



Instituto Superior Minero Metalúrgico
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Facultad de Metalurgia y Electromecánica
Departamento de Metalurgia y Materiales

Trabajo de Diploma
En Opción al Título de
Ingeniero en Metalurgia y Materiales

**PEREFECCIONAMIENTO DEL ESQUEMA
TECNOLOGICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA RESIDUAL DEL CENTRO INDUSTRIAL DE VIANA**

Moa, 2019



Instituto Superior Minero Metalúrgico
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Faculta de Metalurgia y Electromecánica
Departamento de Metalurgia y Materiales

Trabajo de Diploma
En Opción al Título de
Ingeniero en Metalurgia y Materiales

**PEREFECCIONAMIENTO DEL ESQUEMA
TECNOLOGICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA RESIDUAL DEL CENTRO INDUSTRIAL DE VIANA**

Diplomante: Nicolau. Bovonde de Carvalho Firma:_____

Tutor: Dr. C. Eulícer Fernández Maresma .Firma:_____

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo: Nicolau Bovonde de Carvalho autor del Trabajo de Diploma Perfeccionamiento del esquema tecnológico de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Centro Industrial de Viana declaro la propiedad intelectual al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez” para que disponga de su uso cuando considere conveniente.

Diplomante: Nicolau Bovonde de Carvalho

Tutora. Dr. C. Eulícer Fernández Maresma

Pensamientos

“Si no existe organización, después del primer impulso las ideas van perdiendo eficacia, van cayendo en el conformismo y acaban por ser simplemente un recuerdo”.



Ernesto Che Guevara

“El futuro de nuestra patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, tiene que ser un futuro de hombres de pensamiento, porque precisamente es lo que más estamos sembrando; lo que más estamos sembrando son oportunidades a la inteligencia.”



Fidel Castro Ruz

Dedicatoria

Con bastante aprecio a mis padres por su paciencia y esmero que supieron guiarme por el buen camino. Apoyándome en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis hermanos Eritche Simao Dianguini, José Eduardo Muinda, por el apoyo moral brindado en todo momento y así lograr mis metas y objetivo trazado.

A mis docentes de mi Facultad de Metalurgia y Electromecánica por sus enseñanzas y consejos acertados en mi formación profesional.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por darme la oportunidad de brindarme la vida, la sabiduría y las experiencias que he vivido, cada una de ellas ha sido gratificante para mí y por llevarme por el camino indicado mientras estoy en la lucha continúa de lo que tanto deseo para mi vida.

Agradezco a mi Familia y amigos por todo el apoyo incondicional que me han brindado durante todos estos años de vida en todas las actividades que me he propuesto realizar, por sus buenos consejos, comprensión y amor, siempre dándome en todo momento una palabra de aliento para no dejarme caer ante las adversidades que se han presentado en la lucha de los mismos.

Agradezco al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Dr. “Antonio Núñez Jiménez” por brindarnos siempre la disponibilidad de trabajar en las instalaciones de la misma, específicamente las practicas dentro de la fábrica Ernesto Ché Guevara, Combinado Mecánico, Acinox, Metuna, y en otras instalaciones aquí no mencionadas con el acompañamiento de los profesores guías para llevar a cabo cada una de las fases de nuestra formación y dándonos ese apoyo moral y técnico para que culmináramos con éxito esta importante etapa en nuestras vidas.

A mi tutor Dr. C. Eulícer Fernández Maresma porque a pesar de las circunstancias en todo momento me ha brindado fuerza y motivación para finalizar con éxito el trabajo.

Muchas gracias por todo.

RESUMEN

El presente trabajo analiza la posibilidad de tratamiento de los lodos que se obtienen en la Planta de Tratamiento de aguas Residuales del Centro Industrial de Viana (PTAR CIV), de dicha planta procesa unas aguas residuales con las composiciones referidas en la tabla 1 del trabajo. La planta procesa un volumen de 114 444 L/d de agua, con una composición de 50 mg/L de grasa, 20 mg/L de aceite, 5 mg/L de Zinc y Cromo, 15mg/L de Hierro, con el objetivo de reducir el impacto ambiental de dicha planta, se analiza, los métodos empleado y se propone un nuevo esquema, a través del cual se separan las grasas con un volumen de 4291,65 m³/d, el aceite con un volumen de 1373,32 m³/d, los sólidos sedimentables con un volumen de 2,288m³/d para la obtención del gas, los metales disueltos Zinc, Cromo y Hierro se precipitan en forma de hidróxidos obteniéndose Hidróxido de Zinc en una masa de 624,24 Kg/d, de Cromo 704,27 Kg/d y de Hierro 328,05 Kg/d, en este caso se aprovecha el pH de precipitación de los metales. Por lo que se concluye que el esquema propuesto garantiza el cumplimiento del objetivo propuesto, lográndose obtener productos comercializables a partir de los elementos contaminantes de las aguas residuales.

Palabras clave: PTAR CIV, Perfeccionamiento del esquema, Tratamiento de influentes

SUMMARY

The present work analyzes the possibility of treatment of the sludge obtained in the Wastewater Treatment Plant of the Viana Industrial Center (CIV PTAR), from said plant it processes wastewater with the compositions referred to in table 1 of the work. The plant processes a volume of 114 444 L / d of water, with a composition of 50 mg / L of fat, 20 mg / L of oil, 5 mg / L of Zinc and Chromium, 15 mg / L of Iron, with the objective of reducing the environmental impact of said plant, it is analyzed, the methods used and a new scheme is proposed, through which the fats are separated with a volume of 4291.65 m³ / d, the oil with a volume of 1373, 32 m³ / d, the settle able solids with a volume of 2,288 m³ / d to obtain the gas, the dissolved metals Zinc, Chromium and Iron are precipitated in the form of hydroxides obtaining Zinc Hydroxide in a mass of 624.24 Kg / d , of Chromium at 704.27 Kg / d and Iron of 328.05 Kg / d, in this case the precipitation pH of the metals is used. Therefore, it is concluded that the proposed scheme guarantees compliance with the proposed objective, obtaining marketable products from the pollutant elements of the wastewater.

Keywords: CIV PTAR, Improvement of the scheme, treatment of the influencers.

Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. Fundamentos teóricos sobre el trabajo de diploma.....	4
1.2. Características del proceso y dimensiones del sistema de tratamiento de la PTAR CIV. ...	6
1.2.1. Tanques de recepción	6
1.2.2. Tratamiento preliminar	6
1.2.3. Rejas finas mecanizadas.....	6
1.2.4. Cajas de arenas	7
1.3. Tratamiento intermedio.....	8
1.3.1. Reactores anaerobios de flujo ascendente – UASB	8
1.3.2. Quemadores de gas	9
1.3.3. Elevador de espuma primaria	10
1.3.4. Lodos estabilizados	10
1.4. Tratamiento secundario.....	10
1.4.1. Tratamiento biológico con reactores del tipo airados.....	11
1.4.2. Sedimentador secundario	12
1.4.3. Elevadores de retorno de lodo.....	12
1.4.4. Elevador de exceso de lodo.....	13
1.4.5. Elevador de espuma del sedimentador secundario.....	13
1.4.6. Tratamiento del lodo.....	13
CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍA PROPUESTA.....	15
2.1. Composición del nuevo diseño tecnológico.....	15
2.1.1. Funcionamiento del nuevo diseño tecnológico	15
2.1.2. Tipos de grasas	16
2.2. Método de separación de grasas y aceites del agua.	16
2.2.1. Aprovechamiento y disposición de las grasas y aceites para generación de biogás.	18
2.2.2. Ventajas y desventajas del biódigestor plástico.	18
2.2.3. Biogás como alternativa energética.....	19
2.2.4. Utilización del biogás como combustible.....	19
2.2.5. Aprovechamiento del biosólido en la agricultura	19
2.3. Método de separación de los sólidos sementables (arenas y lodos)	20

2.3.1 Unidades de acondicionamiento previo y pretratamiento.....	20
2.4. Método de extracción de los metales pesados disueltos en las aguas residuales.	22
2.4.1 Precipitación.....	22
2.4.2. Precipitación del Zinc	24
2.4.3. Precipitación del Cromo.....	24
2.4.4. Precipitación de Hierro (II)	24
2.4.5. Utilización de los hidróxidos	25
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	28
3.1. Introducción	28
3.2. Parámetros controlables y diseños.....	28
3.2.1. Denominación de los parámetros	28
3.2.2. El consumo total del agua	28
3.2.3. El volumen total de agua.....	29
3.2.4. Composición del agua vertido al medio ambiente por la PTAR CIV.....	30
3.2.5. Cálculo de la cantidad de grasas y aceites que se recuperan en el proceso.....	31
3.2.6. Cálculo de la precipitación de los metales disueltos en el agua residual	32
3.2.7. Ecuación para calcular las masas de los hidróxidos de Zinc, Cromo y de Hierro.	32
3.3. Valoración económica.....	33
3.4. Aspectos ambientales.	35
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA	38
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

Luanda es la ciudad capital de Angola, bien como el principal puerto y centro industrial del país, localizada en la costa noroeste de Angola, bañada por el Océano Atlántico. Las zonas comerciales e industriales están localizadas cerca del puerto de aguas profundas.

La red colectora de agua residuales del Centro Industrial de Viana (CIV), con cerca de 6,8 km, fue concebida de modo que le posibilitara la recepción de los efluentes industriales y domésticos en el mismo colector. Además de los efluentes industriales los sistemas tienen capacidades para recibir las aguas residuales localizadas en el centro de emprendimientos.

La red colectora será implantada en el primer cuadrante del CIV, representado por la primera Etapa del emprendimiento. Complementando el sistema de colectas y transporte de aguas residuales de la primera Etapa, está prevista la implantación de un colector principal, a través de una tubería de 700 mm de diámetro, con 1,8 km de extensión, entre el centro del emprendimiento hasta la recepción final, localizada en la entrada de la PTAR del CIV.

Este colector tronco tiene la capacidad para conducir los efluentes industriales y domésticos para toda las abregancias del emprendimiento, eso es 111 lotes y la industria instalada. Los criterios de calidad para el lanzamiento del fluente tratado fueron establecidos a partir de la resolución número 357, de 17 de marzo de 2005, del Consejo Nacional del Medio Ambiente CONAMA del Ministerio del Medio Ambiente – BRASIL.(**Proyecto, Sondotécnica 2012**)

Los problemas ambientales, económicos y sociales relacionados con la inadecuada gestión de residuos son antiguos y cada vez se incrementan en paralelo con la evolución de la ciencia y la tecnología, una excepción en los países desarrollados donde la participación comunitaria y el cumplimiento de la legislación ambiental son obligatorios.

El modelo de producción provocado por la Revolución Industrial basado en el uso intensivo de la energía fósil, en la sobre explotación de los recursos naturales, el uso del agua, el aire y el suelo para el depósito de residuos, constituye la causa principal de la degradación ambiental actual. Los residuos

son un fenómeno social y uno de los grandes problemas de las sociedades contemporáneas, con largo espectro psicosocial, económico, tecnológico, político, jurídico y ambiental (**Editado por Centro de Información y Gestión Tecnológica de Holguín. <http://www.cigetholguin.cu>**).

En este trabajo un primer objetivo ha consistido en la evaluación de la generación, tipo de tratamiento y modo de gestión de las materias orgánicas e inorgánicas producidos en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del CIV de las Provincias de Luanda, Angola.

Los efluentes producidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales, deben ser aprovechados para que no sean un problema para la población y el medioambiente. Se debe evaluar su aprovechamiento en plantas de tamaño mediano, tanto en la agricultura como en la generación de energía, entre otros posibles aprovechamientos. (**Juan Gualberto Limón Macías2013**).

Problema de investigación

Necesidad de perfeccionar los trabajos de tratamiento de los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales “CIV Provincia de Luanda, Angola” proponer una tecnología para el aprovechamiento de algunos de los contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales del CIV.

Objeto de investigación

Tratamiento de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales del CIV.

Campo de investigación

Tratamiento de aguas residuales.

Objetivo general:

Proponer un esquema tecnológico de remoción y tratamiento de los efluentes de la plantas de tratamiento de aguas residuales “CIV, Provincia de Luanda, Angola”. Para disminuir las contaminaciones ambiental.

Hipótesis

Si se conocen la composición, las características y métodos de tratamiento de las materias contaminantes provenientes de la planta de tratamiento de agua residuales del CIV, se realiza una evaluación de las labores de tratamiento que se efectúan actualmente en la planta, es posible perfeccionar los trabajos de tratamiento de los contaminantes en la PTAR de “CIV Provincia de Luanda, Angola” para disminuir la cantidad de estas materias contaminantes.

Objetivo específico:

Realizar una caracterización ingeniero-metalúrgico de la planta de tratamiento de aguas residuales del “CIV Provincia de Luanda, Angola”.

Realizar una propuesta para el perfeccionamiento de las labores de tratamiento de aguas residuales con la reducción de los contaminantes que se vierten al medio ambiente.

Realizar una valoración económica del esquema tecnológico propuesto a partir de los resultados obtenidos.

Método de investigación

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron métodos teóricos.

Métodos teóricos: análisis y síntesis

Análisis y Síntesis: el método permitió analizar las variables que intervienen en el proceso de tratamiento de efluentes en la planta de tratamiento de aguas residuales CIV.

CAPITULO 1

MARCO TEORICO

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1. Fundamentos teóricos sobre el trabajo de diploma.

El tratamiento de aguas residuales industriales y urbanas o domésticas se realiza mediante procesos físicos, químicos y biológicos con el fin de eliminar sustancias y/o elementos contaminantes y perjudiciales contenidas en dichas aguas, estas, posterior al tratamiento son vertidas a cuerpos de agua o utilizada en procesos agrícolas, los principales constituyentes del agua residual, eliminados en las plantas de tratamiento incluyen residuos sólidos como arena y lodo. El lodo extraído y producido en las operaciones y procesos de tratamiento de las aguas residuales generalmente suele ser un semisólido con gran contenido en sólidos entre el 0,25 y el 12% en peso, tomado del artículo “Lodo residuales: estabilización y manejo” (**Oropesa, 2006**).

