SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES COVEÑAS				
CONTRATO No	**3803091**	REVISION	D	Página No **1 de 26**
PREFIJO DEL PROYECTO OCENSA	**SISTEMA_AI_CV**	DOCUMENTO OCENSA No.:		**37CV-PRU-4036**
CODIGO PROYECTO CONTR.	**CI438.23.12**	DOCUMENTO CONTR. No:		**CI438.23-12-00C-P094-INF-001**

TITULO: INFORME DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES (ACEITOSAS) EN LA ESTACIÓN COVEÑAS.

Esta portada es el registro de todas las revisiones generadas sobre este documento, especificación o procedimiento, todas las versiones anteriores a esta revisión serán superadas manteniendo el registro.

Rev No.	Fecha	Emp. Origi	Orig.	Rev.	Aprob.	Aceptación OCENSA	Pág. No.	Descripción
P	23/12/2021	SUMMUM PROJECTS	ALM	LEP	LAJ		25	Emitido para revisión interna – SISTEMA_AI_CV – 3803091 OT50_REQ 012
A	24/12/2021	SUMMUM PROJECTS	ALM	LEP	LAJ		25	Emitido para comentarios de Ocensa – SISTEMA_AI_CV – 3803091 OT50_REQ 012
D	28/12/2021	SUMMUM PROJECTS	ALM	LEP	LAJ		26	Emitido para diseño – SISTEMA_AI_CV – 3803091 OT50_REQ 012

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

TABLA DE CONTENIDO

1 OBJETIVO 4
2 ALCANCE 4
3 ABREVIATURAS Y DEFINICIONES 4
4 SISTEMA DE UNIDADES 5
5 DOCUMENTOS DE REFERENCIA 6
6 CONSIDERACIONES GENERALES 6
7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUAS ACEITOSAS 7
7.1 Condiciones de crudo recibidos y transportados 10
7.2 Almacenamiento de crudo en el terminal 10
8 HALLAZGOS E IDENTIFICACIÓN DE POSIBILIDADES DE MEJORA EN EL SISTEMA DE AGUAS ACEITOSAS 11
9 PARÁMETROS DE VERTIMIENTO 18
10 EVALUACIÓN CAPACIDADES DE SISTEMA TRATAMIENTO DE AGUAS ACEITOSAS 19
10.1 Separador API 19
10.2 CPI 21
10.3 Piscina de oxidación 22
11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 – *SISTEMA DE UNIDADES* 6
TABLA 2 – *DOCUMENTOS DE REFERENCIA* 6
TABLA 3 – *VALORES DE INTENSIDAD DE LLUVIA TERMINAL COVEÑAS* 7
TABLA 4 – *ELEMENTOS SEPARACIÓN AGUAS ACEITOSAS TERMINAL COVEÑAS* 9
TABLA 5 – *PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS CRUDOS COVEÑAS* 10
TABLA 5 – *DISTRIBUCIÓN DE TANQUES COVEÑAS* 11
TABLA 7 – PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE VERTIMIENTO Y RESULTADOS 2020 19
TABLA 8 – *FLUJOS CONTROLADOS Y NO CONTROLADOS HACIA SEPARADOR API* 19
TABLA 9 – *RESULTADOS EVALUACIÓN DEL SEPARDOR API* 21
TABLA 10 – *RESULTADOS EVALUACIÓN CPI´S* 22
TABLA 11 – *RESULTADOS EVALUACIÓN PISCINA DE OXIDACIÓN* 24

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – *CURVAS IDF ESTACIÓN VILLA MARCELA* 7
FIGURA 2 – *RED DE AGUAS ACEITOSAS TERMINAL COVEÑAS* 8
FIGURA 3 – *ESQUEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS ACEITOSAS* 9
FIGURA 4 – *ÁREA TANQUES TK-0130 Y TK-0140* 11
FIGURA 5 – *ÁREA TANQUES TK-12010* 12
FIGURA 6 – *ÁREA TANQUES TK-12020 Y 12030* 13
FIGURA 7 – *CUNETAS TANQUE TK-7311* 14
FIGURA 8 – *CAJA AA TANQUE TK-7313* 14
FIGURA 9 – *ÁREA TRAMPA DE RECIBO Y OTROS* 15
FIGURA 10 – *ÁREA TRAMPA DE GENERADORES Y CERCANOS* 16
FIGURA 11 – *VÁLVULAS DEL SEPARADOR API* 16
FIGURA 12 – *SEPARADOR API* 17
FIGURA 13 – *PISCINA DE OXIDACIÓN* 17
FIGURA 14 – *CAJAS DE PASO* 18
FIGURA 15 – *VARIABLES DE DISEÑO SEPARADORES API* 20
FIGURA 16 – *TIPOS DE LAGUNAS* 22

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

1 OBJETIVO

Realizar un diagnóstico del sistema de recolección y tratamiento de aguas aceitosas en la estación Coveñas del Oleoducto Central S.A - OCENSA, con base a la información técnica recibida y la obtenida durante el levantamiento en campo llevado a cabo.

2 ALCANCE

El presente documento tiene como alcance evaluar el sistema de tratamiento de aguas aceitosas en la estación Coveñas, desde los puntos de drenaje o recolección hasta el sistema de tratamiento (API, CPI, piscinas de oxidación, etc.), debido a que en la última temporada de lluvias se han presentado altos niveles de aguas aceitosas en el separador API, que han afectado la capacidad de tratamiento del sistema.

El informe se orienta a la identificación de las condiciones existentes en el sistema de recolección y tratamiento de aguas aceitosas, verificación de las capacidades de los elementos finales de tratamiento.

De manera específica el presente informe, tiene el siguiente alcance:

- Detallar los hallazgos observados durante el levantamiento en campo.
- Presentar los aportes de cada una de las áreas y equipos al sistema de aguas aceitosas.
- Evaluación de la capacidad de tratamiento del separador API, CPI´S y piscina de oxidación con base en las condiciones actuales de los drenajes abiertos vs las condiciones de diseño.
- Generar recomendaciones técnicas para la mejora del sistema.

3 ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

AA	Aguas aceitosas.
Borras	Residuos generados en los tanques y tuberías de la industria del petróleo por la aglomeración de hidrocarburos, agua y sedimentos.
Condiciones estándar	Volumen de gas, real y seco (que cumpla las especificaciones del RUT, en cuanto a concentración de vapor de agua) contenido en un pie (metro) cúbico a una presión absoluta de 14.65 psi (1.01 bar absoluto), y a una temperatura de 60 °F (15.56 °C).
CPI	Separador de placas corrugadas. Elemento del tratamiento de aguas residuales industriales que permite la separación del agua, sólidos en suspensión y de los glóbulos de aceite mediante el principio de separación por gravedad.
Filtro	Equipos de proceso empleado para la retención de partículas ó líquidos.

