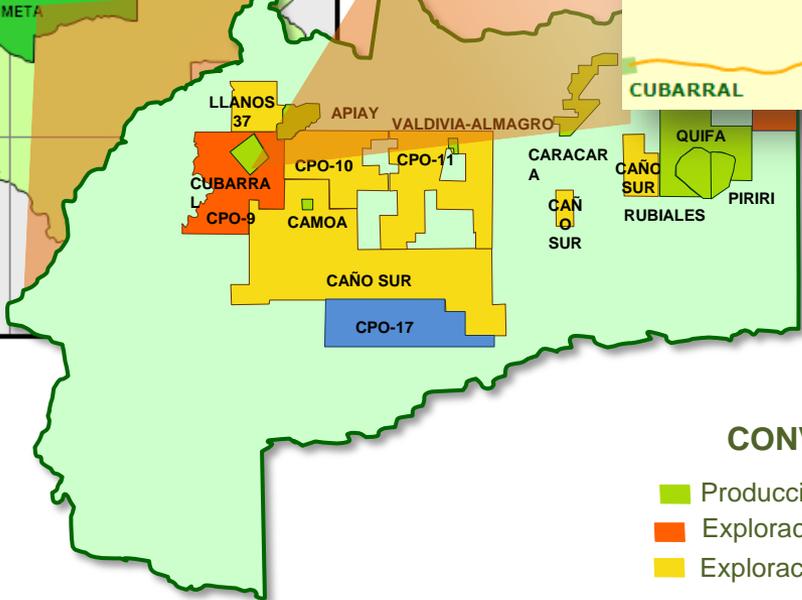
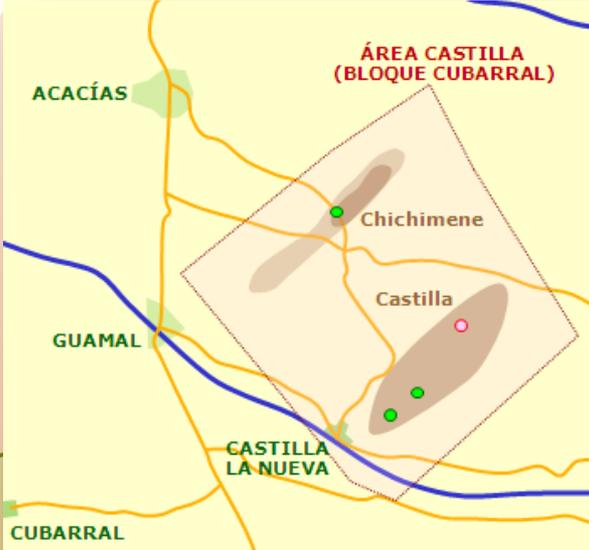
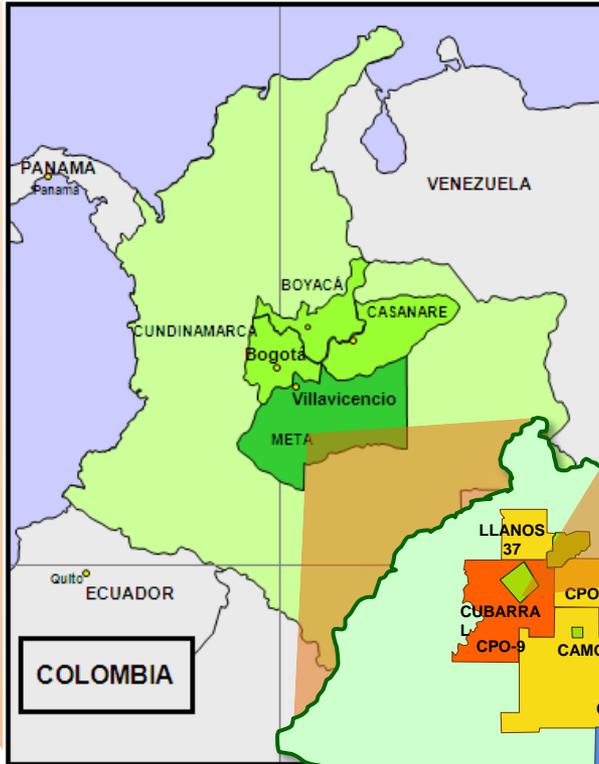


OBJETIVOS

- Contextualizar a los participantes de la Conferencia Latinoamericana en Sistemas Vetiver, cual es el proceso de tratamiento convencional del agua generada por la actividad de extracción de hidrocarburos en la industria del petróleo, específicamente el campo Castilla en Colombia.
- Montar, Operar y Mantener un Sistema Piloto de tratamiento No Convencional para mejoramiento de la calidad de agua de vertimiento.
- Usar un humedal artificial con pasto vetiver para la depuración del agua de producción.
- Realizar pruebas preliminares para determinar concentraciones de grasas-aceites y solidos suspendidos, antes y después del tratamiento.
- Evaluar la adaptación del pasto vetiver al agua de producción.
- Determinar otros beneficios potenciales en el tratamiento de agua de producción del campo Castilla.



Bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene



CONVENCIONES

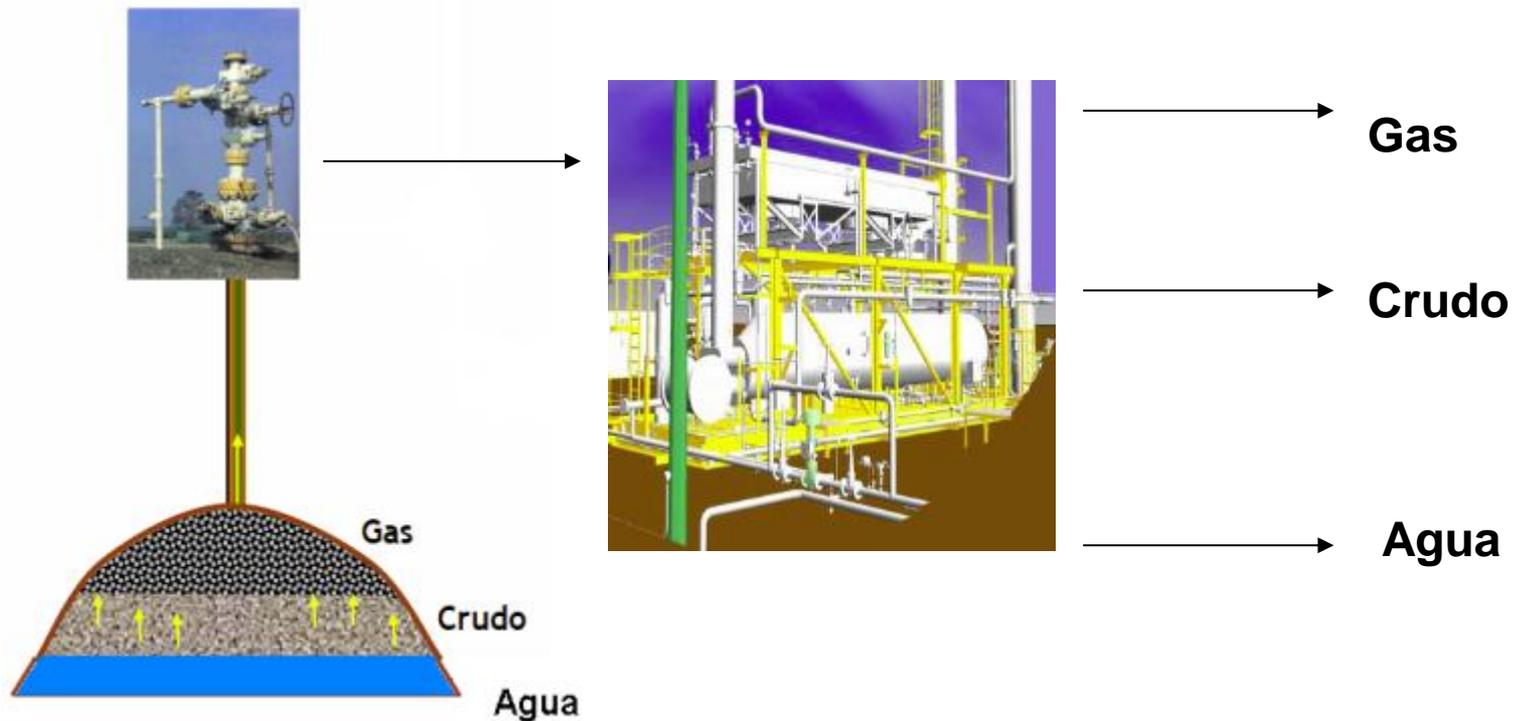
- Producción Directa y Asociada
- Exploración en Asociación
- Exploración Directa ECP

