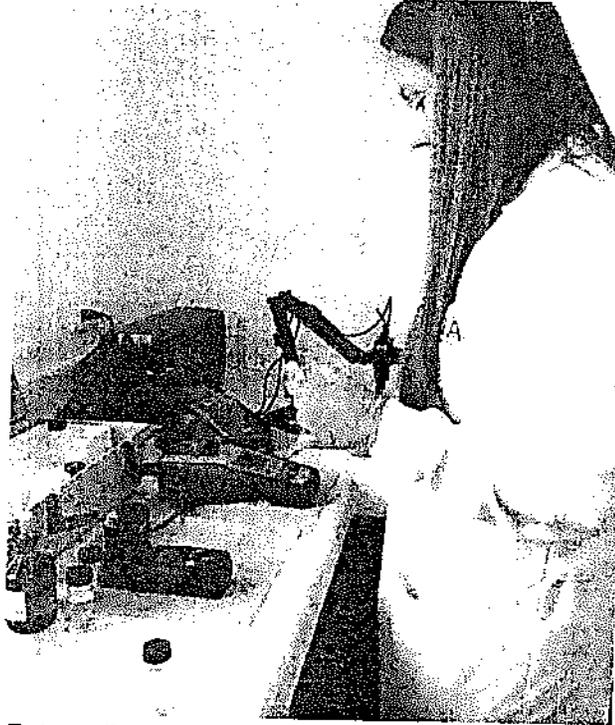
Fotografía 7. Test de Jarras para Turbiedad 12 NTU



Fotografía 8. Test de Jarras para Turbiedad 5.55 NTU



Fotografía 9. Test de Jarras para Turbiedad 3.06 NTU



Fotografía 10. Medición de condiciones finales

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la turbiedad residual para los diferentes test de jarras realizados a partir de las mezclas de agua cruda con agua de lavado de filtros para el muestreo realizado el 26 de junio.

Tabla 5. Resultados para prueba de relación óptima para diferentes turbiedades 6 de nov

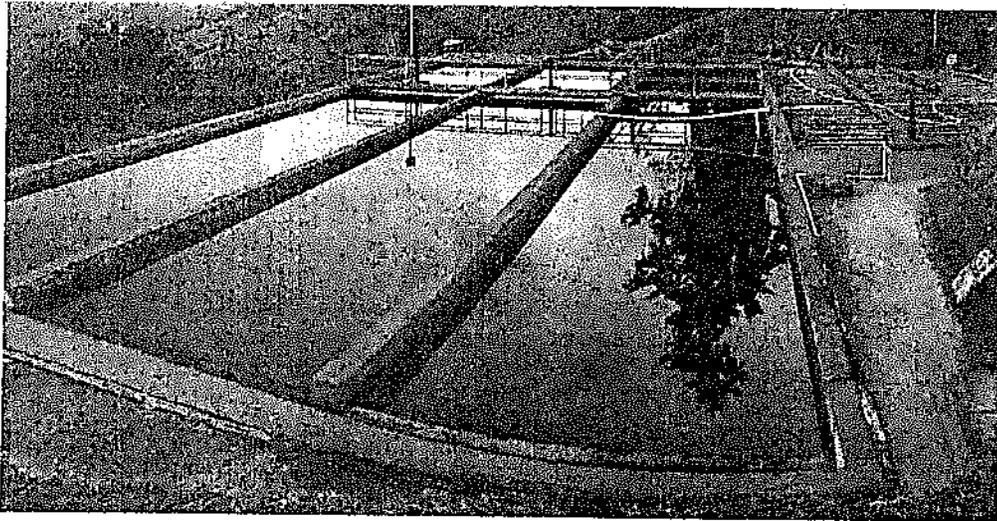
Agua Cruda (%)	Lavado de filtros (%)	Turbiedad (NTU)						
		50.8	50.8	36.6	15.8	12	5.55	3.06
100	0	17	20.95	13.80	3.97	7.54	2.48	2.13
80	20	14.85	16.40	5.47	3.28	5.12	2.53	2.85
60	40	11.55	12.30	6.56	2.17	4.75	2.41	2.46
50	55	9.90	10.80	5.33	1.67	3.57	2.27	2.35
40	60	8.70	8.69	5.43	1.57	5.14	2.06	2.13
20	80	6.18	6.69	4.22	2.51	3.59	2.40	2.77

Como se puede observar en la tabla 5, en las turbiedades mayores a 10 NTU, las turbiedades residuales van a disminuyendo a medida que se aumenta la concentración del agua de lavado de filtros. Para las turbiedades mas bajas (5.55 y 3.06 NTU) todas las turbiedades residuales son muy similares. Según estos resultados se podría concluir que se puede usar una recirculación hasta del 80% de agua de lavado de filtros.

Sin embargo para sacar conclusiones es importante esperar la segunda campaña de monitoreo para confirmar si este comportamiento tiene repetibilidad en el tiempo.

1.2 Tratabilidad de lodos gruesos

Los lodos gruesos provienen de la purga de los sedimentadores. En la PTAP Puerto Arturo se cuenta con 3 unidades de sedimentación, las cuales se lavan mensualmente.

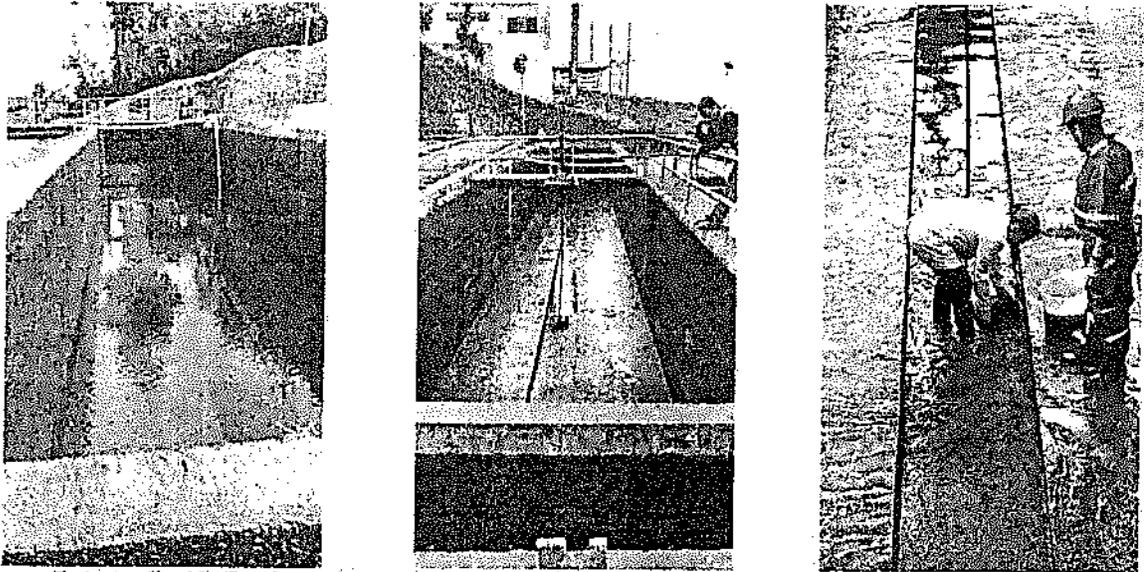


Fotografía 11. Sedimentadores PTAP Puerto Arturo

1.2.1 Prueba 1: Prueba de espesamiento

El objetivo de esta prueba es evaluar la sedimentación de los lodos de purga a partir de la adición de polímeros que favorecen este proceso.

- Se realizó el vaciado de uno de los sedimentadores de acuerdo a los criterios del operador.
- Cuando el sedimentador estaba casi vacío, y se tenía el fondo con los lodos (altura aproximada de lodos 30 cm), se tomaron las muestras en valdes.
- Posteriormente se integran las muestras en una sola. A continuación, se muestra el registro fotográfico de la toma de muestras del 26 de junio.



Fotografía 12. Registro fotográfico toma de muestras durante purga del sedimentador

- d) Los lodos recolectados se agregaron a 4 conos imhoff para evaluar 3 polimeros en la campaña de monitoreo: Trafloc F4000, trafloc F6000 y C-310. Los polimeros fueron preparados previamente de acuerdo con las indicaciones del proveedor, realizando la adición del polímero en el test de jarra con agitación rápida para que se tuviera una adecuada mezcla de este con la muestra de lodos.