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

Flujo controlable	Flujo generado en el proceso de separación de crudo que puede contenerse o almacenarse en el área de la planta en la que se genera, y que después de los eventos de lluvia, puede ser enviado al separador API de manera controlada, usando la válvula de bloque que impide el paso al sistema de aguas aceitosas.
Flujos no controlable	Flujo generado que no puede contenerse en el área de la planta y que al momento de generarse, sea por una actividad operativa o por lluvia, fluye libremente y sin control hacia el separador API.
Flujos intermitentes	Son flujos que por diseño se dirigen hacia el separador API, pero no son continuos, son flujos resultantes de operaciones de mantenimiento, lavado, drenajes de líneas, equipos, fondo de tanques y también del vaciado de los sumideros.
Gravedad API	Método utilizado en la industria petrolera para expresar la densidad de crudos.
IDEAM	Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales
Laguna de Oxidación	Es un proceso abierto en el cual el agua pasa a través de una cuenca, construida especialmente para tratar aguas residuales por procesos naturales que pueden implicar bacterias y algas.
OCENSA	Oleoducto Central S.A.
ODC	Oleoducto de Colombia S.A
Separador API	Es un elemento primaro de tratamiento de aguas residuales industriales que se emplea para la remoción de aceites y sólidos suspendidos.
Tanque	Contenedores estáticos empleados para el almacenamiento de líquidos.
Trampa	Elemento empleado para la limpieza e inspección de líneas.

4 SISTEMA DE UNIDADES

En la siguiente tabla, se presentan el sistema de unidades a ser utilizados en el proyecto:

NOMBRE DE VARIABLE	UNIDADES
Densidad	lb/ft^3
Dimensiones	ft, in (“)
Flujo másico	lb/h
Flujo volumétrico	GPM
Longitud	Km, m, cm
Masa	lb
Presión (manométrica)	psig
Temperatura	ºF

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

NOMBRE DE VARIABLE	UNIDADES
Tiempo	s, min, h, d
Velocidad	ft/s, RPM
Viscosidad Cinemática	cSt
Viscosidad Dinámica	cP
Volumen	ft^3 , gal (US), Bbls (US)

Tabla 1 – *Sistema de Unidades*

5 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

A continuación se listan los documentos de referencia para el desarrollo del presente informe:

	CÓDIGO	NOMBRE DEL DOCUMENTO
1	3GGG-PEU-2243_AX02	Anexo 2 Reporte evaluación integral a nivel conceptual estación Coveñas
2	TPT-STD-024	Estándar de operaciones terminal Coveñas
3	FFD/T-37CV-MEX-009	Data Sheet Separador API Coveñas
4	FFD/T-37CV-MEX-011	Data Sheet CPI´s Coveñas 710-CPB-59100/59200
5	FFD/T-37CV-MEX-013	Data Sheet CPI´s Coveñas 710-CPB-59000/59200
6	MCS_20_2624_ARnD_V1	Monitoreo agua residual no doméstica-Terminal Coveñas
7	MCS_21_2462_ARnD_Coveñas_V1	Monitoreo agua residual no doméstica-Terminal Coveñas
8	37CV-PRE-261-1-1-2	P&ID Oil and water system
9	37CV-PRE-M001-M010/M013-M020	P&ID´s As Built Terminal Coveñas
10	37CV-PIL-001-1-1	Plot Plan Coveñas
11	API-421	Management of Water Discharge (Monographs on Refinery Environmental Control Management of Water Discharges. Design and Operation of Oil-Water Separators. API PUBLICATION 421. FIRST EDITION, FEBRUARY 1990)
12		Surface Production Operations : Design of Oil Handling Systems and Facilities. K. Arnold; M. Stewart
13	EPA/600/R-11/088	Principles of Design and Operations of Wastewater Treatment Pond Systems for Plant Operators, Engineers, and Managers. August 2011. p. 304

Tabla 2 – *Documentos de referencia*
Fuente: Elaboración propia

6 CONSIDERACIONES GENERALES

Para determinar la intensidad de las lluvias en el área de la terminal Coveñas se ha considerado la información reportada por el Instituto de Hidrologia, Meteorologia y Estudios Ambientales – IDEAM, en la estación meteorológica PM 13070440 Villa Marcela.

Las curvas de intensidad-duración y frecuencia, al igual que los valores de intensidad se presentan a continuación:

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

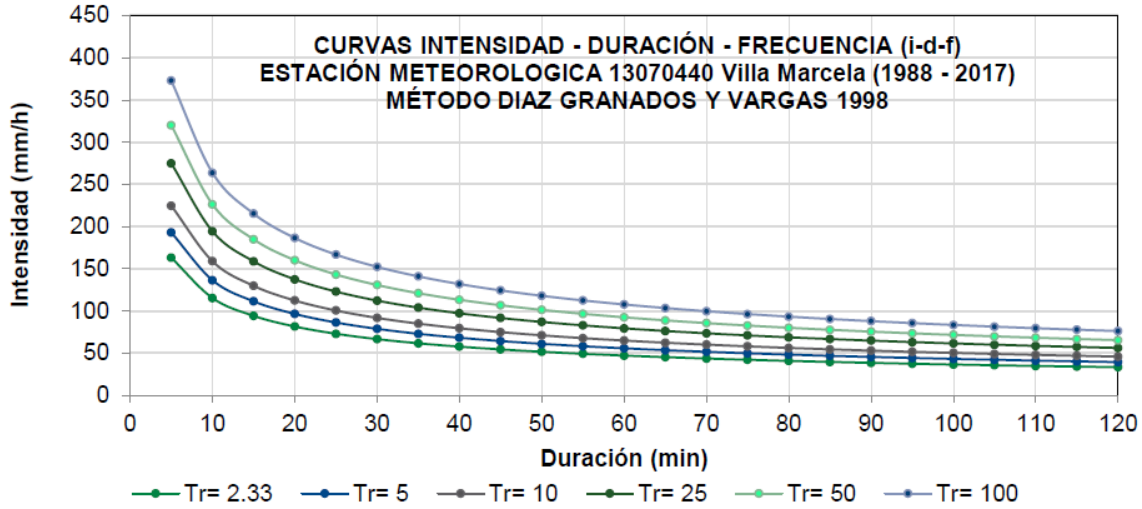


Figura 1 – *Curvas IDF Estación Villa Marcela*
Fuente: Referencia [1]

Valores de Intensidad [mm / hora] - Método de Vargas - Diaz Granados								
Tiempo (min)	Periodo de Retorno - Tr (años)							
	Tr= 2.33	Tr= 5	Tr= 10	Tr= 15	Tr= 20	Tr= 25	Tr= 50	Tr= 100
5	163.0	192.9	224.6	245.6	261.6	274.8	320.1	372.8
10	115.3	136.4	158.8	173.7	185.0	194.3	226.3	263.6
15	94.1	111.3	129.7	141.8	151.0	158.7	184.8	215.2

Tabla 3 – *Valores de Intensidad de lluvia Terminal Coveñas*
Fuente: Referencia [1]

El evento de máxima lluvia para un periodo de retorno de 20 años en la estación Villa Marcela es de 177 mm (precipitación máxima en 24 horas).