Fuente: Ecopetrol GEC



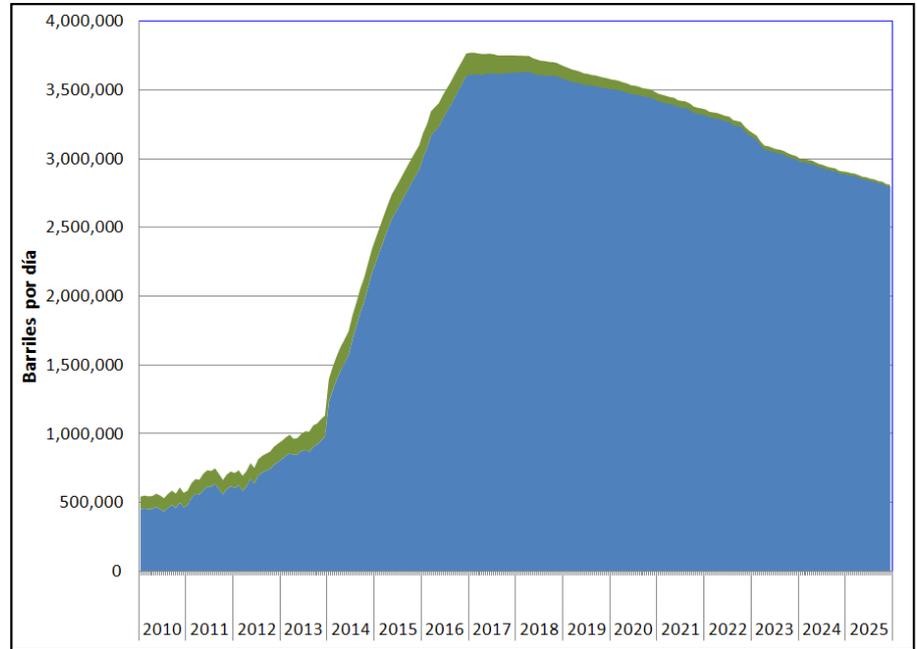
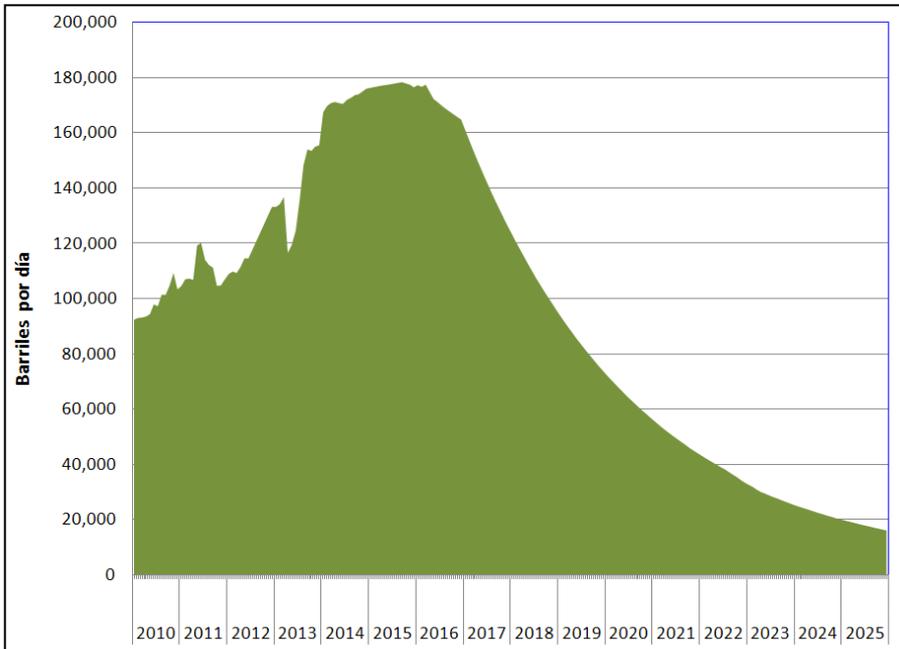
Aguas de producción

El agua de formación o agua de producción esta asociada con el petróleo existente en los yacimientos y sale a la superficie junto con el gas y el petróleo.

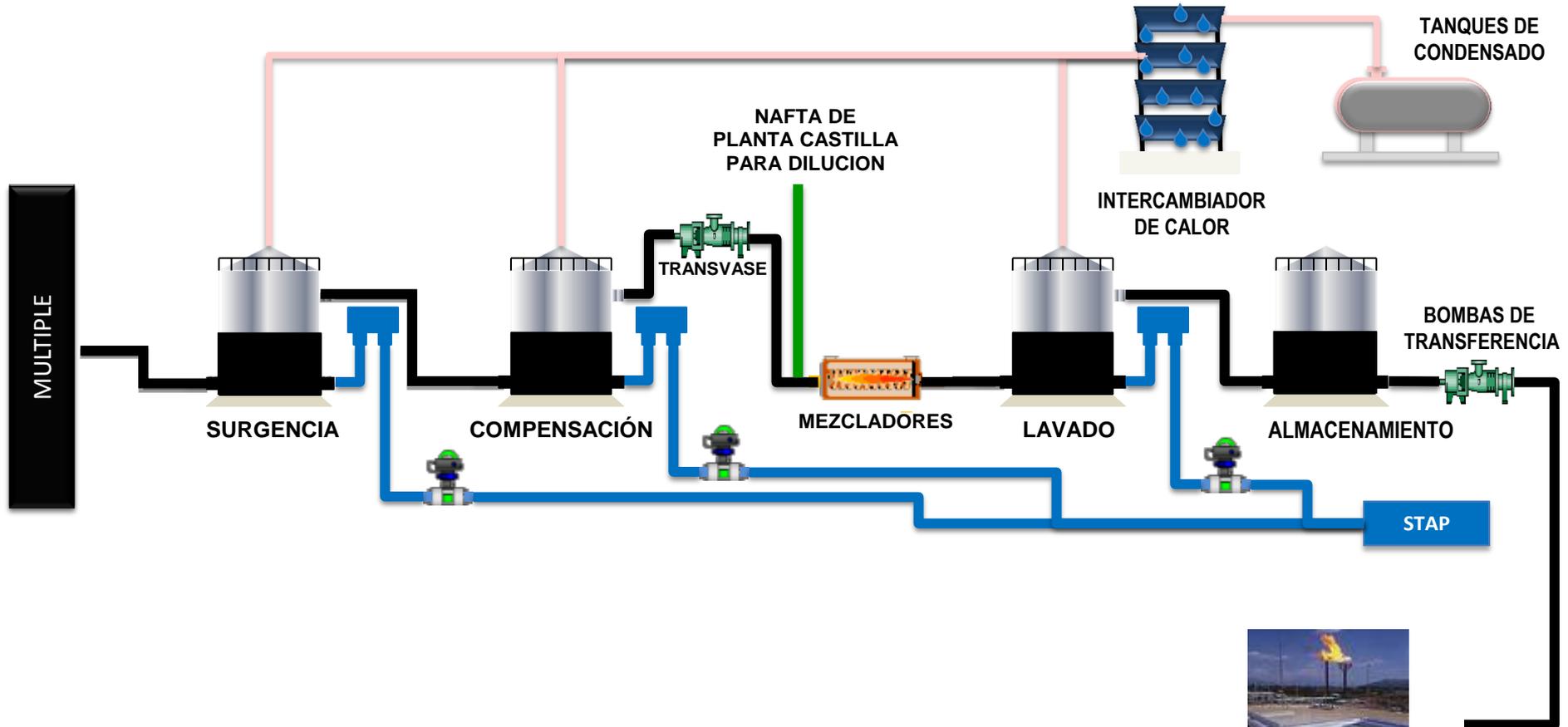


PRONOSTICOS

- En los planes de desarrollo se plantea llegar a una producción promedio de 170 KBOP en el año 2013, la cual se sostendrá por 5 años. Actualmente el BSW del campo es 83% - Portafolio 2012
- El volumen de agua asociada a la producción llegará a valores superiores de 3.500 KBWPD (6,44 mt³/seg) y el BSW del campo al 98%
- Actualmente la relación de producción de petróleo – agua es 1:5; en el año 2018 la relación llegará de 1:35