Sin embargo, María Elena Pérez Zuñiga, Cuenca – Ecuador 2016, en su trabajo de Ingeniería Ambiental “Lodos residuales: Procesos electroquímicos para la disminución de metales pesados” referencia que estos residuos son de gran importancia, ya que constituye un potencial de materia orgánica y energía, sin embargo al no tener un manejo adecuado, se convierte en un problema, debido a su alto contenido de patógenos y metales pesados, por lo que se requiere un proceso de estabilización (**Galvis & Rivera, 2013**).

José María Castillo, Bogotá en su trabajo de maestría “Lodo residuales: Plan de gestión de lodos” referencia para cumplir los límites planteados por la PTAR, el contenido en materia orgánica y patógena se debe reducir considerablemente, mediante procesos de tratamiento antes de su aplicación al suelo. (**Maya et al, Bogotá, 2013**).

Las aguas residuales que recibe una depuradora convencional pueden tener procedencia urbana o industrial. En función de su origen, la planta estará diseñada de una forma u otra, pero en general, el funcionamiento de una de ellas tiene las siguientes fases:

- Preliminar
- Intermediaria
- Secundaria

Tabla 1. Composición del agua contaminada procesada en la PTAR CIV.

Fuente: proyecto sondotécnica 2012

Concentraciones	Contenidos	Unidades
Concentración de DBO de alcantarillado bruto	500	mg/L
Concentración de SST del alcantarillado bruto	500	mg/L
Relación SS/SST	75	%
Concentración NTK en el alcantarillado bruto	50	mg/L
Concentración de fósforo en el alcantarillado bruto	10	mg/L
Remoción de DBO no UASB	80	%
Remoción de SST en el UASB	80	%
Relación lodos excedente del UASB / DBO aplicada	0,28	-
Reducción SSV del lodo biológico excedente en el UASB	20	%
Remoción global de DBO inclusive con tratamiento secundario	90	%
Lodos excesivo del filtro biológico aerado (kgSST/kg DBO aplicado)	0,95	-
Contenido de dolidos en el lodo oriundo de la decantación secundaria	1	%
Contenido de solido en el lodo descartado del UASB	3,5	%

La tabla 1 representa las composiciones del agua contaminada procesada en la planta de tratamiento de aguas residuales CIV.

1.2. Características del proceso y dimensiones del sistema de tratamiento de la PTAR CIV.

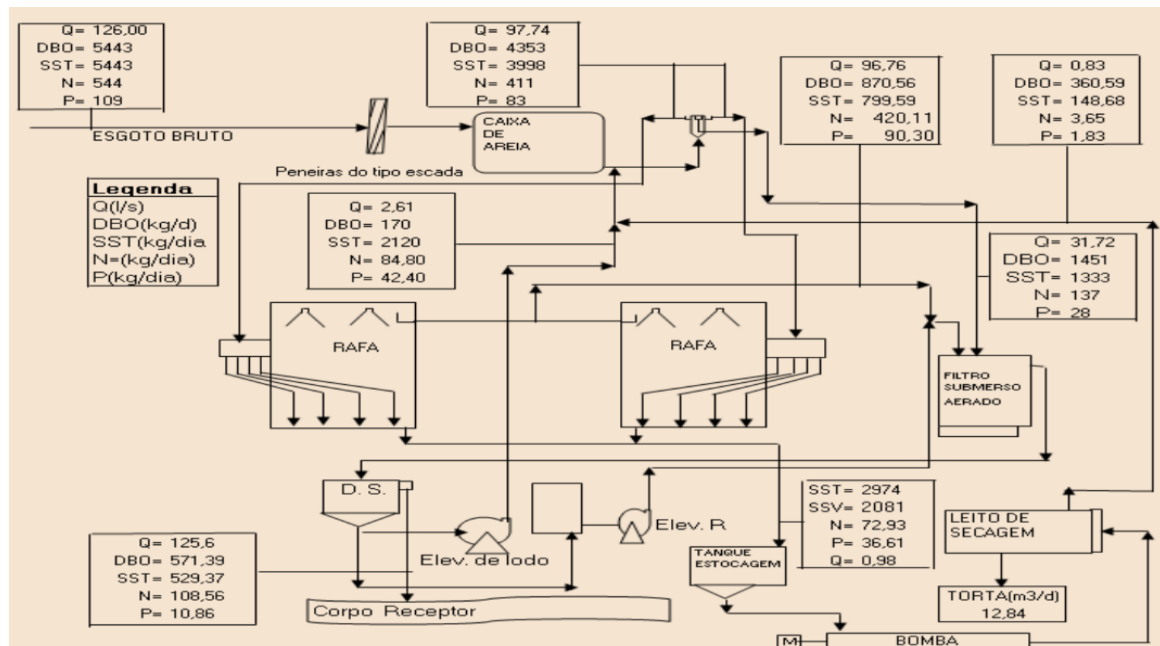


Figura 1.Esquema tecnológico de la planta de tratamiento de agua residual del CIV. Fuente: proyecto sondotécnica 2012

Como se puede observar en la figura 1 se muestra el esquema general de la PTAR del CIV, donde se observa el balance de masa de dicha planta.

1.2.1. Tanques de recepción

Los tanques de recepción tienen la función de la homogeneización de las aguas que se alimentan al tratamiento, que están conformadas por las contribuciones de las diversas unidades industriales localizadas en la CIV. Los tanques de recepción tienen la capacidad para proporcionar un tiempo de detención de 19horas, en relación a descarga media a los efluentes de la planta.

1.2.2. Tratamiento preliminar

1.2.3. Rejas finas mecanizadas

Las rejas finas tienen la función de remover de las aguas entrantes los materiales flotantes o dispersos que podrían causar obstrucción en las unidades del proceso, en particular en el reactor anaerobio y en las líneas

de distribuciones del flujo. Por lo tanto, se aplican tamices finos mecanizados del tipo de barra de placas paralelas, con una distancia entre barras de 3,0 mm.

Los canales donde se encuentran instalados los tamices disponen de compuertas de entrada y de salida, del tipo deslizantes, de accionamiento manual, que permiten los bloqueos del flujo para la retirada de operación de cualquier de los tamices.

Los materiales rejados, retirado de los tamices por el dispositivo de limpieza, es descargado en una banda transportadora que conduce para los cubos estacionarios.

1.2.4. Cajas de arenas

La finalidad del desarenamiento es de retirar el material granulado arenoso de las aguas residuales como medida complementaria a las rejillas finas anteriores.

Para el desarenamiento son utilizadas cajas cuadradas (4,0m X 4,0m) con raspadores de fondo mecanizados, de flujo horizontal y el lavador de arena de tipo tornillo, en la entrada de cada caja de arena hay un registro para paradas de emergencia.

Cada unidad de desarenamiento está constituida por las siguientes partes principales:

- Cajas de arena con flujo en el canal de forma cuadrada;
- Sistema de remoción de arena, compuesto de raspador de fondo y lavador de arena de tipo tornillo.