7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUAS ACEITOSAS

En la siguiente **Figura 2** se muestra el esquema de la red de recolección de aguas aceitosas de la terminal Coveñas.

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

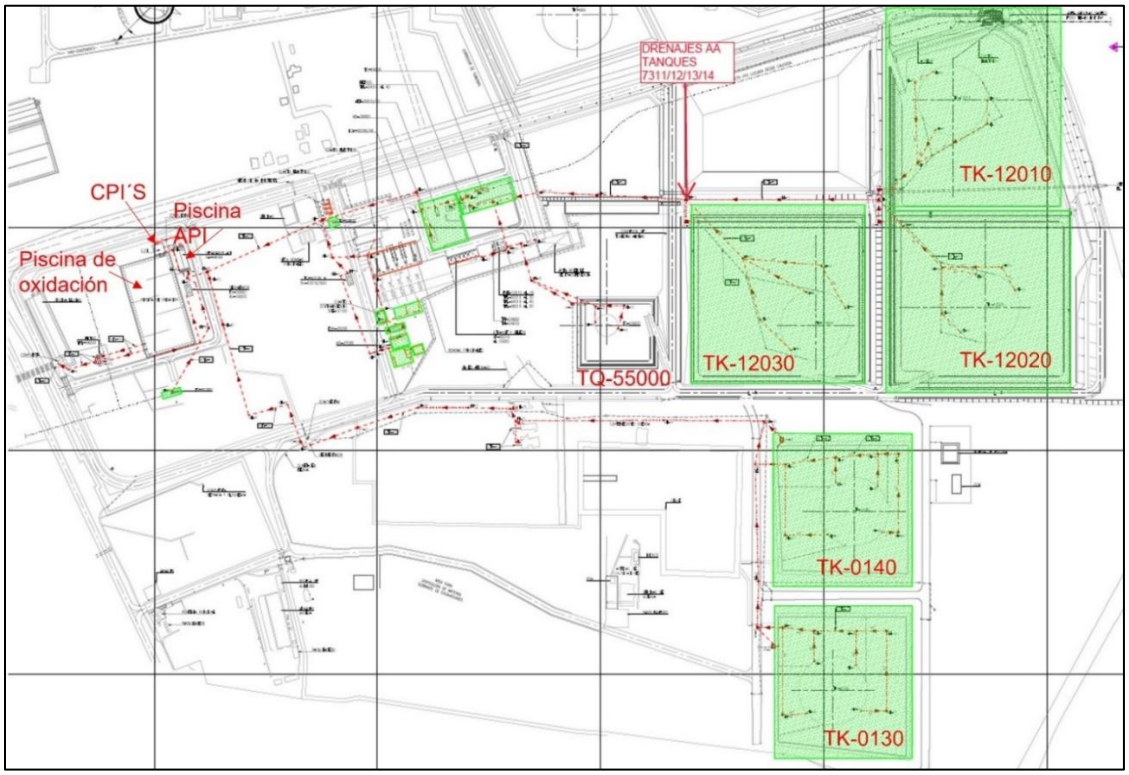


Figura 2 – *Red de aguas aceitosas Terminal Coveñas*
Fuente: Referencia [1] y edición propia

El sistema de recolección y tratamiento de aguas aceitosas está conformado por los drenajes abiertos que fluyen por gravedad de los tanques de almacenamiento de crudo, bombas principales, bombas de transferencia, filtros, prefiltros y trampas, los cuales transitan por tuberías y cajas de paso hasta su disposición final en el separador API y CPI´s.

El sistema de tratamiento fue diseñado para manejar un flujo total de 500 GPM, con una concentración máxima de aceite de 2500 ppm para reducirlo a 15 ppm. Los elementos que lo conforman son los siguientes:

DESCRIPCIÓN	TAG	CONDICIONES OPERATIVAS
Separador API	SA-59000	Reduce el contenido de aceite en el agua de 2500 ppm a 450 ppm. Las partículas de menor densidad que el agua sube a la superficie creando una nata.
Tubo desnatador ranurado	OSP-59000 OSP-59100	Recolecta las natas de aceite separadas en el sistema API
Separador de placas corrugadas	CPS-59000 CPS-59100	Disminuye el contenido de aceite en el agua de 450 ppm a 15 ppm. Separa los lodos que son recolectados posteriormente para su tratamiento

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

DESCRIPCIÓN	TAG	CONDICIONES OPERATIVAS
Piscina de Retención	---	Mantiene el agua por 7 horas para permitir sus procesos de oxidación natural.
Válvula de Corte	---	Permite un lugar de represamiento en caso de emergencia en el Terminal.
Filtro de Heno de doble bahía	TFL-59200	Acabado final de limpieza del agua
Desnatador Flotante	BX-59100 BX-59400	Recolecta el crudo que por efecto del viento se aglomera en los bordes
Analizador de Aceite en Agua	AT-59107	Reporta una señal de alarma cuando el contenido de aceite supera las 12 ppm, dando tiempo al Operador de tomar acción cerrando las válvulas a la salida de los filtros de heno.

Tabla 4 – *Elementos Separación Aguas Aceitosas Terminal Coveñas*
Fuente: Referencia [2]

El flujo de los drenajes abiertos colectados en la red de aguas aceitosas llega a las cámaras del separador API,donde se logra la separación por diferencia de gravedades del hidrocarburo en la parte superior, el agua y los lodos por la parte inferior del separador. El hidrocarburo se recoge por medio de un tubo desnatador ranurado que se opera manualmente y lo direcciona por gravedad hacia el sumidero de drenajes cerrados TU-59000.

El agua con trazas de hidrocarburo sigue su curso y pasa hacia el separador de placas corrugadas, donde el hidrocarburo asciende entre las placas y es recogido en un reservorio que lo dispone posteriormente en el sumidero TU-59000. El agua fluye hacia la piscina de oxidación, donde permanece por un tiempo aproximado de 7 horas y previo al vertimiento en el arroyo del silencio, pasa por el filtro de heno TFL-59200 que retiene las últimas partículas presentes.