SISTEMA DE TRATAMIENTO PETRÓLEO Y GAS

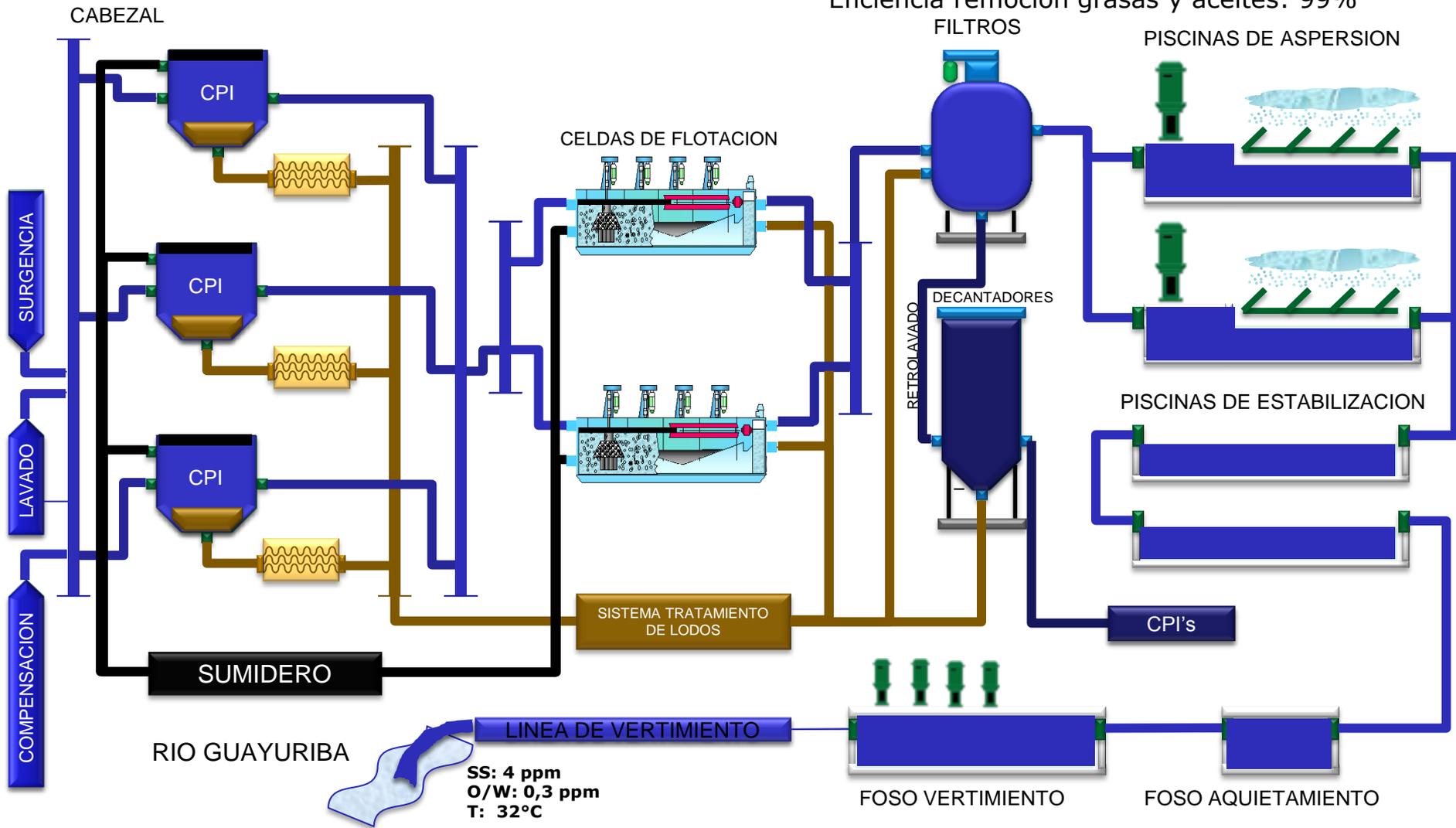


ALMACENAMIENTO
PLANTA CASTILLA
O EC1



SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUA (STAP)

Eficiencia remoción sólidos suspendidos: 97%
Eficiencia remoción grasas y aceites: 99%



RIO GUAYURIBA

SS: 4 ppm
O/W: 0,3 ppm
T: 32°C

FOSO VERTIMIENTO

FOSO AQUIETAMIENTO

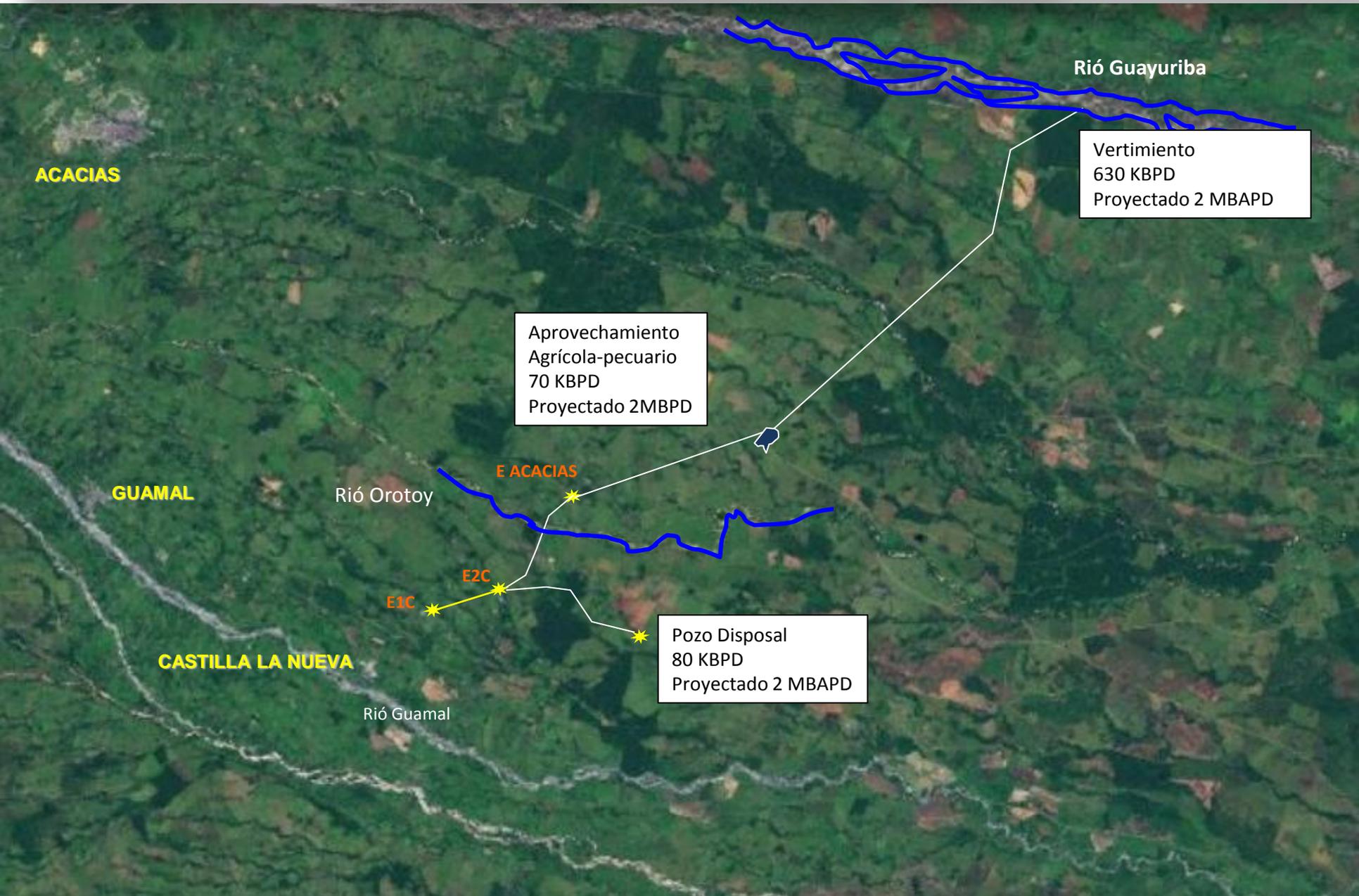


DECRETO 1594 DE 1984 - Artículo 40 Capítulo IV: Criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola.