Fotografía 13. Preparación de los polimeros

- e) Se definió una dosis arbitraria y se agregó un polímero diferente en cada uno de los conos. Adicionalmente se dejó un cono sin adición de polímero como blanco.

Tabla 6. Dosis de polímeros para prueba de sedimentabilidad

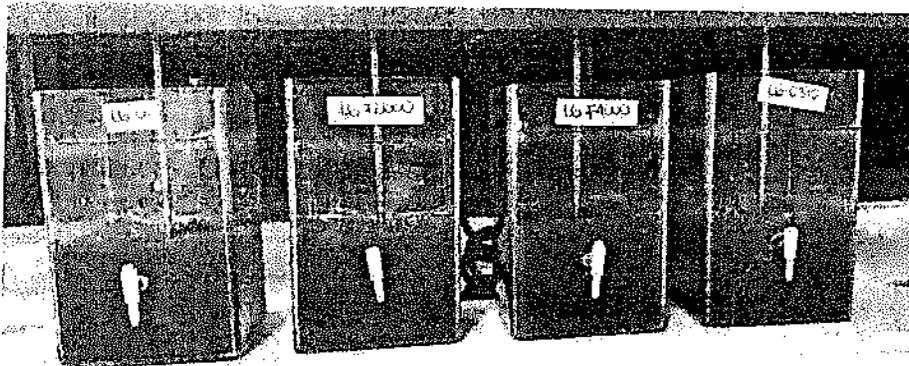
Polímero	Concentración (%)	Dosis (ml/L)
C-310	0.1	10
F-4000	0.1	10
F-6000	0.1	10

- f) Se dejó sedimentar el contenido de cada cono 8 horas según lo establecido en la resolución 0330 del 2017, la cual establece que debe dejarse sedimentar entre 8 y 12 horas. Se determinó el polímero óptimo como el que dejó una menor turbiedad residual y un fodo más compacto. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 7. Determinación de polímero óptimo para sedimentación de lodos gruesos

Polímero óptimo	Volumen sedimentado (ml/L)	Turbiedad (NTU)
Sin adición	470	0.88
C-310	480	0.58
F-4000	450	0.49
F-6000	460	0.57

De los polímeros analizados el 26 de junio del 2019, se encontró que el F-4000 de la empresa TQI, fue el que mejores resultados presentó para los lodos de los sedimentadores de la PTAP "Puerto Arturo". A continuación, se presenta el registro fotográfico de la prueba descrita.



Fotografía 14. Adición y mezcla de los polímeros a las muestras de lodos



Fotografía 15. Prueba de espesamiento luego de aplicar polímero (Izquierda) y luego de 8 horas de sedimentación (Derecha)

1.2.2. Prueba 2: Dosis óptima de polímeros

El objetivo de esta prueba era determinar la dosis óptima de polímero para la sedimentación de los lodos gruesos.

- Luego de escoger el polímero que logró los mejores resultados de espesamiento, se agregaron muestras de lodos a cada cono y se aplicaron dosis diferentes del polímero óptimo.
- Se dejó espesar cada cono durante un periodo de 4 horas y se registraron los resultados obtenidos. Se determinó la dosis óptima como la que mejor relación presentada entre el volumen de lodos que se sedimentó y la turbiedad en el agua clarificada.

Tabla 8. Dosis óptima de polímero para lodos gruesos

Dosis EXRO (ml/L)	Volumen sedimentado (ml/L)	Turbiedad (NTU)
10	690	0.49
20	640	1.22
30	810	1.19
40	850	1.42
50	880	1.22

Según los resultados observados en la tabla 8 y teniendo en cuenta el resultado obtenido para la dosis inicial con la que se identifica el polímero óptimo. Se realizan las pruebas de espesado de lodos con las dosis de 10 y 20 ml para identificar de manera mas global cual puede ser la dosis óptima.



Fotografía 16. Dosis óptima de F-4000 para lodos gruesos

1.2.3 Prueba 3: Determinación de condiciones finales del lodo espesado

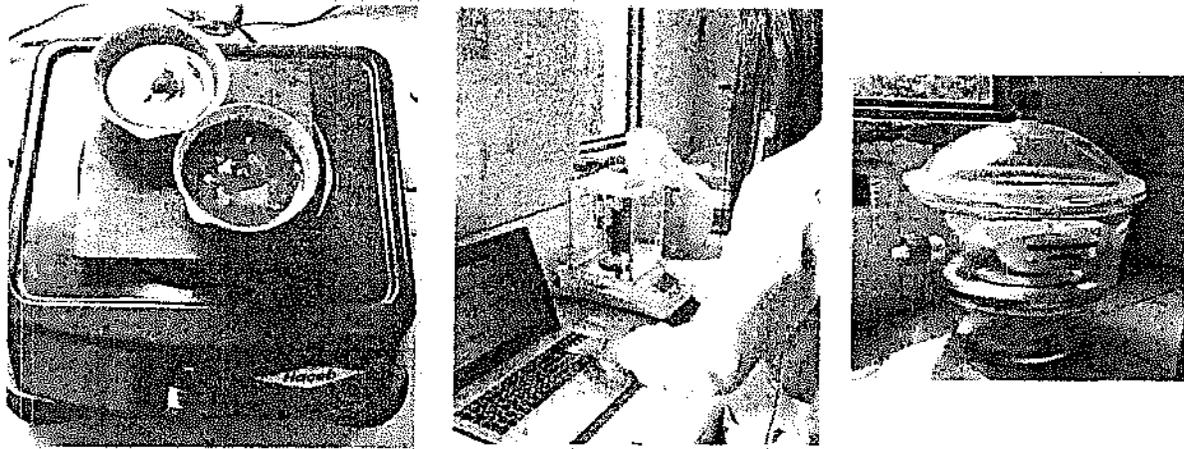
El objetivo de esta prueba es determinar las características del lodo grueso una vez que ha sido espesado.

- Se tomó una muestra de lodo del cono Imhoff en el cual se obtuvo la dosis óptima. Se retiró el agua clarificada y se llevó el lodo sedimentado a un recipiente volumétrico, para registrar el volumen ocupado, lo cual permite determinar la densidad del lodo húmedo.
- Posteriormente la muestra se llevó a una mufla a 110 °C hasta peso contante y se determinaron los Sólidos Totales.
- Finalmente, el lodo seco se llevó a un recipiente volumétrico y se pesó, esto con el objetivo de determinar la densidad del lodo seco. Los resultados de las pruebas realizadas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 9. Características del lodo grueso espesado

Parámetro	Dosis 10 ml	Dosis 20 ml
Sólidos totales (Kg/L)	0.0000187	0.0000134
Densidad lodo húmedo (kg/L)	1.0061	0.9994
Densidad lodo seco (kg/L)	0.716	0.655

A continuación, se presenta el registro fotográfico de la prueba.



Fotografía 17. Registro fotográfico determinación condiciones finales del lodo grueso espesado

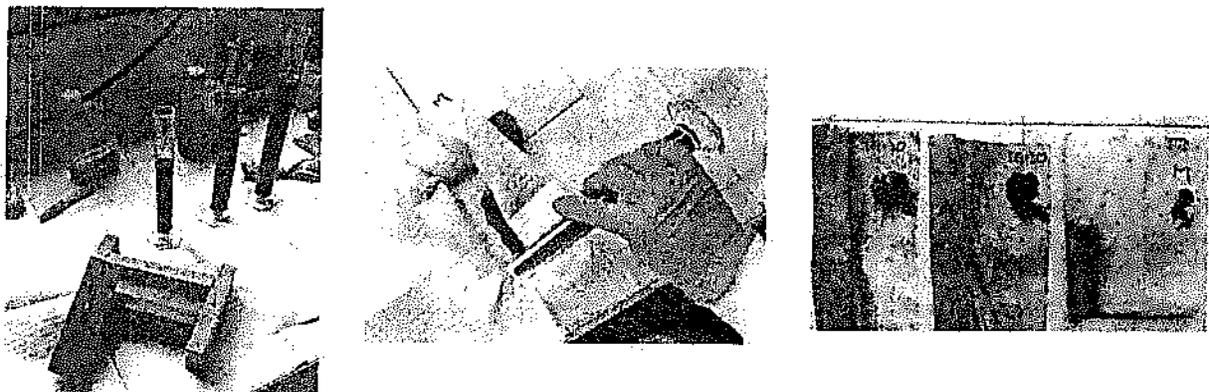
1.2.4 Prueba 4: Simulación filtro prensa

El objetivo de esta prueba es someter el lodo espesado a una prueba de deshidratación mecánica simulando un filtro prensa.