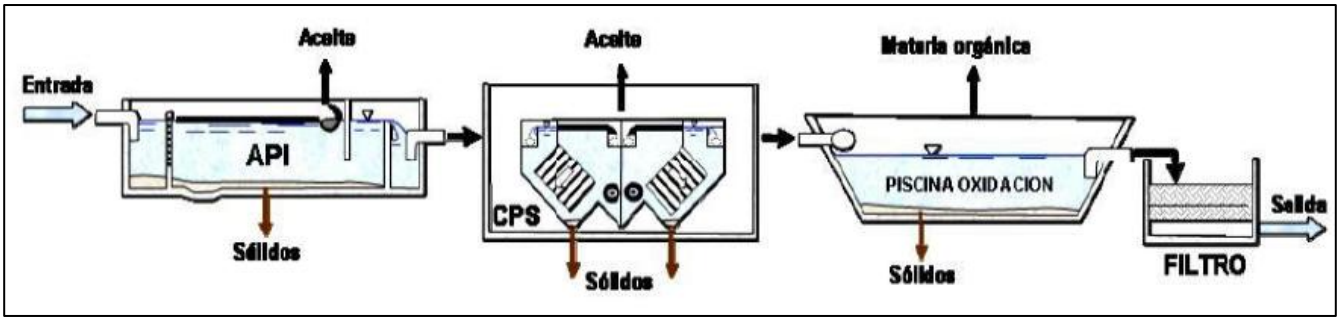


Figura 3 – *Esquema de tratamiento de aguas aceitosas*
Fuente: Referencia [2]

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

Las facilidades para el tratamiento de las aguas aceitosas de la terminal Coveñas pertenecientes a Ocensa, fueron diseñadas para el manejo de los drenajes abiertos generados de la separación por gravedad de un crudo de 45° API en los tanques TK-12010/20/30 y TQ-55000.

Actualmente, el sistema recibe los drenajes de seis (6) tanques adicionales que pertenecen al sistema Bicentenario y ODC. Ver ítem 7.2.

7.1 Condiciones de crudo recibidos y transportados

El terminal Coveñas, recibe actualmente tres tipos de crudos, cuyas identificaciones y características fisicoquímicas se presentan en la siguiente tabla:

PROPIEDADES \ CRUDO	CASTILLA	MEZCLA	RUBIALES
Grados API a 60°F*	16,5	23,2	18
Water Karl Fischer*	0,632	0,1	0,149
Viscosidad @ 50 °C cS	75,71	12,13	--
Viscosidad @ 37,78 °C cS*	541	20,75	304,6
Presión Vapor psi	2,96	2,35	--
Azufre % peso*	1,83	0,81	1,21
Niquel ppm	23,3	5,9	--
Vanadio ppm	134,6	36,9	--
Total acid number mg KOH/g	0,46	0,215	---
Sal (PTB)*	8,3	3,4	3,6

Tabla 5 – *Propiedades fisicoquímicas crudos Coveñas*
Fuente: Referencia [2] y levantamiento en campo

*Información obtenida en visita de campo

7.2 Almacenamiento de crudo en el terminal

El terminal de Coveñas cuenta con siete (7) tanques de almacenamiento propios y dos (2) tanques del sistema bicentenario que son operados por Ocensa.

TANQUE	CAPACIDAD NOMINAL BLS	CAPACIDAD OPERATIVA MÁXIMA BLS	CRUDO ALMACENADO
TK-12010	420000	403500	Mezcla
TK-12020	420000	403500	Rubiales
TK-12030	420000	403500	Castilla
TK-7311	350000	339000	Mezcla
TK-7312	350000	339000	Castilla
TK-7313*	550000	339000	Castilla
TK-7314	350000	339000	Mezcla
TK-0130	650000	557991	Rubiales

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

TANQUE	CAPACIDAD NOMINAL BLS	CAPACIDAD OPERATIVA MÁXIMA BLS	CRUDO ALMACENADO
TK-0140	650000	557991	Mezcla

Tabla 6 – *Distribución de tanques Coveñas*
Fuente: Referencia [2] y levantamiento en campo

*Tanque diseñado para almacenar nafta que fue modificado para crudo

8 HALLAZGOS E IDENTIFICACIÓN DE POSIBILIDADES DE MEJORA EN EL SISTEMA DE AGUAS ACEITOSAS

Como parte del diagnóstico del sistema de aguas aceitosas de la terminal Coveñas, se llevó a cabo la inspección de los elementos aportantes a la red de recolección y de tratamiento existentes con la compañía de un operador de patío.

TANQUES DEL SISTEMA BICENTENARIO: TK-0130 Y TK-0140

Estos tanques poseen cuatro drenajes de fondos que se direccionan al sistema colector de aguas aceitosas mediante nueve (9) cajas de paso ubicadas en el area de cada dique.

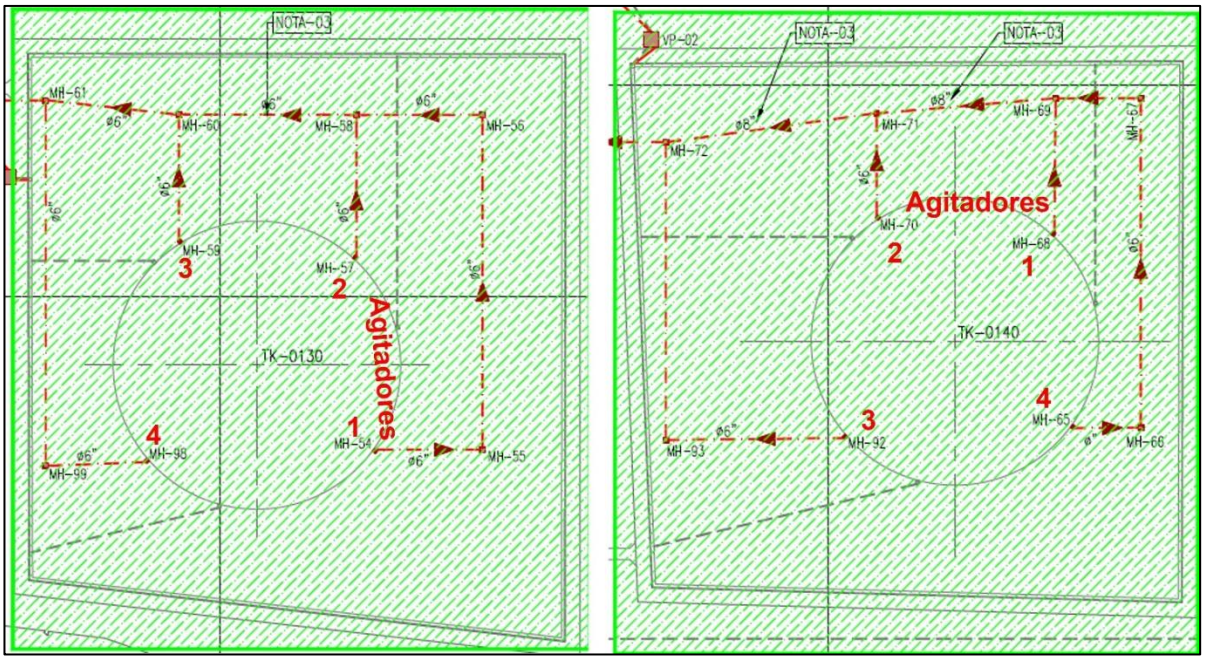


Figura 4 – *Área tanques TK-0130 y TK-0140*
Fuente: Referencia [1] y edición propia

De acuerdo a lo manifestado por el operador de patío, en estos tanques el drenaje en los puntos 1 y 2 se realiza con mas frecuencia que en los puntos 3 y 4, lo anterior debido a que sin importar el tiempo

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

que ha permanecido en reposo el tanque, en 1 y 2 se pueden diferenciar las fases agua y crudo durante el drenaje.