PARAMETROS	UNIDADES	RANGOS	AGUA DE PRODUCCION CASTILLA
pH	Unidades	4.0 - 9.0	7.4
Grasas y Aceites	ppm	5.00	< 1.00
Solidos suspendidos	ppm	5.00	4.00
Magnesio	mg / L Mg ⁺⁺	5.00	2.52
Arsenico	mg / L As	0.10	0.0004
Aluminio	mg / L Al ³⁺	5.00	0.0360
Boro	mg / L B	0.3 - 4.0	0.1560
Cadmiu	mg / L Cd	0.01	2.60E-05
Zinc	mg / l Zn	2.00	0.0040
Cobalto	mg / L Co	0.05	0.0003
Cobre	mg / L Cu	2.00	0.0020
Hierro	mg / L Fe	5.00	0.44
Litio	mg / L Li	2.50	0.2224
Manganeso	mg / L Mn	0.20	0.1378
Molibdeno	mg / L Mo ⁶⁺	0.01	5.3E-04
Niquel	mg / L Ni	0.20	0.0016
Plomo	mg / L Pb	5.00	0.0003
Selenio	mg / L Se	0.02	0.0009
Vanadio	mg / L V	0.10	0.0003



LOCALIZACION GEOGRAFICA Y ANALISIS DE LA DISPOSICION ACTUAL DE AGUA DE PRODUCCION DE LA SCC



ACACIAS

Río Guayuriba

Vertimiento
630 KBPD
Projectado 2 MBAPD

Aprovechamiento
Agrícola-pecuario
70 KBPD
Projectado 2MBPD

GUAMAL

Río Orotoy

E ACACIAS

E2C

E1C

Pozo Disposal
80 KBPD
Projectado 2 MBAPD

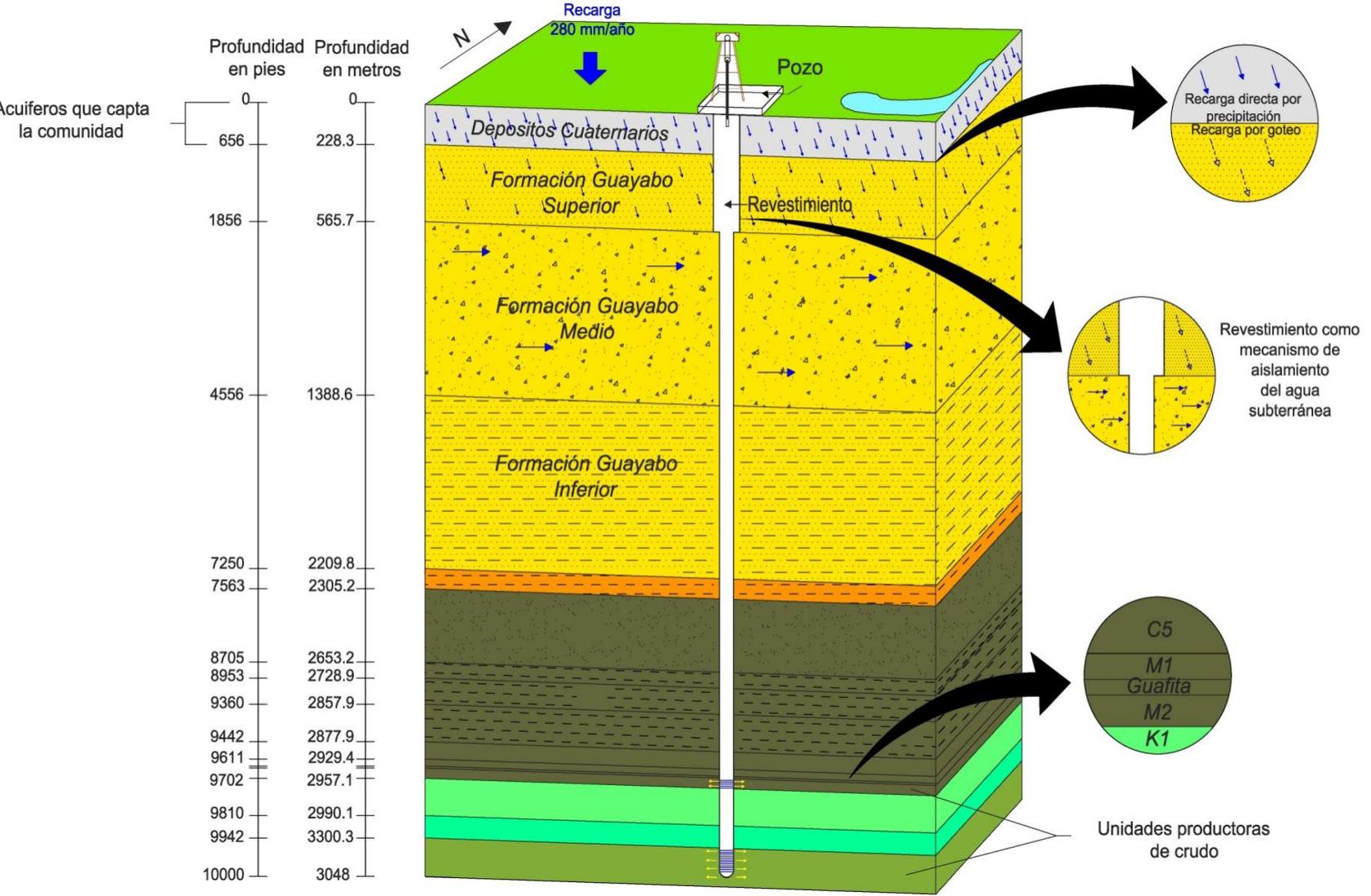
CASTILLA LA NUEVA

Río Guamal

Vertimiento



Estructura de un pozo disposal

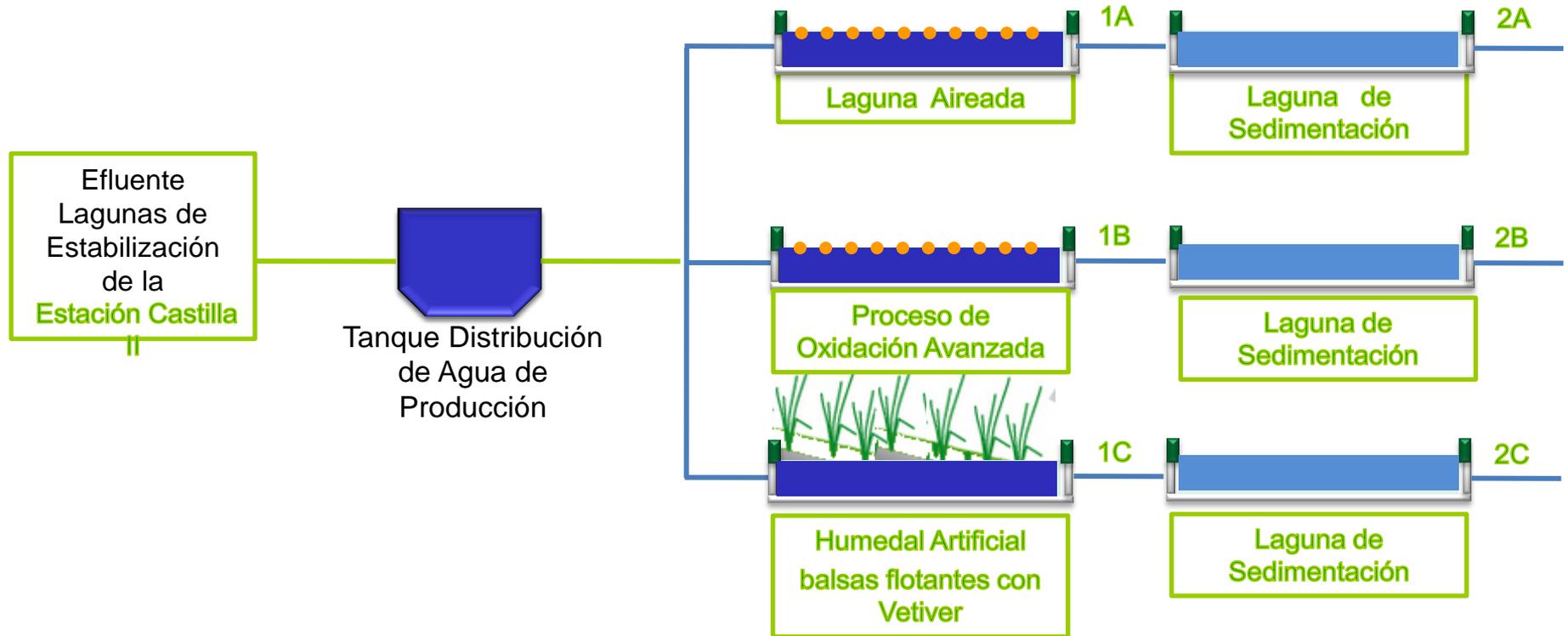


PILOTO DE TRATAMIENTO NO CONVENCIONAL PARA AGUAS ASOCIADAS A LA PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS EMPLEANDO HUMEDAL ARTIFICIAL CON PASTO VETIVER



PILOTO PRUEBA TECNOLÓGICA Tratamiento no Convencional Agua de Producción

Montaje Banco de Pruebas Estación Castilla 2



Objetivo del piloto:

Proponer una alternativa de tratamiento no convencional, amigable con el medio ambiente para el agua de producción del campo Castilla.



UBICACIÓN DEL PROYECTO

Estación Castilla Dos



OPERACIÓN, PRUEBAS Y MONITOREO



ESQUEMA DE TRATAMIENTO PILOTO

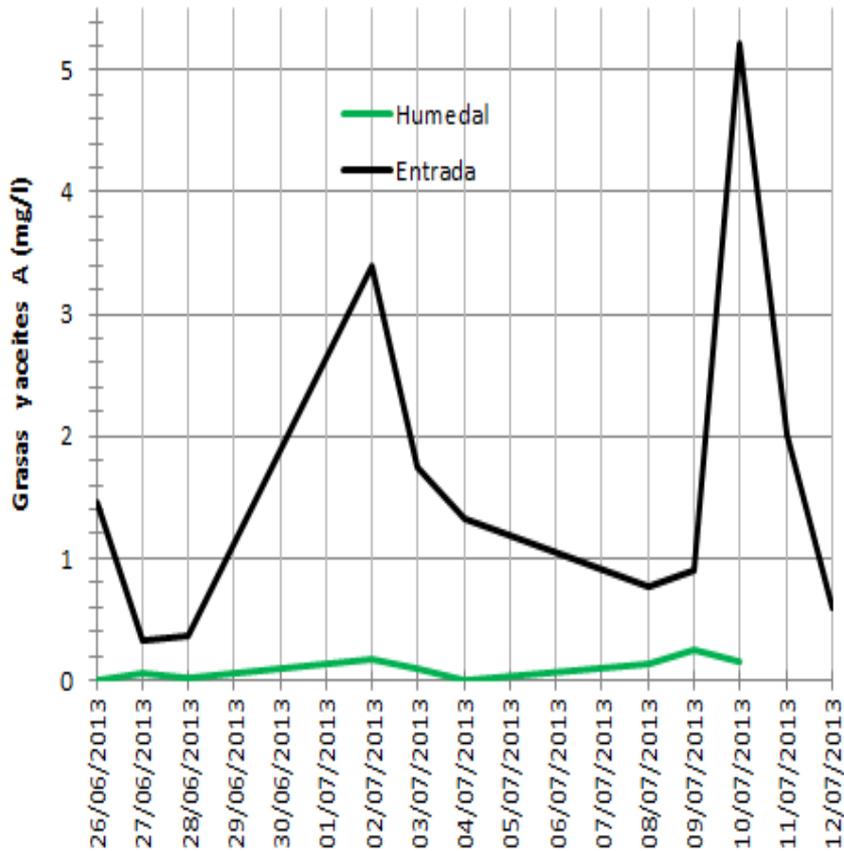
Proceso:

- EL agua de producción que va a ser sometida a una prueba de tratamiento es la proveniente de la piscina #4.