Las cajas de arenas son alimentadas por un canal común que recibe las aguas residuales provenientes de la rejilla fina y que, por la fuerza de la forma geométrica, proporciona la distribución equitativa a la salida, entre las unidades. El vaciado de cada caja, cuando sea necesario, será hecho con el uso de bomba sumergibles portátiles.

Los efluentes desarenados, por intermedio del canal efluente común de las dos cajas de arena, es enviado a una caja de distribución, donde la salida del flujo

se realiza por descarga libre, por vertederos proporcionalmente segmentados de modo que permitan que el 25 % de la salida de aguas residuales desarenadas sea igualmente distribuido entre las cámaras anóxicas integrantes del tratamiento biológico.

De la misma forma, la salida restante 75 % es igualmente distribuida, por intermedio también de esta caja de distribución, entre las unidades del tratamiento intermedio de tipo anaerobio de flujo ascendente con el manto de lodo (UASB).

La alimentación de cada reactor anaerobio, así como de cada cámara anóxica, puede ser interrumpida mediante el cierre de una de las compuertas de salida (tipo registro de parada), localizada en la descarga de cada vertedero. La compuerta de salida para la derivación se encuentra instalada en la cavidad de entrada, y la salida desviada será conducida hasta la estructura de descarga final, a través de un sistema de tuberías por gravedad.

En esta caja de distribución es introducido también el retorno de exceso de lodo al ser estabilizado en los reactores UASB.

1.3. Tratamiento intermedio

Los tratamientos intermedios que reciben 75 % de la salida de las aguas residuales bruto desarenado y realizado por el reactor anaerobio de flujo ascendente con el manto de lodo, divulgado internacionalmente por las sigla UASB (Reactor de manta de lodo anaeróbico de flujo ascendente), constituido por las siguientes unidades:

- Reactores anaerobios de flujo ascendente;
- Quemadores de gas;
- Elevador de espumas secundarias;
- Elevador de lodos

1.3.1. Reactores anaerobios de flujo ascendente – UASB

Cada módulo es constituido por dos reactores con las siguientes dimensiones principales:

- Ancho: 14,80 m

- Largo: 6,30 m
- Alto: 5,00 m
- Altura total: 5,70 m



Figura 2. Representación de las cajas de distribución de las aguas residuales desarenadas de la PTAR CIV. Fuente: proyecto sondotécnica 2012.

Los efluentes provenientes de las cajas de distribución de las aguas residuales desarenadas, por intermedio de tuberías de 300 mm de diámetro, llega por la parte superior del UASB y es lanzada en las cajas de distribución, de donde parten los tubos que bajan y se extienden hasta un punto próximo al nivel del fondo del tanque y promueven la distribución uniforme de salida a lo largo de toda el área del fondo del reactor, la tolva vertedoras localizadas en la parte superior de las cámaras de sedimentación de los reactores UASB, situadas por debajo del nivel de la superficie líquida, colectan el efluente del UASB para ser conducidas a los reactores del tipo MBBR híbrido.

1.3.2. Quemadores de gas

El gas producido en los reactores es colectado y enviado a dos quemadores tipo flear con capacidad unitaria de 100 Nm³/h, localizados en el área cercada próxima al reactor UASB.

La medición de la salida del gas producido en la digestión es realizada en la tubería de salida del gas de cada reactor.

1.3.3. Elevador de espuma primaria

Las espumas recogidas en los reactores y drenadas por gravedad son recogidas en canaletas enterradas que descargan en los elevadores primarios de espuma. Cada elevador es constituido por dos bombas de cavidad progresivas, de eje vertical, de velocidad constante, estando una en operación y una de reserva. En el pozo de succión estará instalado un mezclador sumergible para la homogenización de la espuma antes del bombeo.

Las espumas serán conducidas por una tubería de hierro fundido de 150 mm de diámetro hasta los lechos de secado. En estas líneas están previstos dispositivos que facilitan la limpieza mecánica de la tubería.

1.3.4. Lodos estabilizados

Los lodos estabilizados por el tratamiento (lodos generados en el reactor anaerobio y lodos excedentes del tratamiento aerobio), son estabilizados y retirados del UASB, con una concentración de 3,5%, y enviado por bombeo a las camas de secado.

1.4. Tratamiento secundario

La salida del tratamiento secundario es compuesta por dos parcelas:

- 25% de las salidas de las aguas residuales brutas son desviadas directamente para las cámaras anóxicas para proporcionar el necesario aporte de DBO fácilmente biodegradable para que el proceso de desnitrificación se desarrolle bajo condiciones adecuadas.
- El restante 75% de salida es enviado al tratamiento anaerobio.

Esto significa que el tratamiento secundario recibe un flujo de magnitud igual al entrante al tratamiento (flujo medio de 126 L/s, en el final del plano).

El tratamiento secundario es compuesto por las etapas principales siguientes:

- Tratamiento biológico con reactores aeróbicos para la remoción de materiales que contienen carbono y nitrógeno amoniacal y cámara anóxicas para la desnitrificación;

- Sedimentadores secundarios;
- Elevadores de exceso de lodo;
- Elevadores de espumas secundarias.

1.4.1. Tratamiento biológico con reactores del tipo airados

La figura 3 muestra el tratamiento biológico del tipo FBAS – Filtro airado sumergido (MBBR híbrido) o tanque de aeración, se presentan como un reactor donde la biomasa del lodo activado ocupa el espacio libre llenado por medio de soporte del biopelículas. El medio soporte es constituido de pequeños anillos de plásticos, menos densos que el agua, estos se mantienen en movimiento y se quedan disperso en el interior de reactor.



Figura 3. Representación de la zona de tratamiento biológico con reactor.

Fuente: proyecto sondotécnica 2012

Por intermedio de la recirculación y salida de los sólidos retirados de los sedimentadores secundarios, la biomasa dispersa de lodo activado es controlada para que los microorganismos activos en el interior del reactor sean mantenidos en concentración adecuada, a modo de permitir que se logre la eficiencia del proyecto, en relación a la remoción de materia carbonácias.

El mantenimiento de los microorganismos activos en el interior de los sistemas es un factor importante para el proceso de desnitrificación que forma parte integrante del conjunto del tratamiento biológico de PTAR CIV. La desnitrificaciónes realizada en la cámara anóxicas donde lleganlasaguas residuales brutas y el lodo de retorno proveniente de la sedimentación secundaria.

El lodo ascendente es descartado del proceso biológico, por intermedio del sedimentador secundario, para ser enviado en el RAFA para ser digerido.

1.4.2. Sedimentador secundario

Los sedimentadores secundarios presentan una forma cilíndrica. El afluente entra por el centro del tanque y el efluente es colectado por una tolva localizada internamente en el tanque, que se extiende en todo su perímetro, como se muestra en la figura 4. Esta tolva está equipada, en toda su extensión, con una placa defleitora de espuma y un vertedero constituido de placa con aberturas triangulares.