De manera coincidente se aprecia que los agitadores (3 por cada tanque) se ubican entre los puntos de mejor drenaje, lo que pone de manifiesto que la cercanía a los agitadores mejora la homogeneización del crudo y evita la estratificación de las borras entre los puntos 1 y 2. Por otra parte, entre los puntos 3 y 4 es posible que exista un lecho de borras que está afectando la distancia efectiva de separación de las fases agua y crudo.

Las cajas de paso que se encuentran dentro de los diques respectivos se caracterizan por tener poca elevación respecto el suelo, lo que aunado a un periodo de precipitaciones copiosas llevan a que el caudal de aguas aceitosas se incremente por rebose de aguas lluvias (flujo no controlado). Lo anterior fue confirmado por el operador.

El terreno que circunda el área de los diques es pendientado y no presenta cunetas para evitar que la escorrentía fluya hacia el interior del dique.

TANQUES TK-12010/20/30

Cada uno de estos tanques dispone de cuatro drenajes de fondo, a través de los cuales se evacua el agua aceitosa por medio de cuatro cajas de paso situadas en los respectivos diques.

En la parte exterior a cada tanque existe una válvula de paso para hacer contención antes de entrar en el sistema de recolección general. Ver figuras 5 y 6.

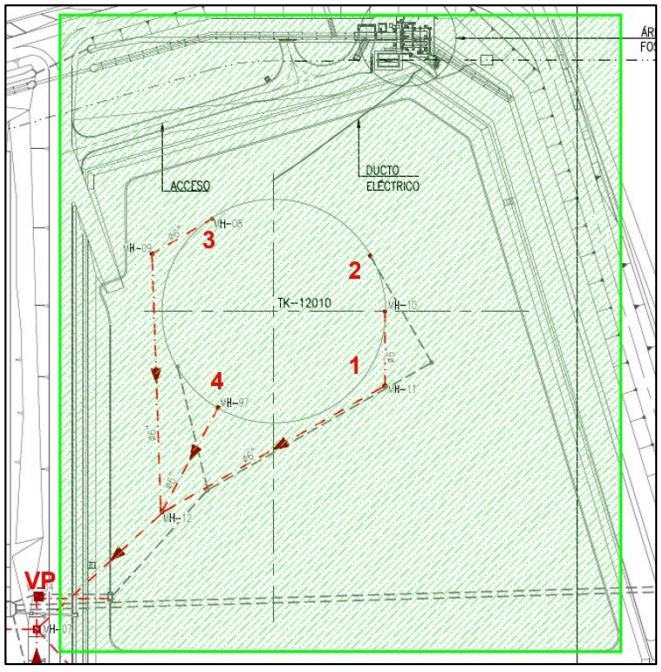


Figura 5 – *Área tanques TK-12010*
Fuente: Referencia [1] y edición propia

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

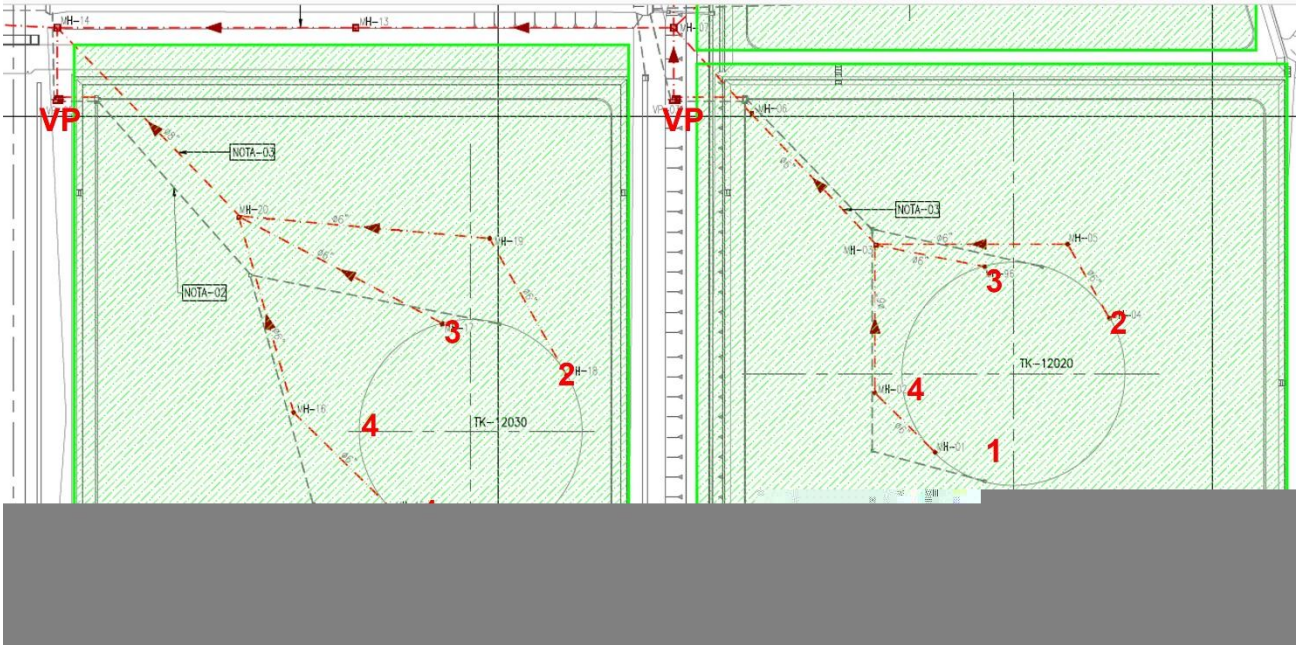


Figura 6 – *Área tanques TK-12020 Y 12030*
Fuente: Referencia [1] y edición propia

El drenaje de aguas aceitosas en estos tanques se considera no crítico, porque de manera general todos los puntos de drenajes funcionan correctamente, con la excepción del punto 1 en el tanque TK-12010, que se encuentra bloqueado por obstrucción.

El tanque TK-12020 se encontraba en mantenimiento durante la visita, evidenciándose el retiro de las borras mediante camiones de vacío. Por otro lado, el tanque TK-12030 fue intervenido en el 2019 para mantenimiento.

El suelo de los diques es arenoso, lo que facilita la permeabilidad del agua lluvia. El terreno exterior a los diques aunque pendientado posee cunetas que evitan el paso de agua lluvia al área de los diques.