- EL agua es distribuida mediante un tanque de almacenamiento de 5000 L hacia el humedal.
- El agua que pasa al humedal es regulada mediante bomba. Se manejan diferentes caudales según las variables de operación previamente establecidas.
- El humedal con dimensiones de 6m x 2m x 1m alberga especies de pasto vetiver dispuestos en bandejas diseñadas y construidas para que se ajusten al diseño del humedal.
- El pasto se establece en las bandejas de forma flotante. La profundidad de la lamina de la columna de agua es de 0,6m. Pendiente del 1% en dirección al flujo.
- El piloto opera diariamente de 8:00 AM a 04:00 PM. Se toman muestras en la jornada de la mañana y la tarde.



RESULTADOS

Grasas y Aceites (mg/L)



Fecha	Promedio diario grasas y aceites (mg/l)		
	Entrada	Salida	% Remoción
26/06/13	1,45	0	100
27/06/13	0,33	0,05	84,84
28/06/13	0,37	0,01	97,30
02/jul/13	3,39	0,18	94,69
03/jul/13	1,74	0,09	94,83
04/jul/13	1,33	0	100
08/jul/13	0,76	0,125	83,55
09/jul/13	0,905	0,24	73,48
10/jul/13	5,225	0,155	97,03
11/jul/13	2,015	NM	--
12/jul/13	0,595	0	100,00



RESULTADOS

Solidos Suspendidos(mg/L)



Fecha	Promedio diario Solidos suspendidos(mg/l)		
	[] Entrada	[] Salida	% Remoción
26/06/13	8	4	50
27/06/13	1,65	1,1	33,33
28/06/13	3	5	-66,67
02/jul/13	7	2,5	64,29
03/jul/13	13	7	46,15
04/jul/13	9,25	4	56,76
08/jul/13	6	1,5	75,00
09/jul/13	10,5	7,5	28,57
10/jul/13	9,5	4	57,89
11/jul/13	13,5	NM	--
12/jul/13	18	10	44,44



EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS



- Presencia de piojo blanco en las hojas de vetiver.
- Mantenimiento al vetiver con solución jabonosa. El jabón es de ph neutro
- Semanalmente se hace mantenimiento a las plantas, se les mide longitud de las raíces, se observa el estado fitosanitario, se busca presencia de insectos, etc.