Figura 4. Representación del sedimentador secundario de la PTAR CIV.
Fuente: proyecto sondotécnica 2012

Este sedimentador está equipado con un raspador de lodo mecánico de accionamiento central, que conduce el lodo sedimentado hasta un cono localizado cerca del centro del fondo del tanque.

El lodo secundario depositado en el fondo de cada sedimentador es removido directamente por bombas elevadoras de recirculación (retorno de lodo)

1.4.3. Elevadores de retorno de lodo

El lodo es sedimentado y retirado del fondo de los sedimentadores secundario para ser recirculado al tanque de aeración FBAS, el lodo que se recircula de cada módulo es descargado en la respectiva cámara anóxica.

Las bombas de retornos de lodos del tipo centrifugas de velocidades variables tiene capacidad para retornar hasta el 100% de la salida media del efluente del tratamiento.

- Tipo de bomba: centrifuga
- Velocidad: variable
- Numero de bomba: 1 + 1
- Capacidad L/s, cada una: 42

1.4.4. Elevador de exceso de lodo

El lodo en exceso es reenviado para los reactores UASB. Las bombas de exceso de lodo son centrifugas de eje horizontal, con accionamiento de velocidad variable.

- Tipo de bomba: centrifuga
- Velocidad: variable
- Numero de bomba: 1 + 1
- Capacidad L/s, cada una: 5

1.4.5. Elevador de espuma del sedimentador secundario

Las espumas recogidas en la superficie de los sedimentadores secundarios es enviada en los lecho de secado por intermedio de bombas de cavidad progresiva, de eje vertical, de velocidad constante.

- Tipo de bomba: centrifuga
- Velocidad: variable
- Numero de bomba: 1 + 1
- Capacidad L/s, cada una: 1

1.4.6. Tratamiento del lodo

El lodo digerido y las espumas de UASB y del sedimentador son lanzados en los lecho de secado para la deshidratación como se muestra en la figura 5:

- Ciclo de secado (días): 20
- Número de células (1ª Etapa): 20
- Ancho de las células (m): 5
- Largo de células (m): 18

- Altura de la cámara líquida del lodo (m): 0,35
- Volumen diario de torta, con 20% de SST, (m³/d): 12,84



Figura 5. Representación de la zona de lecho de secado y deshidratación del lodo de la PTAR CIV. Fuente: proyecto sondotécnica 2012

Las características del proceso y dimensiones del sistema de tratamiento de la PTAR CIV, cumplen con todos los requisitos necesario que garantiza un buen resultado en el proceso de tratamiento de las aguas residuales, pero se limita en solucionar los problemas que afectaría el medio ambiente como el tratamiento de los contaminantes provenientes del agua residual sólidos sedimentables que son lodos y arenas y no sedimentable que son grasas y aceites un aspecto a perfeccionar en el tratamiento de estas aguas residuales consiste en el aprovechamiento de estos sólidos sedimentables y la recuperación de los metales disueltos, aspecto este que hace más eficiente ecológicamente y económicamente este proceso.

Con el propósito de alcanzar una mejora en la eficiencia y efectividad del tratamiento de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Centro Industrial de Viana, nos hemos propuesto diseñar un esquema de tratamiento de las aguas residuales que permita el aprovechamiento de algunos de los componentes contaminantes de dichas aguas, así como la generación de biogás como fuente energética y fertilizante como subproducto de esta generación.

CAPITULO 2

TECNOLOGÍA PROPUESTA

CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍA PROPUESTA

2.1. Composición del nuevo diseño tecnológico

La nueva tecnología está compuesta por una trampa de grasas y aceites, estos elementos son enviados a un biodigestor, a continuación las aguas pasan por tres sedimentadores para la precipitación de los metales disueltos aprovechando los diferentes pH de precipitación de cada uno de los metales.

La tabla 2 indica las composiciones del agua vertida en el medio ambiente por la planta de tratamiento de aguas residuales CIV.

Tabla 2. Composiciones del agua residual vertida al medio por la PTAR, CIV.

Parámetros	Contenidos
pH	6,0 a 9,0
Temperatura	40 °C
Materiales sedimentables	20 mL/L
Grasas (%SS)	50 mg/L
Aceite (%SS)	20 mg/L
Zinc y Cromo	5,0 mg/L
Hierro disuelto, Fe^{2+}	15,0 mg/L

2.1.1. Funcionamiento del nuevo diseño tecnológico

Como se ha abordado en el punto anterior la nueva tecnología se diseñó con el propósito de solucionar los problemas que pueden afectar el medio ambiente debido las materias desechadas en el proceso de tratamiento de agua residual que presenta la tecnología instalada. Los métodos utilizados en la nueva tecnología o en la tecnología propuesta son de carácter económico, ecológico y convencional, la misma se muestra en la figura 6.

Descripción del esquema tecnológico propuesto.

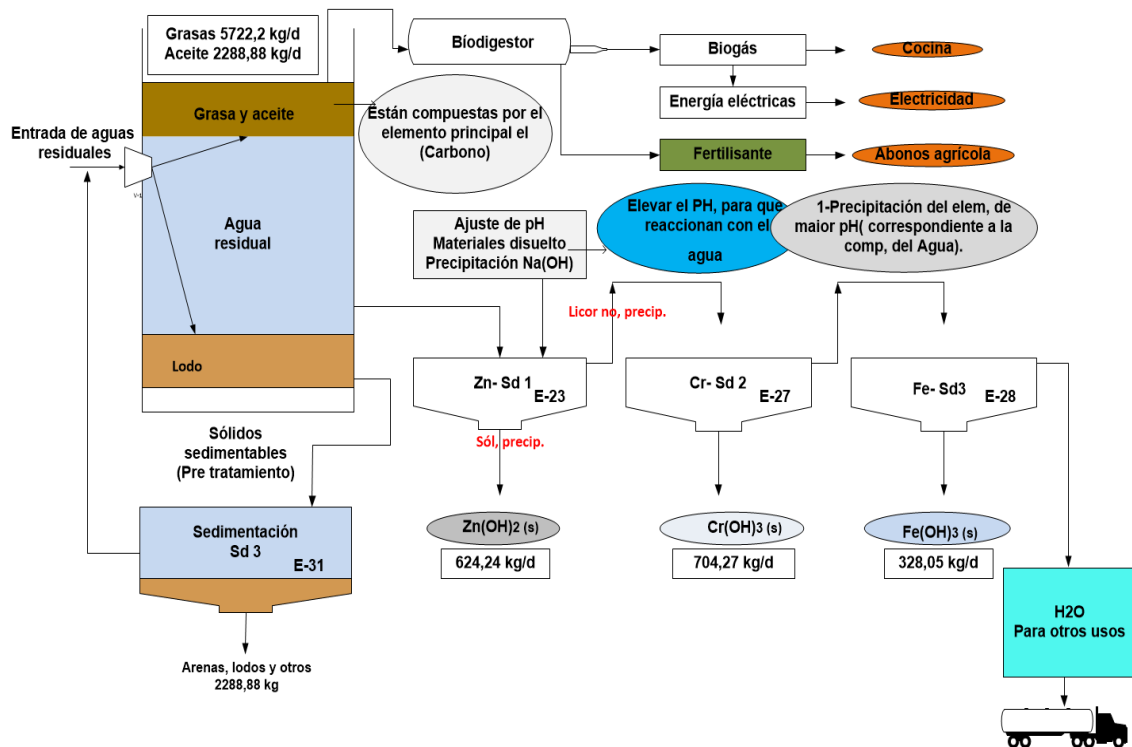


Figura 6.Esquema tecnológico propuesto. Fuente: el autor del trabajo de diploma 2019 dibujado en Microsoft vicio.