- a) Una muestra del lodo espesado obtenido en la prueba de polímero óptimo se llevó a un material absorbente generando presión sobre el mismo para secarlo.
- b) Al finalizar el procedimiento se determinó la humedad del lodo comprimido y el contenido de sólidos totales.

Tabla 10. Humedad del lodo grueso comprimido

Parametro	Dosis 10 ml	Dosis 20 ml
Humedad lodo comprimido (%)	84.62	81.84
Sólidos Totales (Kg/L)	5.18	4.57



Fotografía 18. Registro fotográfico prueba Filtro Prensa para lodos gruesos

1.3 Tratabilidad de la mezcla de lodos livianos y lodos gruesos

Para la realización de esta prueba se requiere determinar la relación del volumen de lodos livianos y volumen de lodos gruesos a integrar en cada uno de los conos Imhoff para posteriormente realizar las pruebas que se describen a continuación.

1.3.1 Prueba 1: Prueba de sedimentación

- Se tomó una muestra de lodos livianos (agua de lavado de filtros) y una muestra de lodos gruesos (purga de sedimentadores).
- Posteriormente se integraron las muestras en una sola, 85% agua de lavado de filtro y 15% de purga de sedimentadores.

Tabla 11. Turbiedad de la muestra integrada

Volumen mezcla en conos	Turbiedad (NTU)	Turbiedad final (NTU)
85% Purga de sedimentadores	4870	770
15% lavado de filtros	101	

- La mezcla de lodos recolectados se agregó a 4 conos Imhoff para evaluar los diferentes polímeros: C-310, trafloc F-4000 y trafloc F-6000. Los polímeros fueron preparados previamente de acuerdo con las indicaciones del proveedor, de igual manera que en el ítem 1.2.1 numeral f (ver fotografía 14)
- Se definió una dosis arbitraria y se agregó un polímero en cada uno de los conos. Adicionalmente se dejó un blanco comparativo.

Tabla 12. Dosis de polímeros para prueba de sedimentabilidad

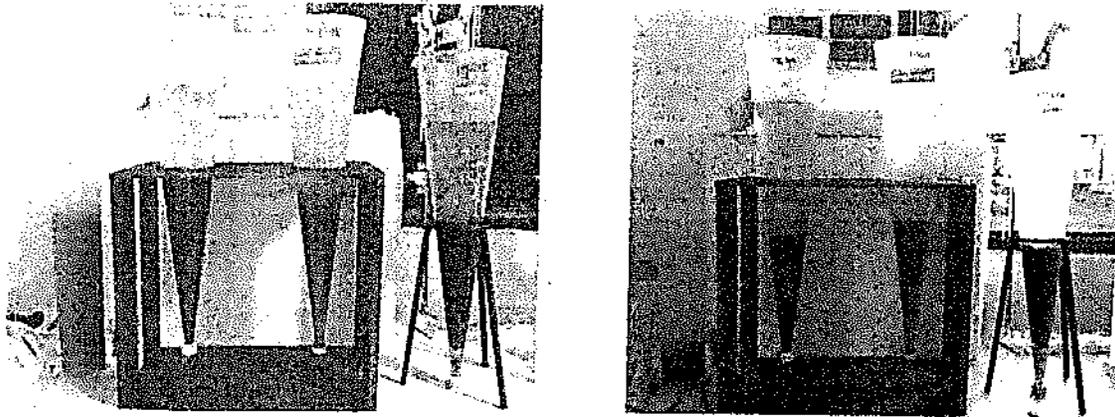
Polímero	Concentración (%)	Dosis (ml/L)
C-310	0.1	10
F-4000	0.1	10
F-6000	0.1	10

- Se dejó sedimentar el contenido de cada cono 8 horas según lo establecido en la resolución 0330 del 2017, la cual establece que debe dejarse sedimentar entre 8 y 12 horas. Se determinó el polímero óptimo como el que más lodos sedimentó en el tiempo de prueba. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 13. Determinación de polímero óptimo para sedimentación de mezcla de lodos.

Polímero óptimo	Volumen sedimentado (ml/L)	Turbiedad (NTU)
Sin adición	120	2.6
C-310	140	1.22
F-4000	200	0.57
F-6000	220	0.59

Como se puede observar en la tabla 13, el F-4000 fue el polímero que mejor se comportó, obteniendo una menor turbiedad residual y una buena compactación de lodos. A continuación, se presenta el registro fotográfico de la prueba anteriormente descrita para la campaña realizada.



Fotografía 19. Prueba de espesamiento luego de aplicar polímero (Izquierda) y luego de 12 horas de sedimentación (Derecha)

1.3.2 Prueba 2: Dosis óptima de polímero

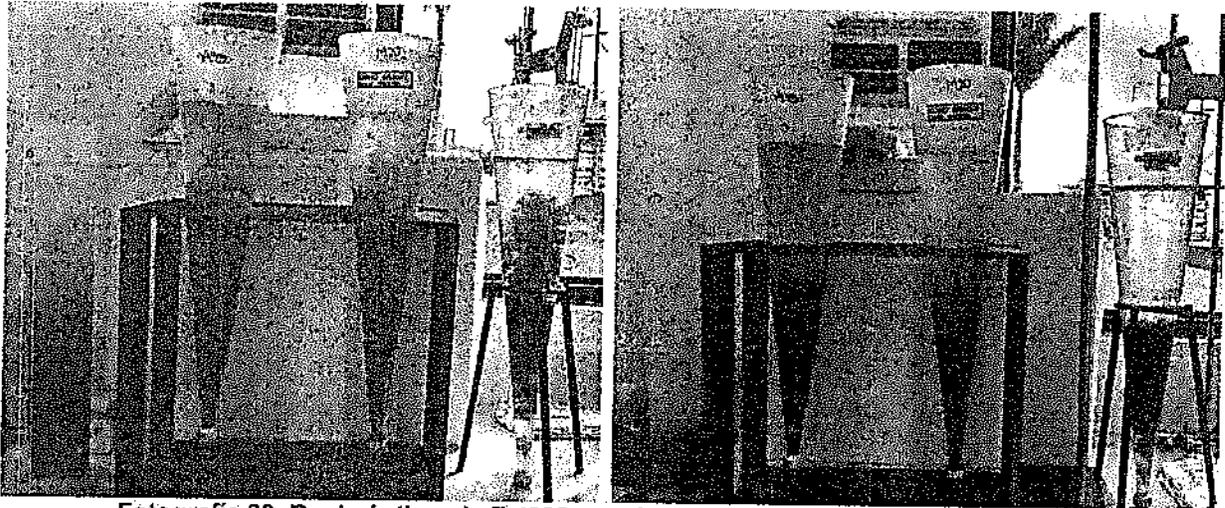
El objetivo de esta prueba es determinar la dosis óptima de polímero para la sedimentación de la mezcla de lodos livianos y gruesos.

- Luego de escoger el polímero que logró mejores resultados de espesamiento, se agregaron muestras de lodos a cada cono y se aplicaron 4 dosis diferentes del polímero óptimo.
- Se dejó espesar cada cono durante un periodo de 8 horas y se registraron los resultados obtenidos. Se determinó la dosis óptima como la que más volumen lodos sedimentó y presentara la turbiedad más baja en el agua clarificada.

Tabla 14. Dosis óptima de polímero para mezcla de lodos gruesos y livianos

Dosis EXRO (ml/L)	Volumen sedimentado (ml/L)	Turbiedad (NTU)
5	190	1.41
10	200	0.57
15	250	2.04
20	240	1.65
25	240	1.97

Según los resultados observados en la tabla 18, Los mejores resultados de sedimentación para la mezcla de lodos es la de 5 ml, sin embargo para tener resultados consiguientes es muy importante esperar la segunda campaña de monitoreo para confirmar que los resultados tengan repetibilidad. A continuación se presenta el registro fotográfico de las pruebas de dosis óptima.