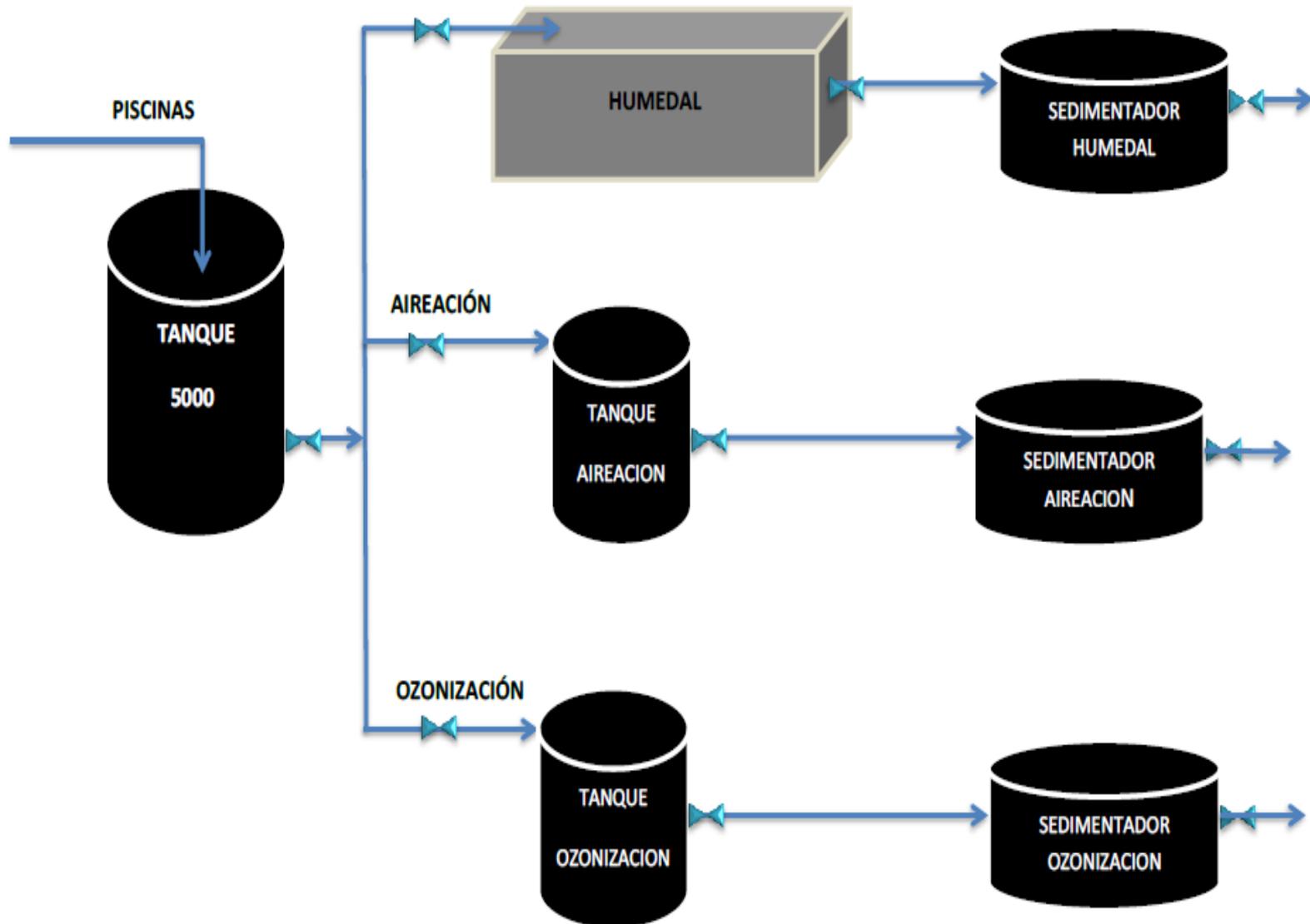


CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El sistema convencional actual de tratamiento de agua de producción es eficiente y cumple con la normatividad ambiental Colombiana, sin embargo en busca de nuevas alternativas costo efectivas se esta realizando un esfuerzo adicional para mejorar la calidad del agua con el piloto.
- Los ensayos aún continúan y se espera probar el comportamiento del sistema y porcentajes de remoción para otros parámetros físicos y químicos.
- Por el momento las pruebas solo se hacen para grasas y aceites y solidos suspendidos, pero es necesario analizar otros parámetros como DBO, DQO, fenoles, oxígeno disuelto, BTEX, PAH, entre otros, característicos de las aguas de producción y con un potencial contaminante.
- La observación del comportamiento de la especie permite inferir que esta ha respondido positivamente adaptándose a las condiciones del agua industrial y desarrollándose sin problemas aparentes.



Después de la primera fase del tratamiento se le adicionaron al piloto cuatro módulos mas, como aparece en la grafica (tanque de aireación, sedimentador de aireación, tanque de ozonización y Sedimentador de ozonización), y se realizaron análisis de seguimiento con excelentes resultados, tal como se puede observar en la graficas de los análisis.



FECHA	PARAMETRO	ARSENICO	BARIO	CALCIO	MANGANESO	NIQUEL	PLOMO	VANADIO	MERCURIO MATERIAL BIOLÓGICO (VAPOR FRÍO)	C & A
MUESTREO	MUESTRA	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	microg/kg	mg/L
31/10/2013	Planta Vetiver 6 semanas (TALLO)	<0.190	40.2	943	50.9	1.523	<0.060	0.33	17.8	0.433
31/10/2013	Planta Vetiver 18 semanas (TALLO)	<0.190	21.0	1349	87.4	0.238	<0.060	0.05	19.0	0.549
31/10/2013	Planta Vetiver 25 semanas (TALLO)	<0.190	17.9	1194	68.2	0.574	<0.060	0.13	17.7	1.370
31/10/2013	Planta Vetiver 6 semanas (HOJA)	<0.190	31.7	1970	29.4	0.872	<0.060	0.24	21.5	0.735
31/10/2013	Planta Vetiver 18 semanas (HOJA)	<0.190	42.4	3328	47.6	1.157	<0.060	0.20	27.9	0.767
31/10/2013	Planta Vetiver 25 semanas (HOJA)	<0.190	54.1	3360	32.0	0.503	<0.060	0.26	26.8	0.962
31/10/2013	Planta Vetiver 6 semanas (RAIZ)	0.274	27.2	1088	123.0	5.028	0.16	2.43	<15.5	3.360
31/10/2013	Planta Vetiver 18 semanas (RAIZ)	<0.190	20.5	447	205.0	1.968	<0.060	1.88	50.5	0.525
31/10/2013	Planta Vetiver 25 semanas (RAIZ)	<0.190	58.8	610	227.0	1.567	<0.060	2.37	67.0	0.690

OBSERVACIONES

ND: No Detectado.