En las aguas del CIV están presentes varias materias orgánicas e inorgánicas como grasa, aceites, materiales sedimentables y metales disueltos en las aguas residuales.

2.1.2. Tipos de grasas

Grasas animales y vegetales. La composición de las grasas animales y aceites es de alcohol o glicerol y ácidos grasos. La forma que llega a las aguas residuales es como mantequilla, manteca, margarina, aceites y grasas vegetal. Las partículas de estos compuestos interfieren en el normal desarrollo de la vida biológica creando películas y acumulaciones de materia flotante desagradables (Juan Hipólito 2013).

2.2. Método de separación de grasas y aceites del agua.

(Biosoluciones 2017) Las trampas de grasas son pretratamientos de aguas residuales generalmente utilizados en establecimientos donde la producción de

grasa es bastante alta tales como hoteles, servicios de catering, restaurantes, hospitales.

Muchas de las empresas que cuentan con trampas de grasas desean eliminar los niveles de DBO_5 y DQO mediante las trampas de grasa. “En aguas residuales domésticas, el contenido de grasas y aceites puede ser del orden de 30 a 50 mg/L y constituir alrededor del 20% de la DBO_5 en aguas residuales con residuos industriales la concentración es generalmente mucho mayor”. Es decir, que alrededor del 80% de la DBO_5 , la misma que no está ligada al contenido de aceites y grasas, queda intacta. El resto de los contaminantes pasarán directamente al sistema de alcantarillado o cuerpo de agua sin ningún tipo de tratamiento (**Biosoluciones 2017**).

La estructura de una trampa de grasa como se muestra en la figura 7.

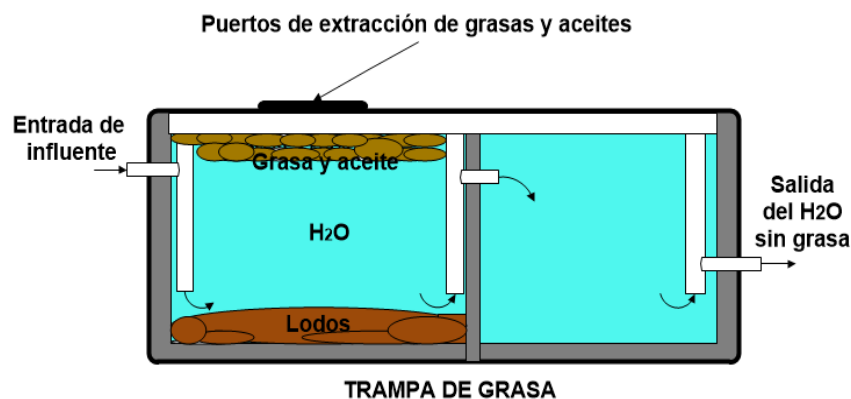


Figura 7. Estructura de la trampa de grasa. Fuente: el autor del trabajo de diploma dibujado en Microsoft vicio.

La estructura general de una trampa de grasa comprende 3 cámaras. La cámara de entrada, la cámara de salida y estructuras de separación en medio de estas dos, creando una tercera cámara intermedia en la que la grasa y aceites quedan retenidos.

El objetivo de una trampa de grasa es separar las grasas y los sólidos suspendidos del agua clarificada. El agua entra en la primera cámara, todo el material flotante como las grasas, ascienden en el segundo compartimento de la cámara, ya que son menos densas que el agua, mientras que el material más pesado se asienta como lodo, arenas en el fondo de la trampa de grasa.

Por último en el tercer compartimento de la cámara, el agua clarificada sin grasa sale como efluente (**Isa 2015**).

2.2.1. Aprovechamiento y disposición de las grasas y aceites para generación de biogás.

Las grasas y aceites, son sometidos a un biodigestor que es un recipiente cerrado sin oxígeno en el cual se fermentan las excretas y otros residuos orgánicos por la acción de un grupo de microorganismo, de tamaño tan pequeño que no los vemos a simples vistas, llamados bacterias. Los productos de este proceso son el biogás y el bioabono (**Víctor Hugo 2012**).

Biogás: el biogás es el resultado del proceso que sufre las excretas en el biodigestor. Este biogás está compuesto a su vez por varios tipos de gases, los cuales se conocen con los nombres de: metano, gas carbónico, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno, ácido sulfhídrico. El metano es el principal para la generación de energía.

2.2.2. Ventajas y desventajas del biódigestor plástico.

Ventajas

- Disminuyen los olores de las excretas
- Bajo costo
- Poco espacio
- Facilidad de instalación, manejo y mantenimiento
- Se reducen problemas de contaminación ambiental
- Producción de abono orgánico (bioabono)
- Producción de gas metano
- No requiere energía para funcionar

Desventajas

- Baja presión del gas
- La posibilidad de daños en el plástico

El biogás es un gas que se diferencia del gas propano que compramos en balón de gas, porque es de baja presión y menos riesgoso. Los identificamos fácilmente por su olor.

2.2.3. Biogás como alternativa energética

Este biogás es una buena alternativa energética, ya a diferencia del petróleo, el biogás se puede renovar mientras el petróleo y sus derivados son fuente de energía que se van agotar. También es una alternativa para disminuir el consumo de leñas y la tala de los bosques, a la vez que ahorramos dinero en el pago de los servicios públicos de energía.

Una forma de aprovechar los lodos producidos en una planta de tratamiento es por medio del biogás que se obtiene como subproducto en la digestión anaerobia de los lodos. La digestión anaerobia es un proceso de estabilización, en el cual se lleva a cabo la destrucción de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno.

En plantas de tratamiento de gran tamaño, se pueden obtener grandes beneficios derivados del aprovechamiento del biogás. Su uso como fuente de energía no es un concepto nuevo en la industria, y está ganando importancia debido a cambios en la economía por el incremento en el costo de la energía eléctrica. El biogás generado puede producir entre 50 y 100% de la energía requerida en un tratamiento biológico convencional.

La combustión del biogás no produce productos contaminantes, razón por la cual es llamado combustible ecológico.

2.2.4. Utilización del biogás como combustible

El biogás se utiliza al igual que otros gases como combustibles, es decir, que se puede utilizar en las estufas, neveras, lámpara de iluminación, calentadores y con otros aparatos que funcionen con gas. En las fincas es de utilidad para calentar el aire en las secadoras de cosecha, o para los criadores de pollos o cerdos, e incluso para adaptarse a motores.