Fotografía 20. Dosis óptima de F-4000 para la mezcla de lodos gruesos y livianos

1.3.3 Prueba 3: Determinación de condiciones finales del lodo espesado

El objetivo de esta prueba es determinar las características del lodo una vez que ha sido espesado.

- Se tomó una muestra de lodo del cono Imhoff en el cual se obtuvo la dosis óptima. Se retiró el agua clarificada y se llevó el lodo sedimentado a un recipiente volumétrico, para registrar el volumen ocupado, lo cual permite determinar la densidad del lodo húmedo.
- Posteriormente la muestra se llevó a una mufla a 110 °C hasta peso contante y se determinaron los sólidos totales.
- Finalmente, el lodo seco se llevó a un recipiente volumétrico y se pesó, esto con el objetivo de determinar la densidad del lodo seco. Los resultados de las pruebas realizadas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 15. Características de la mezcla de lodo espesado

Parámetro	Valores
Sólidos totales (Kg/L)	0.00001210
Densidad lodo húmedo (kg/L)	1.006
Densidad lodo seco (kg/L)	0.623

A continuación, se presenta el registro fotográfico de la prueba.



Fotografía 21. Registro fotográfico determinación condiciones finales de la mezcla de lodos espesados

1.3.4 Prueba 4: Simulación filtro prensa

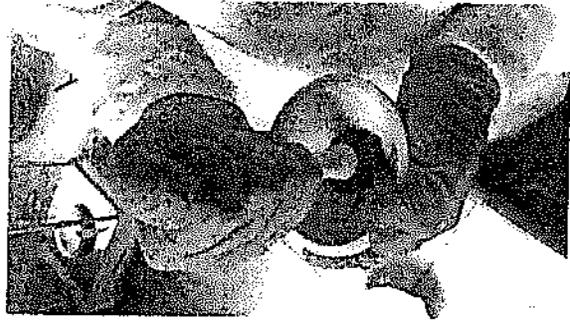
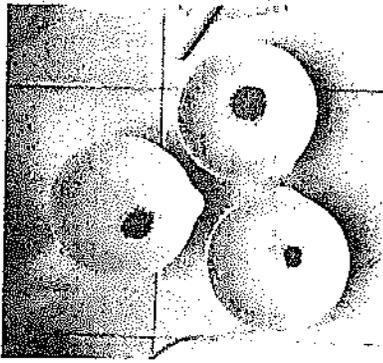
El objetivo de esta prueba es someter el lodo espesado a una prueba de deshidratación mecánica simulando un filtro prensa.

- a) Una muestra del lodo espesado obtenido en la prueba de polímero óptimo se llevó a un material absorbente generando presión sobre el mismo para secarlo.
- b) Al finalizar el procedimiento se determinó la humedad del lodo comprimido y el contenido de sólidos totales.

Tabla 16. Humedad de la mezcla de lodos filtrada

Parámetro	6 de noviembre
Humedad lodo comprimido (%)	87.27
Sólidos Totales (Kg/L)	2.52

A continuación se presenta el registro fotográfico de la prueba de simulación del filtro prensa para el lodo obtenido de la mezcla de los lodos livianos y gruesos.

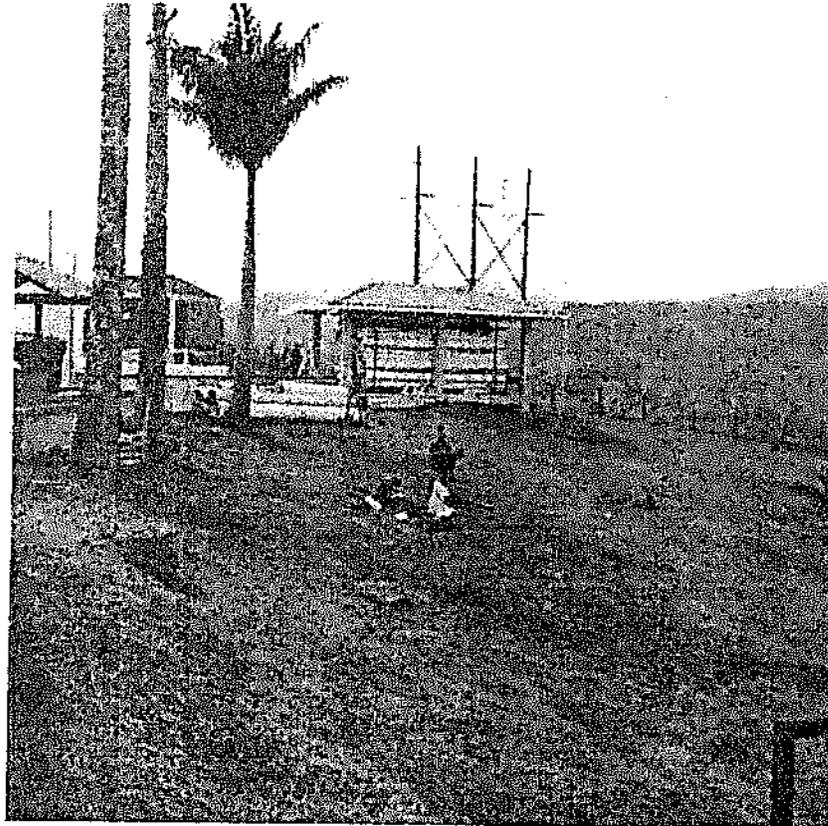


Fotografía 22. Registro fotográfico prueba Filtro Prensa para la mezcla de lodos gruesos y livianos del 6 de noviembre

ESTUDIO DE SUELOS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE - SALAMINA

DEPARTAMENTO DE CALDAS



REALIZADO POR: ING. SANTIAGO CASTAÑO MORALES

INGENIERO CIVIL ESPECIALIZADO EN GEOTECNIA

UNIVERSIDAD DE CALDAS DE COLOMBIA

MANIZALES, JULIO DEL 2019

CÉCULA 75 NÚCLEO 4 APTO 1D-27 VILLA PILAR
TEL. 8029549 CEL. 311 7725030
MANIZALES (CALDAS)

TABLA DE CONTENIDO

- UBICACIÓN DEL PROYECTO
- COMENTARIOS GENERALES
- PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA
- DESCRIPCIÓN DE PERFORACIONES
- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES
- ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO
- CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS
- PERFIL DEL SUELO
- COMENTARIOS FINALES Y RECOMENDACIONES
- ANEXOS

LOCALIZACIÓN:

El sitio objeto de estudio se localiza en el Municipio de Salamina en la salida para el Municipio de Marulanda en el departamento de Caldas