NR: No realizado

STD : Sólidos Disueltos Totales



N°	FECHA	PARAMETRO	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ba ⁺⁺	Sr ⁺⁺	Fe ⁺⁺	STD	SALINIDAD	TURBIDEZ	SiO ₂	G & A	FORMIATOS
	MUESTREO		MUESTRA	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L NaCl	NTU	mg/L	mg/L
		ESPECIFICACIONES *							<1.0			<2.0		<5.0	
1	27/10/13 11:00 a.m	Salida TK 5000	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.2	NR	NR	6.86	NR	14.45	NR
2	27/10/13 11:15 a.m	Salida TK Sedimentador Humedal	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.1	NR	NR	1.82	NR	3.60	NR
3	27/10/13 11:30 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.1	NR	NR	3.00	NR	10.82	NR
4	27/10/13 11:45 a.m	Salida TK Sedimentador Ozonización	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.1	NR	NR	3.21	NR	7.96	NR
5	27/10/13 15:45 p.m	Salida TK 5000	150	11.4	33.6	3.4	1.2	1.5	0.1	628	494	4.19	58.7	15.62	0.9
6	27/10/13 14:00 p.m	Salida TK Sedimentador Humedal	148	11.5	34.9	3.3	1.1	1.6	0.1	645	511	1.72	59.9	3.42	1.0
7	27/10/13 14:20 p.m	Salida TK Sedimentador Aireación	153	11.8	34.7	3.5	1.2	1.5	0.1	644	511	3.62	61.4	7.69	1.3
8	27/10/13 15:10 p.m	Salida TK Sedimentador Ozonización	156	12.2	35.4	3.5	1.2	1.6	0.1	645	508	4.08	62.3	9.46	1.0
9	28/10/13 10:30 a.m	Salida TK 5000	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.2	NR	NR	3.71	NR	12.71	NR
10	28/10/13 11:00 a.m	Salida TK Sedimentador Humedal	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.1	NR	NR	1.67	NR	3.49	NR
11	28/10/13 11:15 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.1	NR	NR	3.16	NR	8.15	NR
12	28/10/13 11:30 a.m	Salida TK Sedimentador Ozonización	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.1	NR	NR	3.32	NR	6.66	NR
13	28/10/13 14:05 p.m	Salida TK 5000	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.1	NR	NR	4.09	NR	13.44	NR
14	28/10/13 14:30 p.m	Salida TK Sedimentador Humedal	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.1	NR	NR	1.64	NR	1.70	NR
15	28/10/13 14:50 p.m	Salida TK Sedimentador Aireación	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.2	NR	NR	3.37	NR	4.88	NR
16	28/10/13 15:15 p.m	Salida TK Sedimentador Ozonización	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.1	NR	NR	3.18	NR	4.96	NR
17	29/10/13 12:30 p.m	Salida TK 5000	153	11.3	34.0	3.3	1.2	1.6	0.1	642	511	5.20	60.6	24.16	1.3
18	29/10/13 11:20 a.m	Salida TK Aireación (Antes Dosif. Nontox)	154	12.1	33.7	3.4	1.2	1.6	0.1	643	510	4.25	61.6	13.66	1.0
19	29/10/13 10:50 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación (Antes Dosif. Nontox.)	154	11.7	34.1	3.4	1.2	1.6	0.1	625	495	2.98	63.1	12.38	1.0

N°	FECHA	PARAMETRO	pH	T	RESISTIV.	H ₂ S	O ₂ DIS.	CO ₂	HCO ₃	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl	CONDUCTIV.	BACT. (BSR)	I. S.
	MUESTREO		MUESTRA		(°C)	µm @ 25°C	mg/L	ppb	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mS/cm @ 25°C	(ufc/mL)
		ESPECIFICACIONES *	6.5-8.5		-	0.0	< 1.0	< 10	-	-	-	-	-	<10 ²	-
1	27/10/13 11:00 a.m	Salida TK 5000	7.65	33.7	9.61	ND	5000	<10	130	0	NR	NR	1.04	NR	NR
2	27/10/13 11:15 a.m	Salida TK Sedimentador Humedal	7.54	34.2	10.07	ND	4000	<10	133	0	NR	NR	0.99	NR	NR
3	27/10/13 11:30 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación	7.64	33.9	10.29	ND	6000	<10	126	0	NR	NR	0.97	NR	NR
4	27/10/13 11:45 a.m	Salida TK Sedimentador Ozonización	7.62	33.6	10.11	ND	6000	<10	130	0	NR	NR	0.99	NR	NR
5	27/10/13 15:45 p.m	Salida TK 5000	7.72	34.5	9.81	ND	5000	<10	130	0	7.5	230	1.02	NR	0.29
6	27/10/13 14:00 p.m	Salida TK Sedimentador Humedal	7.04	32.3	10.31	ND	5000	<10	130	0	NR	254	0.97	NR	NR
7	27/10/13 14:20 p.m	Salida TK Sedimentador Aireación	7.76	32.6	10.60	ND	5000	<10	122	0	15.1	238	0.94	NR	0.31
8	27/10/13 15:10 p.m	Salida TK Sedimentador Ozonización	7.73	32.8	10.08	ND	7000	<10	130	0	4.8	237	0.99	NR	0.32
9	28/10/13 10:30 a.m	Salida TK 5000	7.71	34.8	9.20	ND	6000	<10	133	0	NR	NR	1.09	NR	NR
10	28/10/13 11:00 a.m	Salida TK Sedimentador Humedal	7.48	34.6	9.23	ND	5000	<10	133	0	NR	NR	1.08	NR	NR
11	28/10/13 11:15 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación	7.70	35.0	9.38	ND	6000	<10	127	0	NR	NR	1.07	NR	NR
12	28/10/13 11:30 a.m	Salida TK Sedimentador Ozonización	7.45	33.7	9.56	ND	6000	<10	131	0	NR	NR	1.05	NR	NR
13	28/10/13 14:05 p.m	Salida TK 5000	7.38	31.7	10.30	ND	6000	<10	115	0	NR	NR	0.97	NR	NR
14	28/10/13 14:30 p.m	Salida TK Sedimentador Humedal	7.35	32.1	8.96	ND	6000	<10	122	0	NR	NR	1.12	NR	NR
15	28/10/13 14:50 p.m	Salida TK Sedimentador Aireación	7.90	32.1	10.12	ND	6000	<10	119	0	NR	NR	0.99	NR	NR
16	28/10/13 15:15 p.m	Salida TK Sedimentador Ozonización	7.68	31.5	10.20	ND	6000	<10	116	0	NR	NR	0.98	NR	NR
17	29/10/13 12:30 p.m	Salida TK 5000	7.62	34.6	9.46	ND	6000	<10	119	0	15.2	241	1.06	1.0E+04	0.15
18	29/10/13 11:20 a.m	Salida TK Aireación (Antes Dosif. Nontox)	7.80	34.3	9.69	ND	6000	<10	122	0	14.5	238	1.03	1.0E+03	0.34
19	29/10/13 10:50 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación (Antes Dosif. Nontox.)	7.79	35.4	9.46	ND	6000	<10	119	0	NR	236	1.06	1.0E+04	NR

ND: No Detectado.

NR: No realizado

STD : Sólidos Disueltos Totales



Nº	FECHA		PARAMETRO	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ba ⁺⁺	Sr ⁺⁺	Fe ⁺⁺	STD	SALINIDAD	TURBIDEZ	SiO ₂	C & A	FORMIATOS
	MUESTREO	MUESTRA		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L NaCl	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
			ESPECIFICACIONES *	-	-	-	-	-	-	<1.0	-	-	<2.0	-	<5.0	-
20	29/10/13 15:05 p.m	Salida TK Sedimentador Aireación (Desp Dosif.15 ppm Nontox)		153	11.6	33.9	3.4	1.2	1.6	0.10	381	256	4.8	60.4	11.3	1.2
21	29/10/13 15:15 p.m	Salida TK Aireación (Después Dosif. 15 ppm Nontox)		149	11.6	33.3	3.3	1.2	1.6	0.10	376	251	3.2	59.6	13.7	1.0
22	30/10/13 10:15 a.m	Salida TK 5000		150	11.7	32.6	3.2	1.2	1.6	0.10	381	253	5.8	58.7	15.4	1.2
23	30/10/13 10:40 a.m	Salida TK Aireación (Antes Dosif.)		151	12.0	34.1	3.3	1.2	1.5	0.10	385	256	4.4	59.7	14.8	1.0
24	30/10/13 11:00 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación (Antes Dosif.)		156	12.3	35.7	3.5	1.2	1.5	0.10	395	264	3.6	62.3	8.2	1.2
25	30/10/13 13:20 p.m	Salida TK Sedimentador Humedal		NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.10	NR	NR	2.5	NR	3.5	NR
26	30/10/13 13:45 p.m	Salida TK Sedimentador Ozonización		NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.10	NR	NR	6.0	NR	14.8	NR
27	30/10/13 15:05 p.m	Salida TK Aireación (Después Dosif. 15 ppm Nontox)		156	12.5	35.9	3.5	1.2	1.6	0.10	407	269	6.0	62.4	7.2	1.1
28	30/10/13 15:15 p.m	Salida TK Sedimentador Aireación (Desp Dosif.15 ppm Nontox)		150	11.7	34.4	3.3	1.2	1.6	0.10	381	254	3.5	59.4	6.5	2.4
29	31/10/13 11:00 a.m	Salida TK 5000		152	11.8	33.6	3.3	1.2	1.6	0.10	393	259	4.7	60.9	11.0	1.8
30	31/10/13 11:15 a.m	Salida TK Sedimentador Humedal		150	11.6	34.8	3.3	1.2	1.6	0.10	381	256	2.7	56.6	1.1	1.4
31	31/10/13 11:30 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación		153	12.1	34.4	3.3	1.2	1.5	0.10	389	259	2.7	61.3	2.0	1.6
32	31/10/13 11:45 a.m	Salida TK Sedimentador Ozonización		158	12.1	36.3	3.5	1.2	1.7	0.10	398	267	3.2	62.9	2.7	1.8