2.2.5. Aprovechamiento del biosólido en la agricultura

Un ejemplo beneficioso de los diversos usos de los biosólidos es la incorporación al terreno para abastecerlo de nutrientes y para renovar la materia orgánica del terreno. Los biosólidos se pueden utilizar en terrenos

agrícolas, bosques, campos de pastoreo, o en terrenos alterados que necesitan recuperación.

El reciclaje de los biosólidos a través de la aplicación al terreno tiene varios propósitos. Éstos mejoran las características del suelo, tales como la textura y la capacidad de absorción del agua, las cuales brindan condiciones más favorables para el crecimiento de las raíces e incrementan la tolerancia de la vegetación a la sequía.

También provee nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal, incluyendo el nitrógeno y el fósforo, así como algunos micronutrientes esenciales, tales como el níquel, el zinc y el cobre. Los biosólidos pueden servir también como una alternativa o sustituto al menos parcial de los costosos fertilizantes químicos.

Una de las propiedades más importantes de los biosólidos que incide en la fertilidad de los suelos es el sinergismo, el cual se manifiesta al aplicarse junto con los fertilizantes. Sinergismo es la acción combinada de varias sustancias químicas las cuales producen un efecto total más grande que el efecto de cada sustancia por separado. Esta propiedad da por resultado la reducción entre el 15 y el 50% de fertilizante aplicado y se obtiene la misma producción que aplicando sólo fertilizante, (**Crespo, González, Miramontes, & Nuño, 2007**).

Otra desventaja de la aplicación al terreno es la posible oposición pública, la cual se desarrolla principalmente cuando el sitio de uso se ubica cerca de las áreas residenciales. Sin embargo, muchos programas exitosos han ganado el apoyo público a través de una comunicación efectiva.

2.3. Método de separación de los sólidos sementables (arenas y lodos)

2.3.1 Unidades de acondicionamiento previo y pretratamiento

a) Desarenador: componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.

El desarenador tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de

conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm (**Lima, 2005**).

Desarenación es el método más efectivo de eliminar arenas de lodos la finalidad de desarenación es de retirar el material granulado arenoso de las aguas residuales como medida complementaria a las rejillas previas (**José Hierro Guilmain**).

Para la desarenación son utilizadas cajas cuadradas con raspador de fondo mecanizado, de flujo horizontal y el lavador de arena de tipo tornillo en la entrada de cada caja de arena hay un registro de parada de emergencia.

Cada unidad de desarenación está constituida por las siguientes partes principales:

- Cajas de arena con flujo en el canal de forma cuadrado;
- Sistema de remoción de arena, compuesto de raspadores de fondo y lavador de arena de tipo tornillo.

Las cajas de arenas son alimentadas por un canal común que recibe las aguas residuales provenientes de las rejillas finas y que, por la fuerza de la forma geométrica, proporciona la distribución equitativa de la salida, entre las unidades.

b) Sedimentador: es un dispositivo usado para separar, por gravedad, las partículas en suspensión en una masa de agua.

El sedimentador similar equipo al desarenador, pero correspondiente a la remoción de partículas inferiores a 0,2 mm y superiores a 0,05 mm. La sedimentación es un fenómeno por medio del cual, las partículas sólidas suspendidas contenidas en la muestra líquida se asientan debido a la fuerza de la gravedad (**Lima, 2005**).

Sedimentación: Proceso de depósito y asentamiento por gravedad de la materia en suspensión en el agua.

Digestor de lodos

La digestión anaerobia es un proceso de tratamiento de lodos que tiene por objeto la estabilización, reducción del volumen e inactivación de organismos patógenos de los lodos. El lodo ya estabilizado puede ser procesado sin problemas de malos olores (**Juan Hipólito Arocutipa Lorenzo 2013**)

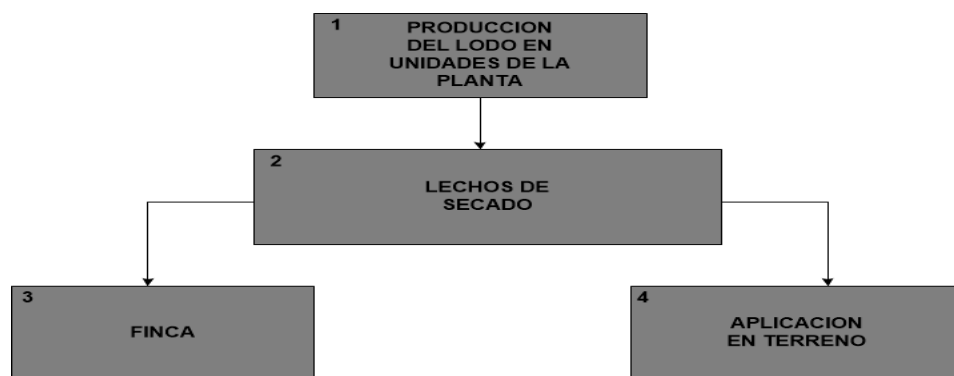


Figura 8. Manejo del lodo. Fuente: el autor del trabajo de diploma dibujado en Microsoft vicio.

En los lechos de secado el lodo permanece hasta que se encuentra con las características presentes en anexo 6, de allí es recogido para sus fines en la agricultura, relleno y otros (**José María Castillo 2013**).

2.4. Método de extracción de los metales pesados disueltos en las aguas residuales.

Para eliminar los metales pesados de las aguas, principalmente se emplean métodos físico-químicos, estos son los que producen cambios en la calidad del agua mediante aplicación de fuerzas físicas o reacciones químicas (**Ferrer et al., 2005**).

2.4.1 Precipitación

Es la tecnología elegida para eliminar los metales pesados del agua residual. Se conoce como precipitación al proceso en el que se produce un sólido (precipitado) en una disolución, por efecto de una reacción química. Ésta sucede mediante la adición de reactivos en el que los compuestos solubles se transforman en formas insolubles o de una menor solubilidad. Los sólidos

formados pueden ser retirados mediante filtración, decantación o por centrifugado, (**Belén Thamara Rojas Trejo 2017**).

En las aguas residuales de la CIV están presentes diversos tipos de metales o elementos que son totalmente contaminantes. Estos contaminantes pueden ser removidos fácilmente con una técnica de separación.

La figura 9 representa el punto de salubridades de los hidróxidos metálicos en agua en función de las concentraciones de metal y el pH.

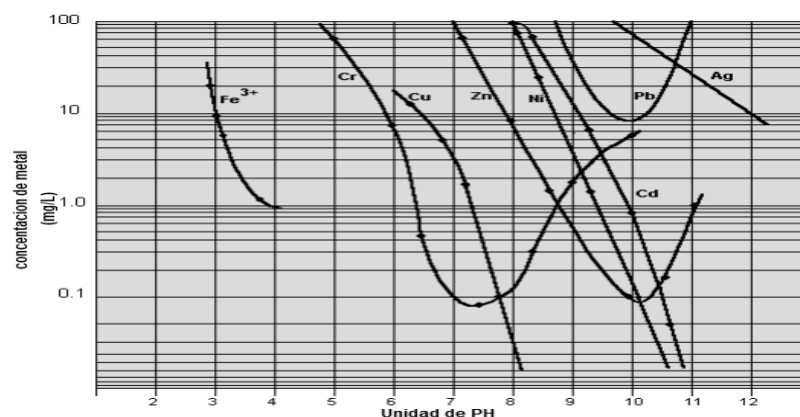


Figura9. Salubridades de hidróxidos metálicos en agua en función de pH.