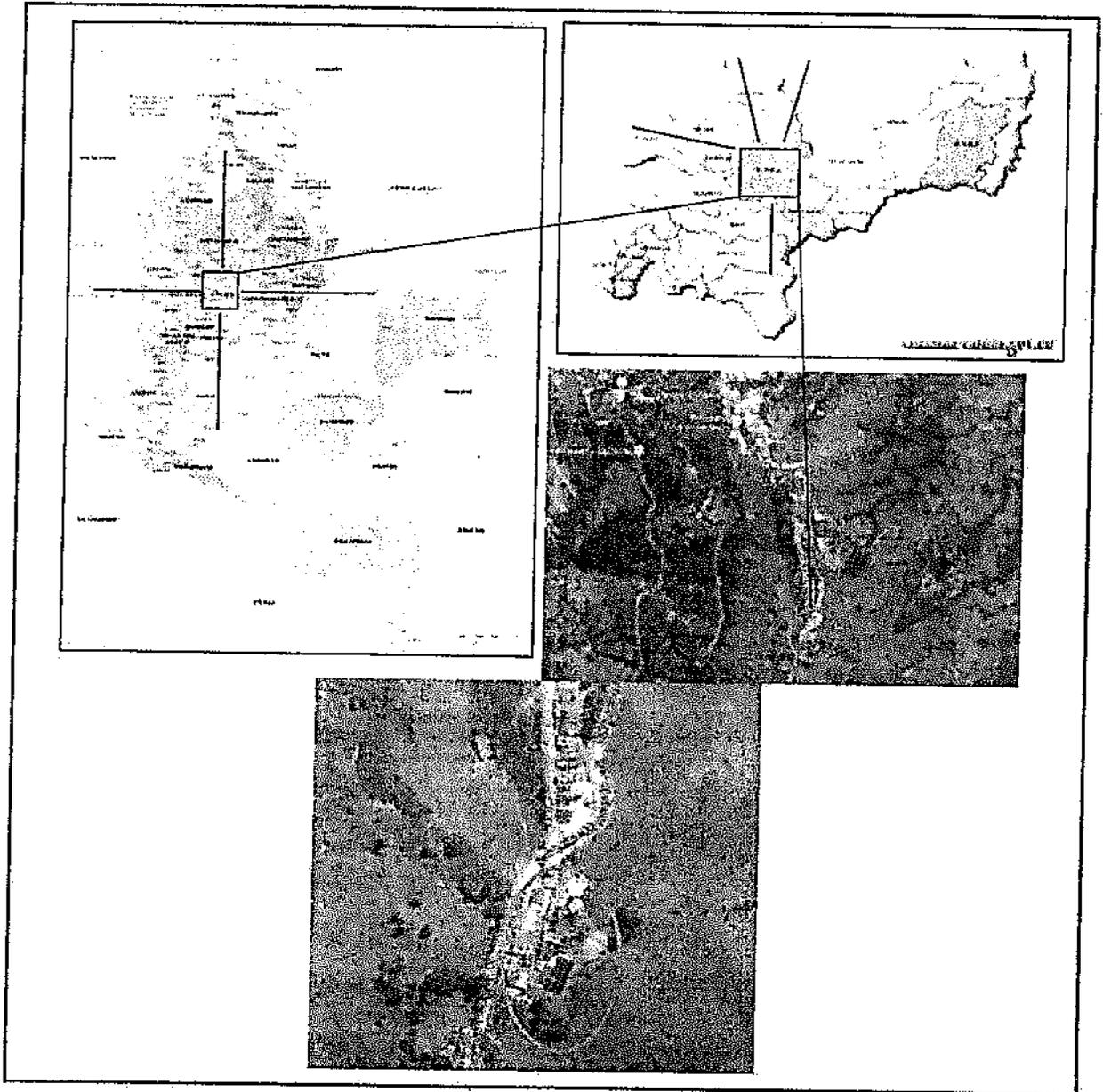


figura 1 Localización del sitio de estudio

VILLA PILAR 10-27 VILLA PILAR
CALLE 111 7725030
Caldas (CALDAS)

COMENTARIOS GENERALES

- En el municipio de Salamina, se planea hacer la construcción de tanques de almacenamiento de lodos para la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Municipio de Salamina, por lo cual se hace necesario la realización de un estudio de suelos, en el cual se pueda conocer el subsuelo en sus propiedades físicas y mecánicas.
- Desde el punto de vista topográfico la zona donde se encuentra ubicada el lote presenta una zona de pendiente baja.
- Una vez analizado el mapa Geológico de la zona, se observa que la formación superficial predominante en el sector son los depósitos de lluvia piroclástica, formados por intercalaciones de limos arenosos y en capas sub-horizontales durante los diferentes eventos volcánicos.
- El nivel de aguas freáticas (NAF), no fue detectado en ninguna de las 3 perforaciones realizadas en la zona de estudio a profundidades indicadas.

PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA

El método de prospección en la zona de estudio consistió en la realización de sondeos de 4" de diámetro con un barreno tipo Iwan adaptado a una tubería de acero de 1". Se realizaron tres (3) perforaciones estratégicamente ubicadas en el lote.

De cada una de las perforaciones se extrajeron muestras en tubos de pared delgada y en bolsa para ser ensayadas en laboratorio. Los ensayos realizados fueron los siguientes:

Clasificación:

- Granulometría por lavado (pasante Tamiz # 200)
- Límites de Atterberg

Propiedades físicas:

- Humedad Natural
- Peso Unitario:
 - ↳ Húmedo
 - ↳ Seco

Propiedades Mecánicas:

- ↳ Resistencia a la Compresión Inconfinada

DESCRIPCIÓN DE PERFORACIONES

Una vez realizada la prospección Geotécnica en diferentes sectores de la zona de estudio se puede determinar claramente un perfil característico, el cual se describe de la superficie hacia abajo de la siguiente manera:

SONDEO #	PROFUNDIDAD (mts)	DESCRIPCION
1	0.0 - 1.00	ARENA LIMOSA AMARILLO PARDO RELLENO HUMEDAD BAJA RESISTENCIA MEDIA
	1.00 - 3.00	ARENA LIMOSA AMARILLO CLARO HUMEDAD BAJA RESISTENCIA MEDIA
	3.00 - 4.00	LIMO ARENOSO CON PLASTICIDAD HUMEDAD MEDIA RESISTENCIA MEDIA
	4.00 - 5.00	LIMO ARENOSO CON PLASTICIDAD AMARILLO CLARO HUMEDAD MEDIA RESISTENCIA MEDIA
	5.00 - 6.00	LIMO PLASTICO AMARILLO CLARO HUMEDAD MEDIA RESISTENCIA MEDIA
	6.00 - 7.00	LIMO PLASTICO AMARILLO ENCENDIDO HUMEDAD MEDIA RESISTENCIA MEDIA
	7.00 - 9.00	LIMO PLASTICO ROJISO CON FRAGMENTOS METEORIZADOS HUMEDAD BAJA RESISTENCIA MEDIA ALTA
2	0.00 - 1.00	ARENA LIMOSA AMARILLO PARDO RELLENO HUMEDAD BAJA RESISTENCIA MEDIA
	1.00 - 2.00	ARENA LIMOSA AMARILLO CLARO CON PINTAS NEGRAS HUMEDAD BAJA RESISTENCIA MEDIA
	2.00 - 3.00	ARENA LIMOSA AMARILLO CLARO HUMEDAD BAJA RESISTENCIA MEDIA
	3.00 - 4.00	LIMO ARENOSO AMARILLO CLARO HUMEDAD MEDIA RESISTENCIA MEDIA
	4.00 - 5.00	LIMO ARENOSO CON PLASTICIDAD AMARILLO CLARO HUMEDAD MEDIA RESISTENCIA MEDIA
	5.00 - 6.00	LIMO ARENOSO CON PLASTICIDAD Y PINTAS DE OXIDO HUMEDAD MEDIA RESISTENCIA MEDIA
	6.00 - 7.00	LIMO PLASTICO AMARILLO ENCENDIDO HUMEDAD MEDIA RESISTENCIA MEDIA
	7.00 - 8.00	LIMO PLASTICO ROJISO CON FRAGMENTOS METEORIZADOS HUMEDAD BAJA RESISTENCIA MEDIA
	8.00 - 9.00	LIMO PLASTICO ROJISO CON FRAGMENTOS METEORIZADOS HUMEDAD BAJA RESISTENCIA MEDIA ALTA
3	0.00 - 2.00	ARENA LIMOSA AMARILLO PARDO RELLENO HUMEDAD BAJA RESISTENCIA MEDIA
	2.00 - 4.00	ARENA LIMOSA AMARILLO CLARO RELLENO HUMEDAD BAJA RESISTENCIA MEDIA
	4.00 - 5.00	ARENA LIMOSA AMARILLO CLARO HUMEDAD MEDIA RESISTENCIA MEDIA
	5.00 - 8.00	LIMO ARENOSO AMARILLO CLARO HUMEDAD MEDIA RESISTENCIA MEDIA
	8.00 - 9.00	LIMO ARENOSO CON PLASTICIDAD AMARILLO CLARO HUMEDAD MEDIA RESISTENCIA MEDIA



figura 2 Estratigrafía de las perforaciones del sitio

Cada una de las perforaciones se describe a continuación:

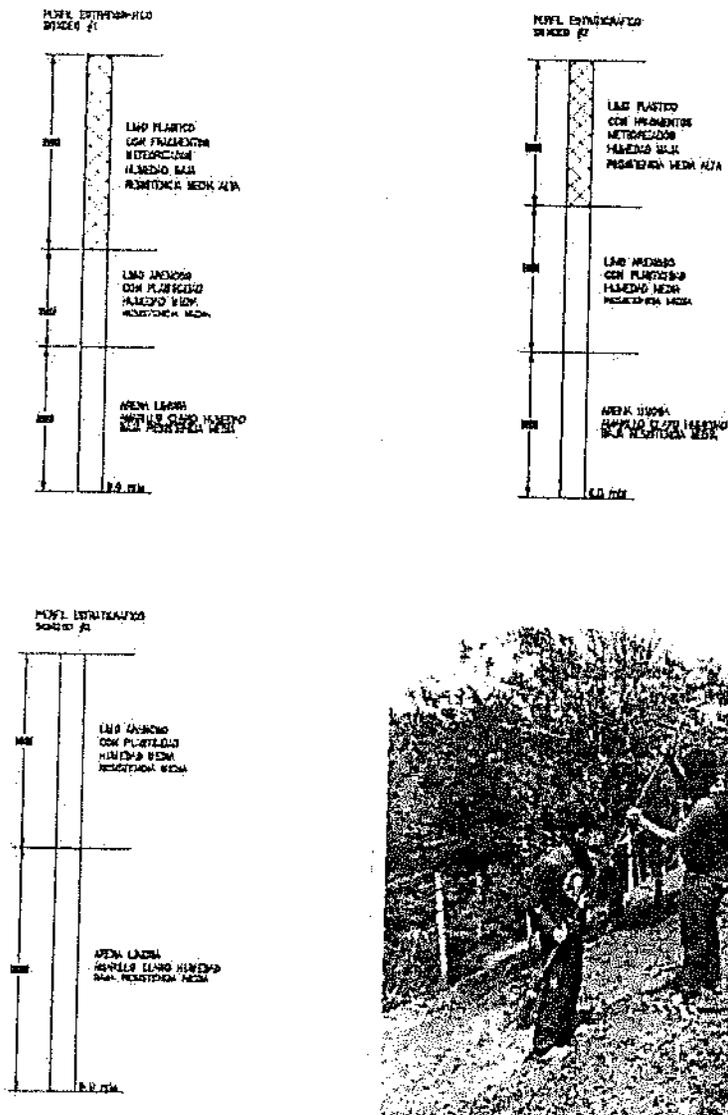


figura 3 Descripción del perfil estratigráfico de las perforaciones

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES

Clasificación de suelos:

INGENIERIA C.A. S.A. CONSULTORIA EN VILLA PILAR
TEL: (0359) 411 7225830
SOL. (MONTONERAS)

Los depósitos que conforman la zona de estudio presentan una textura limosa, lo que hace que se clasifican en la carta de Casagrande suelos de partículas gruesas MH.

Humedad natural:

La humedad natural promedio es de 68.62% para los depósitos de suelo natural.

Límite Líquido:

Esta propiedad presenta un valor promedio de 81.58%. Para los depósitos de suelo natural, indicando una alta plasticidad de los materiales.

Resistencia a la Compresión Inconfinada:

El valor promedio de la resistencia a la compresión inconfinada para el estrato de suelo natural es de 10.16 ton/m².

Peso Unitario del Suelo:

El valor promedio es 1.530 ton/m³ para pesos unitarios húmedos y de 0.903 ton/m³ para pesos unitarios secos en lo que tiene que ver con los depósitos de suelo natural.

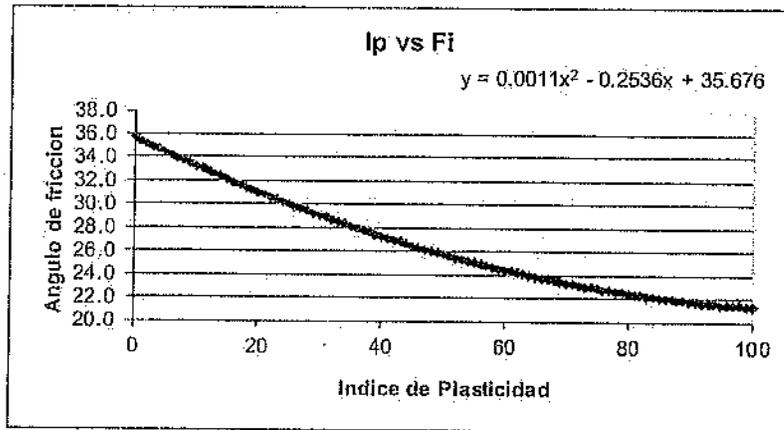
Índice de Plasticidad:

Presenta valores de 43.43%. Para el análisis de la capacidad admisible del suelo, se utilizará la fórmula de Terzaghi, la cual utiliza factores de carga que son función del ángulo de fricción. Por tal motivo será empleada la correlación entre Índice de Plasticidad y Ángulo de fricción propuesta por Bjerrum.

Cohesión:

El valor de esta propiedad se calculó por medio de la correlación con el ensayo de compresión inconfinada, arrojando un valor de 5.08 Ton/m², para el análisis de capacidad de carga del suelo, tomaremos un valor de esta propiedad de 5.0 ton/m².

Ángulo de fricción



IP	ANGULO EN GRADOS
43.4333333	26.81

De acuerdo con las correlaciones empíricas en función del índice de plasticidad se tiene un ángulo de fricción de 26.81 grados, para el análisis de capacidad del suelo tomaremos un valor de 25 grados.

Resistencia al corte no drenado

El valor de esta propiedad se calculó por medio de la correlación con el ensayo de compresión inconfiada, arrojando una resistencia al corte no drenado promedio de 5.00 Ton/m².

Tabla 1 Propiedades mecánicas de los depósitos del sector

SONDEO #	PROFUNDIDAD SONDEO	PUH KN/m ³	PUS KN/m ³	W %	LI %	Ip %	Ip %	TAMIZ 200 %	SUCS
1	2.0	1.38	0.85	62.7					
	4.0	1.35	0.78	74	84	40.0	44	86.2	MH
	6.0			78.8	91	40.2	50.8	87.6	MH
2	3.0			86	107.6	46.6	61	86.9	MH
	6.0	1.58	0.95	68.5					
	5.5			63.3	76.2	36.4	39.8	88.5	MH
3	9.0	1.95	1.15	69.6					
	3.0			40.7	46.7	25.7	21	42.1	MH
Promedio	4.0	1.36	0.78	74	84	40	44	86.0	MH
		1.530	0.903	68.622	81.583	38.150	43.433	79.217	

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO

Cimentación Superficial

Para zonas de corte la cimentación de la estructura serán zapatas o vigas de cimentación apoyadas sobre el depósito de Suelo natural compacto y de consistencia media a alta.

Para realizar la caracterización mecánica de estos estratos se tomaron muestras a diferentes profundidades para analizar la resistencia a la compresión inconfiada, y así obtener un valor representativo.

Una vez realizados los ensayos de laboratorio, se puede determinar que la resistencia dentro del estrato tiene un valor representativo promedio de 24.1 ton/m², dependiendo de las dimensiones seleccionadas en la cimentación propuesta en zapatas. Para efectos del cálculo de la capacidad neta admisible del suelo se tomará como valor representativo de la resistencia a la compresión inconfiada un valor de 15.91 ton/m², el cual es inferior al promedio.

El factor de seguridad utilizado para determinar la capacidad de carga del suelo será de 3. (Como lo indica la Norma Sismo Resistente).

El método utilizado para encontrar la capacidad de carga del suelo será el que se basa en la teoría de Terzaghi. (Libro Mecánica de Suelos. W. Lambe).

$$Q_f = c \cdot N_c + \text{PUT} \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot \text{PUT} \cdot B \cdot N_g$$
$$Q_a = Q_f / 3$$

Donde:

Q_f = Capacidad de carga en el momento de la falla

Q_a = Capacidad de carga admisible del suelo para un factor de seguridad de 3

c = Cohesión del suelo

D_f = Nivel de desplante de la cimentación

PUT = Peso específico del material

N_c, N_q y N_g = Factores de carga de Meyerhof.

Para efectos de un cálculo conservativo, los factores de carga serán analizados para falla local.

Los valores de capacidad de carga en el momento de la falla y la capacidad de carga admisible serán

Tabla 2 Capacidad admisible para zapatas

COHESION		5.0 Ton/m ²				
PESO DEL SUELO (γs)		0.903 Ton/m ³				
ANCHO CIMIENTO	PROFUNDIDAD	Nc	Nq	Ng	Qf	Qa
B (m)	Df (m)				ton/m ²	Ton/m ²
1	2	16.80	7.50	4.00	72	23.9
1.4	2	16.80	7.50	4.00	72	24.1
1.5	2	16.80	7.50	4.00	73	24.2
1.6	2	16.80	7.50	4.00	73	24.2

Debido a que el nivel de aguas está a una profundidad mayor al ancho del cimiento no es necesaria la corrección de la Capacidad Admisible.