Nº	FECHA		PARAMETRO	pH	T	RESISTIV.	H ₂ S	O ₂ DIS.	CO ₂	HCO ₃	CO ₃ ⁺	SO ₄ ⁺	CT	CONDUCTIV.	BACT. (BSR)	DBOS
	MUESTREO	MUESTRA			(°C)	Ωm @ 25°C	mg/L	ppb	mg/L	mg/L	mg/L	mg/l	mg/L	mS/cm @ 25°C	(ufc/mL)	mg O ₂ /L
			ESPECIFICACIONES *	6.5		-	0.0		<10	-	-	-	-	-	<10 ²	-
20	29/10/13 15:05 p.m	Salida TK Sedimentador Aireación (Desp Dosif.15 ppm Nontox)		7.78	31.0	10.33	ND	5000	<10	116	0.0	14.4	238	0.97	1.0E+02	8.0
21	29/10/13 15:15 p.m	Salida TK Aireación (Después Dosif. 15 ppm Nontox)		7.79	31.1	10.45	ND	7000	<10	116	0.0	13.9	235	0.96	1.0E+03	4.1
22	30/10/13 10:15 a.m	Salida TK 5000		7.51	32.7	9.77	ND	6000	<10	122	0.0	15.1	255	1.02	1.0E+05	59.0
23	30/10/13 10:40 a.m	Salida TK Aireación (Antes Dosif.)		7.60	32.0	10.43	ND	7000	<10	122	0.0	8.2	240	0.96	1.0E+03	NR
24	30/10/13 11:00 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación (Antes Dosif.)		7.45	33.0	10.27	ND	7000	<10	122	0.0	7.1	241	0.97	1.0E+04	NR
25	30/10/13 13:20 p.m	Salida TK Sedimentador Humedal		7.25	30.7	10.20	ND	5000	<10	128	0.0	NR	NR	0.98	NR	NR
26	30/10/13 13:45 p.m	Salida TK Sedimentador Ozonización		7.18	30.6	10.52	ND	6000	<10	125	0.0	NR	NR	0.95	NR	NR
27	30/10/13 15:05 p.m	Salida TK Aireación (Después Dosif. 15 ppm Nontox)		7.81	32.0	9.82	ND	7000	<10	134	0.0	7.6	240	1.02	1.0E+04	16.0
28	30/10/13 15:15 p.m	Salida TK Sedimentador Aireación (Desp Dosif.15 ppm Nontox)		7.33	31.6	10.07	ND	7000	<10	119	0.0	14.5	240	0.99	1.0E+02	9.3
29	31/10/13 11:00 a.m	Salida TK 5000		7.29	32.9	10.25	ND	5000	<10	128	0.0	12.6	234	0.98	1.0E+03	38.0
30	31/10/13 11:15 a.m	Salida TK Sedimentador Humedal		7.24	30.9	11.27	ND	5000	<10	122	0.0	11.4	238	0.89	1.0E+03	31.6
31	31/10/13 11:30 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación		7.40	30.5	10.59	ND	6000	<10	122	0.0	NR	240	0.94	1.0E+03	5.7
32	31/10/13 11:45 a.m	Salida TK Sedimentador Ozonización		7.10	30.6	10.41	ND	6000	<10	122	0.0	8.8	235	0.96	1.0E+04	10.1

OBSERVACIONES ND: No Detectado. NR: No realizado STD : Sólidos Disueltos Totales



N°	FECHA	PARAMETRO	DBO ₅	DQO	FENOLES	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHIA COLI	MESOFILOS TOTALES
	MUESTREO							
		ESPECIFICACIONES *	RC>80%	RC>80%	<0.2	<5000 NMP	<1000 NMP	-
1	29/10/13 12:30 p.m	Salida TK 5000	7.20	29.10	<0.10	NR	NR	NR
2	29/10/13 11:20 a.m	Salida TK Aireación (Antes Dosif. Nontox)	3.31	47.50	<0.10	NR	NR	NR
3	29/10/13 15:15 p.m	Salida TK Aireación (Después Dosif. 15 ppm Nontox)	4.14	29.70	<0.10	NR	NR	NR
4	29/10/13 10:50 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación (Antes Dosif. Nontox)	<2.00	28.80	<0.10	NR	NR	NR
5	29/10/13 15:05 p.m	Salida TK Sedimentador Aireación (Desp Dosif.15 ppm Nontox)	7.96	45.40	<0.10	NR	NR	NR
6	30/10/13 10:15 a.m	Salida TK 5000	59.00	12.30	<0.10	NR	NR	NR
7	30/10/13 10:40 a.m	Salida TK Aireación (Antes Dosif. Nontox)	NR	31.80	<0.10	NR	NR	NR
8	30/10/13 15:05 p.m	Salida TK Aireación (Después Dosif. 15 ppm Nontox)	16.00	31.10	<0.10	NR	NR	NR
9	30/10/13 11:00 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación (Antes Dosif.)	NR	24.00	<0.10	NR	NR	NR
10	30/10/13 15:15 p.m	Salida TK Sedimentador Aireación (Desp Dosif.15 ppm Nontox)	9.26	25.90	<0.10	NR	NR	NR
11	31/10/13 11:00 a.m	Salida TK 5000	38.00	95.00	<0.10	34000	3.0	7000000
12	31/10/13 11:15 a.m	Salida TK Sedimentador Humedal	31.60	56.00	<0.10	14000	2.0	680000
13	31/10/13 11:30 a.m	Salida TK Sedimentador Aireación	5.74	31.30	<0.10	2700	0.0	5400000
14	31/10/13 11:45 a.m	Salida TK Sedimentador Ozonización	10.10	35.40	<0.10	1300	0.0	5400000

OBSERVACIONES

ND: No Detectado

NR: No realizado

STD : Sólidos Disueltos Totales



BIBLIOGRAFIA

- Fernández González, J. (2000). *Manual de fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotación*. (J. Fernandez Gonzales, Ed.) Madrid, España: Universidad Politecnica de Madrid.
- García Serrano, J., & Corzo Hernández, A. (2008). *Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial*. Cataluña, España.
- Jackson, L., & Myers, J. (8 de Octubre de 2003). Design and Construction of Pilot Wetlands for Produced-Water Treatment. *Society of Petroleum Engineers Inc. SPE*, 9.
- Ji, G., Sun, T., Zhou, Q., Sui, X., Chang, S., & Li, P. (10 de Agosto de 2001). Constructed subsurface flow wetland for treating heavy oil-produced water of the Liaohe Oilfield in China. *Elsevier*, 7.
- Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands* (Segunda edición ed.). New York, United States: Taylor & Francis Group.
- Mahruki, A. A., Alloway, B., & Patzelt, H. (4 de Abril de 2006). The Use of Reed bed Technology for Treating Oil Production Waters in the Sultanate of Oman. *Society of Petroleum Engineers SPE*, 6.
- Truong, P., Van, T. T., & Pinnars, E. (2009). *Aplicaciones del Sistema Vetiver - Manual tecnico de referencia*. (O. S. P, Trad.) USA: The Vetiver Network International.
- Vymazal, J. (27 de Agosto de 2010). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. *Water*, 2(3), 530-549.
- Vetivercol Servicios y Consultorias S.A.S. Productores de Pasto Vetiver en Espinal-Tolima – Colombia. (2.013) Claudio Rubén Daza Jimenez. T. Campo.





ecopetrol



Para uso restringido en Ecopetrol S.A. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta presentación puede ser reproducida o utilizada en ninguna forma o por ningún medio sin permiso explícito de Ecopetrol S.A.