TANQUES TK-7311/12/13/14

Tanques pertenecientes al sistema ODC, ubicados fuera de la malla Ocensa, los cuales envían el agua aceitosa mediante la bomba BU-0001 hasta una caja de paso ubicada fuera del perímetro del tanque TK-12030.

Los tanques TK-7313 y TK-7314 se asientan sobre un terreno mas elevados que los tanques TK-7311 y TK-7312, por consiguiente la red de recolección aguas lluvias y aceitosas recorre los tanques por gravedad hasta llegar al foso de la bomba BU-0001.

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

En el tanque TK-7311 se evidenció que las cunetas de aguas lluvias se encontraban llenas a pesar que la época invernal había pasado. El operador, informó que la válvula de paso de aguas lluvias del tanque TK-7313 tenía pase y fluía libremente hacia el TK- 7311.



Figura 7 – *Cunetas tanque TK-7311*
Fuente: Elaboración propia

Las cajas de aguas aceitosas del dique del tanque TK-7313 se encuentran a una elevación de 20 cm, lo que puede ser insuficiente para evitar el paso de aguas lluvias.



Figura 8 – *Caja AA tanque TK-7313*
Fuente: Elaboración propia

Cada tanque del sistema ODC, cuenta con dos drenajes de fondos, dos cajas y una válvula de paso dentro del área de diques.

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

TANQUE DE RELEVO TQ-55000

Este tanque dispone de dos drenajes de fondos, dos cajas de paso y una válvula de paso exterior al dique. Los drenajes en esta área no son considerados críticos, porque se alinea esporádicamente al sistema de almacenamiento de crudo.

ÁREAS DE PROCESO TG-24000, TFL-24010-40, AET-36010/20 Y MS-36000

Estas áreas de proceso no poseen shelter y los cárcamos reciben aguas lluvias y aceitosas, que son direccionados al separador API.

Los volúmenes de agua contenidos en estas áreas, son considerados volúmenes no controlables, dado que no presentan válvulas de bloque y en envento de lluvia todo el volumen contenido en estas áreas son direccionados directamente al separados API lo que puede conllevar a la afectación del tratamiento.



Figura 9 – *Área trampa de recibo y otros*
Fuente: Referencia [1] y edición propia

ÁREAS SGE-57100, FQM-30200, Y MS-37000

El sistema de generadores SGE-57100, tiene una cubierta que se encarga de la recolección de las aguas lluvias, pero las dimensiones del mismo no cubre completamente los carcamos de aguas aceitosas, lo que conlleva a la mezcla cuando se produce un evento de lluvia, lo que representa una carga adicional al separador API.

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

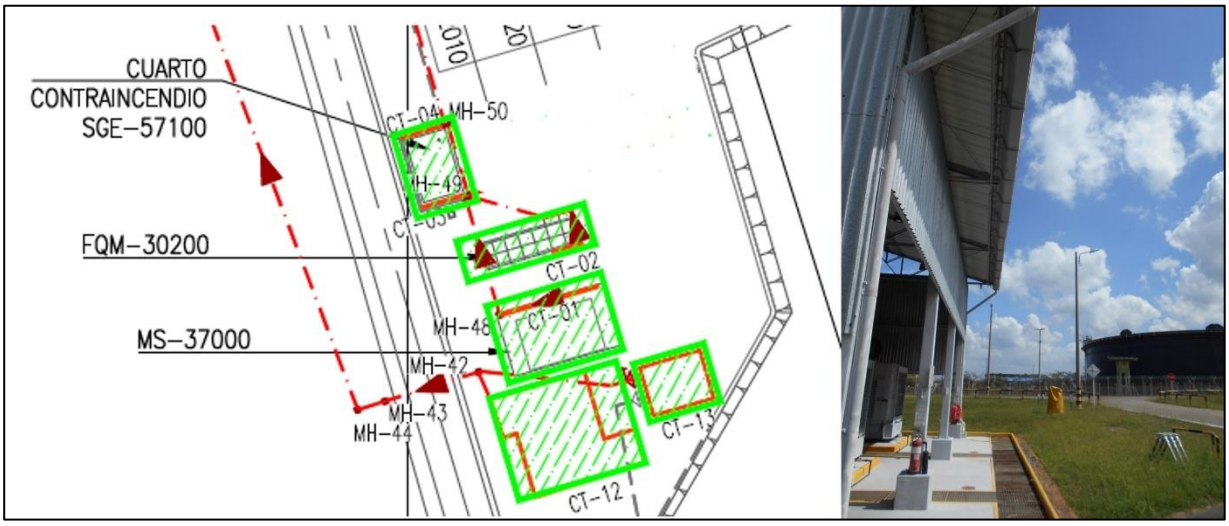


Figura 10 – *Área trampa de generadores y cercanos*
Fuente: Elaboración propia

Las áreas de proceso del probador FQM-30200 y patín de medición MS-37000, no presentan cubierta y los carcamos ubicados en los bordillos reciben tanto aguas lluvias y aceitosas, que se direccionan ambas hacia el separador API, lo que representa una carga adicional al tratamiento de aguas aceitosas cuando se produce un evento de lluvia.

SEPARADOR API

El separador API existente, consta de dos cámaras que operan en forma paralela, alimentadas de manera independiente por dos válvulas de compuerta. Ver **Figura 11**.



Figura 11 – *Válvulas del separador API*
Fuente: Elaboración propia

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

Como se puede apreciar en la Figura 11, la válvula que da paso a la cámara izquierda del separador API se encuentra casi cerrada y la otra completamente abierta, no obstante el nivel de las dos cámaras se mantenía prácticamente igual. De acuerdo al relato del supervisor del área, el sistema tiene flujo preferente hacia la cámara izquierda y por eso fue necesario mantener las válvulas a diferentes aperturas para que el tratamiento fuera uniforme en el separador API. Lo anterior manifiesta un posible taponamiento entre la válvula derecha y el separador.



Figura 12 – *Separador API*
Fuente: Elaboración propia

PISCINA DE OXIDACIÓN

La piscina de 50 m de ancho x 100 de largo, recibe flujo de los separadores de placas corrugadas CPS-59000 y CPS-59100 y distribuidos de manera uniforme por medio de cuatro pantallas dispuestas a lo largo de la piscina que favorecen el proceso oxidativo.

Durante la visita no se evidenció presencia de crudo en la piscina, solo acumulación de algas en las zonas muertas.



Figura 13 – *Piscina de oxidación*
Fuente: Elaboración propia

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS ACEITOSAS

En red de recolección de aguas aceitosas ubicadas entre los tanques y la piscina API se observaron cajas de paso ubicadas por debajo del nivel del área circundante y cajas con abertura expuesta, que permite el paso de aguas lluvias al sistema de tratamiento, generando un aporte de flujo no controlado al separador API.