Para todos los casos se debe garantizar que la cimentación quede apoyada sobre depósitos naturales. La estructura recomendada para la cimentación son zapatas, ya que el sitio de estudio presenta un suelo con buenas características.

CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

Cimientos Superficiales:

Para calcular el incremento de esfuerzos sobre la masa de suelo, se utilizará el método de Boussinesq, y su valor en la mitad del estrato se calculará aplicando el método de la regla - trapezoidal desarrollado por este mismo autor.

El incremento de los esfuerzos por la sobrecarga aplicando la regla - trapezoidal según la teoría de Boussinesq los incrementos de carga son representativos hasta una profundidad de $3 B$ para cimientos superficiales rectangulares o cuadrados, por tanto se tiene:

Asentamientos esperados de 2.3 cm.

Tabla 3 Asentamientos esperados de la estructura

ASENTAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA CONSOLIDACION PRIMARIA MEDIO ESTRATIFICADO

Ll	W	GS	σ	C_c	C_r	B	H	PUF	P_0	D_p	DH
	%					m	m	Ton/m ³	Ton/m ²	Ton/m ²	m
01.503	60.6222222	2.6	1.784177778	0.64425	0.094425	1	1	1.760	0.884	5.51535382	0.01989281

ASENTAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA ELÁSTICOS

Ch	E	H	I_a	Q_a	DH
	Ton/m ²			Ton/m ²	m
5	3000	0.5	1	24.10275	0.004017125

ASENTAMIENTOS TOTALES

DH	DH	DH
CONS. PRIMARIA	ELÁSTICOS	TOTALES
m	m	m
0.010892815	0.00401713	0.02390994

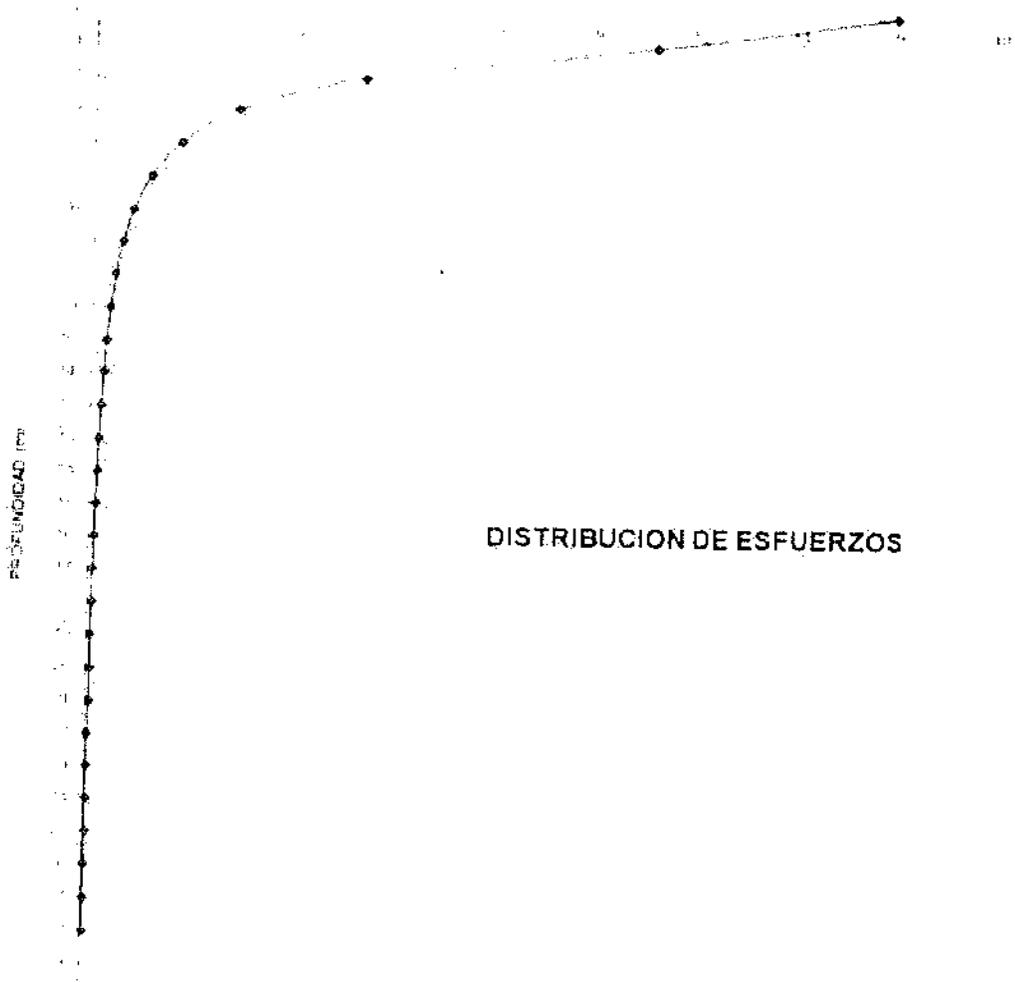


figura 5 Gráfica de la distribución de esfuerzos

INDENIERIA S.A.S.
CALLE 100 No. 100-100
BOGOTÁ, COLOMBIA

PERFIL DEL SUELO.

De acuerdo a los efectos locales descritos en el NSR-10 reglamento Colombiano de Construcciones sismo resistente, el perfil del suelo en la zona de estudio, se tiene de acuerdo a la tabla A.2.4-1 y A.2.3-2.

DEFINICIÓN DE LA ZONA DE AMENAZA.

Tabla 5 Valores de A_a y A_v para las ciudades capitales del país NSR-8.

Departamento de Caldas						
Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_a	A_v
Manizales	17001	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Aguadas	17013	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Anserma	17042	0.25	0.30	Alta	0.20	0.10
Aranzazu	17050	0.25	0.25	Alta	0.19	0.09
Belalcázar	17088	0.25	0.30	Alta	0.20	0.10
Chinchiná	17174	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Fundada	17272	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
La Dorada	17380	0.15	0.20	Intermedia	0.11	0.06
La Merced	17388	0.25	0.25	Alta	0.21	0.10
Manizales	17433	0.20	0.20	Intermedia	0.20	0.10
Marineta	17442	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Marquetalia	17444	0.20	0.20	Intermedia	0.17	0.08
Marulanda	17446	0.20	0.25	Alta	0.18	0.09
Neria	17486	0.25	0.25	Alta	0.19	0.10
Nocesa	17495	0.15	0.20	Intermedia	0.15	0.07
Pácora	17519	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Patateña	17524	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Pensilvania	17541	0.20	0.20	Intermedia	0.18	0.09
Riosucio	17614	0.25	0.30	Alta	0.20	0.10
Salamina	17643	0.25	0.25	Alta	0.18	0.09
San José	17665	0.25	0.30	Alta	0.20	0.10
Supio	17777	0.15	0.30	Alta	0.20	0.10
Victoria	17867	0.25	0.20	Alta	0.13	0.06
Villamaría	17873	0.25	0.25	Alta	0.18	0.09
Yterbo	17877	0.25	0.30	Alta	0.23	0.10

Para el municipio de Salamina, se tiene una zona de amenaza sísmica alta.

$A_a=0.25$. $A_v=0.25$.

DEFINICIÓN DEL TIPO PERFIL DEL SUELO.

Tabla 6 Clasificación perfil del suelo.

Tabla A 24-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Letra del perfil	Descripción	Definición
V	Suelo que no cumple con los requisitos de ninguna de las letras A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z.	$V_c < 0.05$
B	Suelo que cumple con los requisitos de la letra A, pero no con los de la letra C.	$0.05 < V_c < 0.15$
C	Suelo que cumple con los requisitos de la letra B, pero no con los de la letra D.	$0.15 < V_c < 0.25$
D	Suelo que cumple con los requisitos de la letra C, pero no con los de la letra E.	$0.25 < V_c < 0.35$
E	Suelo que cumple con los requisitos de la letra D, pero no con los de la letra F.	$0.35 < V_c < 0.45$
F	Suelo que cumple con los requisitos de la letra E, pero no con los de la letra G.	$0.45 < V_c < 0.55$
G	Suelo que cumple con los requisitos de la letra F, pero no con los de la letra H.	$0.55 < V_c < 0.65$
H	Suelo que cumple con los requisitos de la letra G, pero no con los de la letra I.	$0.65 < V_c < 0.75$
I	Suelo que cumple con los requisitos de la letra H, pero no con los de la letra J.	$0.75 < V_c < 0.85$
J	Suelo que cumple con los requisitos de la letra I, pero no con los de la letra K.	$0.85 < V_c < 0.95$
K	Suelo que cumple con los requisitos de la letra J, pero no con los de la letra L.	$0.95 < V_c < 1.05$
L	Suelo que cumple con los requisitos de la letra K, pero no con los de la letra M.	$1.05 < V_c < 1.15$
M	Suelo que cumple con los requisitos de la letra L, pero no con los de la letra N.	$1.15 < V_c < 1.25$
N	Suelo que cumple con los requisitos de la letra M, pero no con los de la letra O.	$1.25 < V_c < 1.35$
O	Suelo que cumple con los requisitos de la letra N, pero no con los de la letra P.	$1.35 < V_c < 1.45$
P	Suelo que cumple con los requisitos de la letra O, pero no con los de la letra Q.	$1.45 < V_c < 1.55$
Q	Suelo que cumple con los requisitos de la letra P, pero no con los de la letra R.	$1.55 < V_c < 1.65$
R	Suelo que cumple con los requisitos de la letra Q, pero no con los de la letra S.	$1.65 < V_c < 1.75$
S	Suelo que cumple con los requisitos de la letra R, pero no con los de la letra T.	$1.75 < V_c < 1.85$
T	Suelo que cumple con los requisitos de la letra S, pero no con los de la letra U.	$1.85 < V_c < 1.95$
U	Suelo que cumple con los requisitos de la letra T, pero no con los de la letra V.	$1.95 < V_c < 2.05$
V	Suelo que cumple con los requisitos de la letra U, pero no con los de la letra W.	$2.05 < V_c < 2.15$
W	Suelo que cumple con los requisitos de la letra V, pero no con los de la letra X.	$2.15 < V_c < 2.25$
X	Suelo que cumple con los requisitos de la letra W, pero no con los de la letra Y.	$2.25 < V_c < 2.35$
Y	Suelo que cumple con los requisitos de la letra X, pero no con los de la letra Z.	$2.35 < V_c < 2.45$
Z	Suelo que cumple con los requisitos de la letra Y, pero no con los de la letra A.	$2.45 < V_c < 2.55$

De la anterior tabla, se puede establecer que los suelos de la zona de estudio se ajustan a un suelo con perfil tipo E.

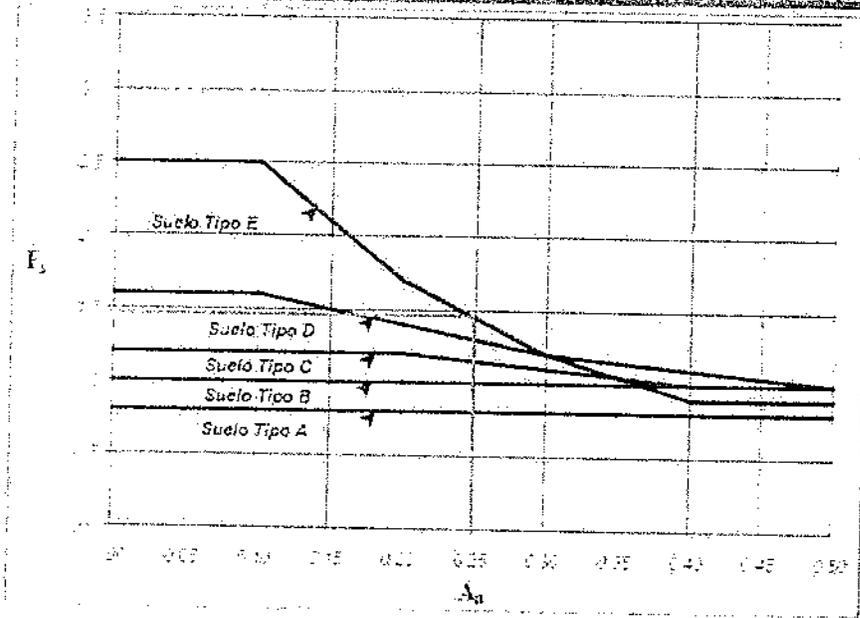


figura 6 Coeficiente de amplificación Fa

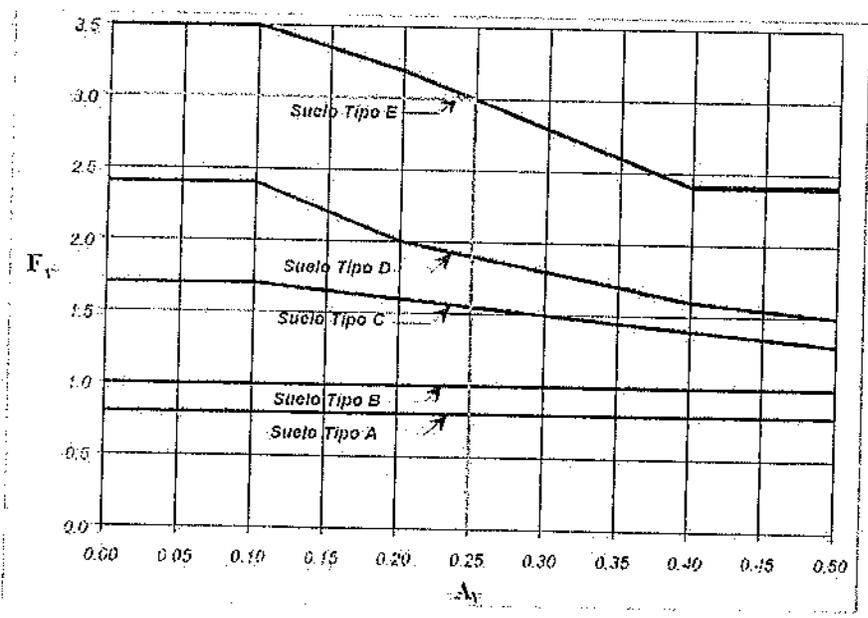


figura 7 Coeficiente de amplificación Fv.

Los coeficientes de amplificación son $F_a = 1,45$ y $F_v = 3,0$



INGENIERIA

S.A.S.

COMENTARIOS FINALES Y RECOMENDACIONES.

- † Se recomiendan en zonas de corte cimentaciones superficiales sustentadas sobre los depósitos suelo natural.
- † Capacidad de carga no supere las 15 ton/m².
- † Cimentación sobre zapatas según las cargas de diseño se anexa tabla de dimensiones recomendadas.
- † Los asentamientos totales para cimientos superficiales calculados para la estructura sobre los depósitos son de 2.30 cm, Es importante recalcar que las capacidades máximas admisibles no deben ser superadas, debido a que los asentamientos pueden ser excesivos.
- † Los parámetros dinámicos necesarios para el diseño de las fundaciones deben ser los contemplados en la Norma Sismo Resistente que tiene que ver con las zonas de riesgo sísmico alto.
- † Si durante la excavación para los cimientos se detectan materiales blandos con consistencias más bajas del promedio encontradas (lapilli o depósitos de paleosuelo), se debe sustituir este material, el nivel de desplante se recomienda supere la capa de los materiales blandos encontrados, hasta llegar a un estrato más competente.
- † Debido a que el lote puede presentar vegetación y presencia de algunas raíces, debe tenerse en cuenta que las zonas de cimentación no pueden estar contaminadas con presencia de orgánicos que puedan afectar fundaciones del proyecto.
- † El nivel de las aguas freáticas no se detecto en las perforaciones, así mismo no presentan problemas de saturación de la masa de suelo, ni de desconfinamiento, adicionalmente las capacidades de carga del suelo se

INGENIERIA S.A.S. AV. 10 DE JULIO # 11-11
BOGOTÁ, COLOMBIA. TEL: 7788310
WWW.INGENIERIA.SAS



realizaron para falla local y los valores geotécnicos son muy conservadores.

- † Se deben realizar chequeos para la cimentación de los tanques cuando se tengan las cargas por parte del ingeniero estructural.

Santiago Castaño

SANTIAGO CASTAÑO MORALES

Ing. civil M.P. 1720-2190099 CLD

Especialista en geotecnia.