Figura 14 – *Cajas de paso*
Fuente: Elaboración propia

9 PARÁMETROS DE VERTIMIENTO

La norma que establece los parámetros de vertimiento de aguas residuales a cuerpos de agua superficiales de actividades asociadas con hidrocarburos es la resolución 0631 de 2015. El artículo 11 determina los parámetros fisicoquímicos y los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales No doméstica (ARnD), los cuales se muestran a continuación:

PARÁMETRO	UNIDADES	TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO (MIDSTREAM)	Valores reportados monitoreo Diciembre 2020
pH	Und. de pH	6.00 a 9.00	8.2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	180.00	290
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L O2	60.00	174
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	50.00	34
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	1.00	<0.1
Grasas y Aceites	mg/L	15.00	<1.40
Fenoles	mg/L	0.20	0.141
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	10.00	<0.001
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	3.306
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte	0.145

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

PARÁMETRO	UNIDADES	TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO (MIDSTREAM)	Valores reportados monitoreo Diciembre 2020
Cloruros (Cl-)	mg/L	250.00	622
Sulfatos (SO42-)	mg/L	250.00	158
Acidez total	mg/L CaCO3	Análisis y Reporte	7.21
Alcalinidad Total	mg/L CaCO3	Análisis y Reporte	358
Dureza Cálcica	mg/L CaCO3	Análisis y Reporte	313
Dureza Total	mg/L CaCO3	Análisis y Reporte	491

Tabla 7 – Parámetros fisicoquímicos de vertimiento y resultados 2020
Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior también se presentan los resultados del análisis realizados en el año 2020 en la piscina de oxidación que corresponde con el punto mas cercano al vertimiento.

Se aprecia que los parámetros de cloruros, demanda química y bioquímca de oxígeno, se encuentran por fuera del límite permisible en la resolución 0631-2015.

10 EVALUACIÓN CAPACIDADES DE SISTEMA TRATAMIENTO DE AGUAS ACEITOSAS

Para realizar está evaluación se partirá del análisis de carga determinado en el documento de referencia [1], el cual se presenta a continuación:

ZONAS	Flujo Controlado [gpm]	Flujo No Controlado [gpm]
ZONA 1 (Tanques crudo)	93606	0
ZONA 2 (Generadores y areas de proceso cercanas)	63	645
ZONA 3 (Trampa de recibo y áreas de proceso cercanos)	0	2085
ZONA 4 (Trampa de despacho)	0	629
ZONA 5 (Tanque de diesel TC-52010)	0	11
TOTAL	93670	3370*

Tabla 8 – *Flujos controlados y no controlados hacia separador API*
Fuente: Referencia [1]

*El flujo no controlado puede llegar a 4517 gpm [2]

10.1 Separador API

Para el análisis de carga del separador API y demás elementos de tratamiento de aguas aceitosas presentes en la terminal Coveñas, se tomará el flujo máximo no controlado porque se dirige por la red de recolección de aguas aceitosas.

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

Según el estándar API-421, las variables que gobiernan el desempeño de un separador API, son los siguientes:

Ac: área total de la sección transversal

Ah: área total superficial

B: ancho de canal

D: profundidad del canal

L: longitud del canal

N: número de canales

Qm: flujo de entrada

Vh: velocidad horizontal

Vt: velocidad vertical de gota

Sw: gravedad especifica del agua @T op.

So: gravedad especifica del crudo @T op.

μ: viscosidad dinámica del agua @T op.

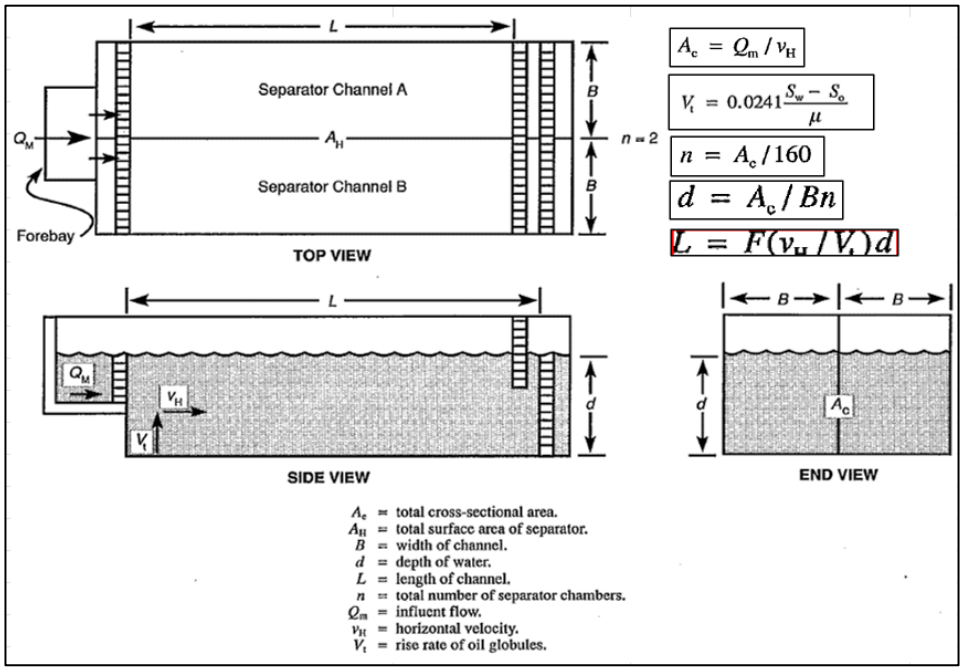


Figura 15 – *Variables de diseño separadores API*
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de acuerdo a la información obtenida de P&ID´s, hojas de datos de equipos, flujos no controlados y características de los fluidos, se resumen a continuación:

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

Variable		Unidad	Caso estudio	Caso capacidad máxima (Sist. existente)
Flujo	**Qm**	gpm	4517	**2625**
Temperatura del agua	T	°F	84	84
SG del agua	Sw		1,004	1,004
Viscosidad dinámica agua	**u**	poises	0,008164	0,008164
SG del aceite	**So**		0,955	0,955
Diámetro de gota removido	**dg**	cm	0,015	0,015
Densidad Agua	**pw**	g/cm3	1,004	1,004
Densidad Crudo, g/cm3	**po**	g/cm3	0,955	0,955
Velocidad vertical de gota	**Vh**	cm/s	0,204	0,205
Velocidad Horizontal	**Vt**	cm/s	3,06	3
Ancho de canal	**B**	ft	**13**	9
Área mín vertical	**Ac**	ft2	201,28	117
No Canales Requerido	**n**		2	2
Profundidad del canal	**d**	ft	**7,7**	6,5
Longitud del separador	**L**	ft	**188,1**	82

Tabla 9 – *Resultados evaluación del separdor API*
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, el separador API permite un flujo máximo de 2625 gpm, contra un flujo no controlado de 4517 gpm.

Entre tanto las dimensiones requeridas en el separador API para tratar 4517 gpm, son de 188,1 ft de longitud, 13 ft de ancho por canal y una profundidad de 7,7 ft. Esto refleja que el separador actual tiene capacidad para tratar el 58% del flujo máximo durante una temporada invernal.

10.2 CPI

La evaluación de los separadores de placas corrugadas se realizó mediante las ecuaciones planteadas en la referencia [12].

Field units

$$\text{Number of packs} = 0.077\frac{Q_w\mu}{(\Delta SG)(d_m)^2}.$$

Dónde:

Qw: flujo total de agua aceitosa, BPD

μ: viscosidad dinámica del agua @T op.

ΔSG: diferencia de gravedades específicas del agua y aceite

dm: diámetro de gota removido.

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

Los platos corrugados de los CPI´s, vienen en dimensiones estándar, con altura=3.25 ft (1 m), ancho=3.25 ft (1 m), longitud=5.75 ft (1.75 m), espesor=0.69 in y orientación=45°.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Variable		Unidad	Valor Caso estudio	Valor caso separación máxima (Sist. existente)	Valor caso máxim flujo (Sist. existente)
Flujo total	**Qw**	gpm	4517	4517	**165**
Temperatura del agua	**T**	°C	28,9	28,9	28,9
Delta SG			0,0695	0,0695	0,049
Viscosidad dinámica agua	**u**	cP	0,8164	0,8164	0,8164
SG del aceite	**So**		0,955	0,955	0,955
Diámetro de gota removido	**dg**	µ m	60	**315**	60
Número de CPI existentes			2	2	2
Número de packs por CPI			28	1	1
concentración a la salida		ppm	120	630	120

Tabla 10 – *Resultados evaluación CPI´s*
Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 10 y considerando el mismo número de CPI´s existentes, el número de packs requeridos que deberían usarse en el peor momento de flujo no controlado (si las dimensiones del pack fueran las típicas del Arnold) son de 28 por CPI.

Evaluando el desempeño de los CPI´s actuales bajo las consideraciones de máximo flujo no controlado, la concentración de hidrocarburos a la salida será de 630 ppm con un tamaño de gota de aceite de 315 µm.

Por otra parte, el flujo máximo que podría tratar los CPI´s existentes para lograr una concentración de hidrocarburos de 120 ppm con un diámetro de gota de 60 µm, es de 165 gpm.

10.3 Piscina de oxidación

La piscina de oxidación existente cuenta con las siguientes dimensiones en el fondo: 165 ft de ancho, 332 ft de largo. Las longitudes en la superficie son: 178 ft de ancho, 346 ft de largo. La máxima profundidad para la que fue diseñada es de 5 ft.

Pond	Application	Typical Loading (BOD_5)*	Typical Detention Time (d)	Typical Depth (m)	Comments
Anaerobic	Industrial wastewater	280-4500 kg / 1000 m^3/d	5-50	2.5-4.5	Subsequent treatment normally required.
Facultative	Raw municipal wastewater. Effluent from primary treatment, trickling filters, aerated ponds, or anaerobic ponds.	22-56 kg/ 1000m^2/d	7-50	0.9-2.4	Most commonly used wastewater treatment pond. May be aerobic through entire depth if lightly loaded.
Aerobic	Generally used to treat effluent from other processes. Produces effluent low in soluble BOD_5 and high in algal solids	112-225 kg/ 1000 m^2 /d	2-6	0.18-0.3	Maximizes algae production and, if algae are harvested, nutrient removal.

Figura 16 – *Tipos de lagunas*
Fuente: Referencia [13]

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

Conforme a la referencia [13], la piscina existente se clasifica como una piscina facultativa, y existen tres modelos aceptados:

I. Ecuación de Wehner-Wilhem: que se describen a continuación.

$$\frac{C_e}{C_0} = \frac{4\,a e^{1/(2D)}}{(1+a)^2 (e^{a/2D}) - (1-a)^2 (e^{-a/2D})}$$

where:

C_o = influent BOD concentration, mg/L
C_e = effluent BOD concentration, mg/L
e = base of natural logarithms, 2.7183
$a = (1 + 4ktD)^{0.5}$
k = 1st order reaction rate constant/d
t = HRT, d
D = dimensionless dispersion number
$D = H/vL = Ht/L^2$
H = axial dispersion coefficient, area per unit time
v = fluid velocity, length per unit time
L = length of travel path of a typical particle

II. Modelo plug Flow: que considera la relación de las DBO de entrada y salida de la siguiente manera.

$$\frac{C_e}{C_0} = \exp[-kpt] \qquad t = \ln\left(\frac{C_e}{C_o}\right)\frac{1}{Kp}$$

III. Modelo Complete Mix Model: que considera la relación de las DBO de entrada y salida como una función exponencial y del número de celdas en la piscina.

$$\frac{C_n}{C_o} = \left(\frac{1}{1+k_c t_n}\right)^n \qquad t = \frac{n}{k}\left[\left(\frac{C_o}{C_n}\right)^{\frac{1}{n}} - 1\right]$$

La ecuación anterior requiere de la DBO5 de entrada a la piscina, pero ante la no disponibilidad de está información, puesto que los monitoreos de aguas residuales realizados en la terminal Coveñas no contemplan ese punto (ver referencias [6 y 7]), se asume para efectos de cálculo que la DBO5 de entrada a la piscina es igual al de entrada al separador API.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Resultados				
Información de entrada				
Flujo de diseño	Q	4517		gpm
Temperatura del agua	T	28,9		°C
BOD5 Entrada	Co	812,4	promedio	mgO2/L
BOD5 Salida Requerido	Ce	60	Por resolución	mgO2/L
Constante de Reacción a 20°C	*kT*	0,15		/d

PREFIJO DEL PROYECTO	SISTEMA_AI_CV	DOCUMENTO OCENSA No.	37CV-PRU-4036	REV.	D

Resultados				
Viscosidad Cinemática Agua	v	0,8128		cSt
Modelo	Wehner-Wilhelm	Plug Flow	Complete Mix Model	Existente
Área superficial [m2]	100499	35210	390172	5721
Volumen [m3]	**246222**	**86265**	**955922**	**8233**
Tiempo residencia requerido o calculado [días]	10	3.5	38.8	**0.33**

Tabla 11 – *Resultados evaluación piscina de oxidación*
Fuente: Elaboración propia

Como puede apreciarse en la tabla anterior, los resultados obtenidos con los tres modelos descritos muestran que el volumen requerido para reducir la DBO5 de 812.4 mgO2/L hasta 60 mgO2/L es mayor al de la piscina existente en todos los casos, mostrando por ejemplo con el modelo Plug Flow un volumen de 86265 m3 contra 8233 m3 que tiene la piscina de la terminal.