Fuente: Daniel Esteban Pinilla Arbeláez 2014

Los metales objeto de estudios presentes en las aguas residuales CIV son:

- Zinc y Cromo
- Hierro disuelto, Fe²⁺

Las agua rica en metales, se encuentran en su forma más reducida debido a la ausencia de oxígeno. En estos estados los metales Zinc, Cromo, Hierro están disueltos en el agua, pero al ser expuestos al aire, se oxidan cambiando a una forma insoluble, ocasionando que el agua pase de ser cristalina a mostrar turbidez y eventualmente aparece un precipitado (**Fernando Morales 2014**).

2.4.2. Precipitación del Zinc

El cinc elemental no reacciona con las moléculas de agua. El catión de cinc forma una capa protectora e insoluble de hidróxido de cinc (Zn(OH)_2), según la reacción:



Las sales de cinc causan turbidez cuando están presentes en grandes cantidades en el agua. Adicionalmente, el cinc añade al agua un sabor desagradable. Esto sucede a partir de concentraciones de 2 mg Zn^{2+} / L.

La solubilidad del cinc depende de la temperatura y del pH del agua en cuestión. Cuando el pH es casi neutro, el cinc es insoluble en el agua. La solubilidad del cinc en el agua aumenta con la acidez. Por encima del pH 11, la solubilidad también aumenta (**Sobre Lenntech-mail: info@lenntech.com**)

2.4.3. Precipitación del Cromo

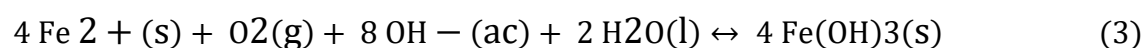
El cromo Cr^{+3} es anfótero, lo que significa que es soluble tanto en soluciones ácidas como básicas. Alcanza la solubilidad teórica mínima de 0,08 mg/L a pH 7,5. A valores de pH menores de que 6 y mayores de que 8, el cromo Cr^{+3} es muy soluble formando iones simples como Cr^{+3} o iones complejos como Cr(OH)_4^{-} .

El proceso de recuperación de cromo es realizado con hidróxido de sodio como agente precipitante. La reacción química entre el Cr^{+3} del agua residual y de los iones hidroxilo aportados por la sosa cáustica es la siguiente:



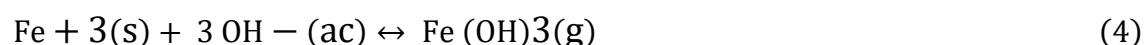
El pH inicial de 9 en el agua residual, proporciona exceso de iones hidroxilo, OH^{-} , que reaccionan con los iones Cr^{+3} produciendo el precipitado de hidróxido de cromo (**Emsley, J. 2001**).

2.4.4. Precipitación de Hierro (II)



El hidróxido férrico ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) al encontrarse a bajas concentraciones precipita en forma de partículas rojizas, las cuales no poseen un tamaño suficientemente grande como para decantar a una velocidad apreciable. El pH óptimo para una oxidación efectiva del hierro se encuentra en un rango de 3 a 4.

El pH juega un rol importante en las reacciones de oxidación del hierro, ya que como se observa en la ecuación 3 la precipitación del mismo depende de un equilibrio. La precipitación del hierro viene dada por:



Debido a que la reacción en equilibrio, es posible el desplazamiento del mismo al añadir ciertos elementos. Si se le añade un elemento básico al agua, el hierro precipitará como hidróxido férrico hasta alcanzar nuevamente el equilibrio. De igual manera, si se le añade hidróxido férrico, el hierro se disolverá en el agua.

2.4.5. Utilización de los hidróxidos

El hidróxido de zinc ($\text{Zn}(\text{OH})_2$) es considerado como una sustancia química de naturaleza inorgánica, compuesto únicamente por tres elementos: zinc, hidrógeno y oxígeno. Tal como sucede con los hidróxidos que se forman a partir de otros metales (por ejemplo: hidróxido de cromo, aluminio, berilio, plomo o estaño), el hidróxido de cinc, así como el óxido formado por este mismo metal, posee propiedades anfóteras (**By Alchemist-hp (www.pse-mendelejew.de) [FAL], from Wikipedia Commons**).

Usos

El hidróxido de cinc posee muchas aplicaciones, entre las que se encuentra la obtención sintética de hidróxidos dobles laminares en forma de películas de cinc y aluminio, a través de procesos electroquímicos.

Otra aplicación que suele otorgársele es en el proceso de absorción en materiales o apósitos quirúrgicos. Del mismo modo, este hidróxido es empleado con el fin de encontrar sales de cinc mediante la mezcla de una sal de interés con hidróxido de sodio. También existen otros procesos que involucran la presencia del hidróxido de cinc como reactivo, tal como la hidrólisis de sales mediante compuestos de coordinación de este compuesto.

Asimismo, en la investigación de las propiedades que presenta la superficie en el proceso de adsorción reactiva en el sulfuro de hidrógeno, se analiza la participación de este compuesto de cinc.

El hidróxido de cromo es un compuesto inorgánico producto de la reacción de una base con una sal de cromo. Su fórmula química varía de acuerdo con el estado de oxidación del cromo (+2 o +3, para este tipo de compuesto). Teniéndose así Cr(OH)_2 para el hidróxido de cromo (II), y Cr(OH)_3 para el hidróxido de cromo (III). El Cr(OH)_3 tiene el aspecto de un polvo azul-verdoso, pero cuando entra en contacto con el agua forma un precipitado gelatinoso verde grisáceo.

Es insoluble en el agua, pero soluble en ácidos y bases fuertes. Además, cuando se calienta se descompone, produciendo vapores de óxido de cromo. Anfóteros.

Al reaccionar con los ácidos, el Cr(OH)_3 se disuelve debido a que se rompen los puentes hidroxilo, responsables del aspecto gelatinoso del precipitado.

Usos

- Formulación de maquillajes.
- Agentes colorantes del cabello.
- Pinturas de uñas.
- Productos del cuidado de la piel.
- Productos de limpieza.
- En el acabado de metales, que representa el 73 % de su consumo en la industria.
- En la preservación de la madera.

Los hidróxidos de hierro (III), también llamados hidróxidos de óxidos de hierro, son una familia de compuestos que se pueden encontrar en forma anhidra de la forma FeO(OH) o hidratada, cuya fórmula es $\text{FeO(OH)} \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

El hierro, al ser un metal de transición, tiene la capacidad de coordinarse con varias moléculas de agua formando distintos hidróxidos, sin embargo, la forma monohidratada, cuya fórmula es $\text{FeO(OH)} \cdot \text{H}_2\text{O}$, es la que comúnmente se le conoce como hidróxido de hierro (III) o hidróxido férrico, aunque también se le

conoce como óxido de hierro hidratado u óxido de hierro amarillo (**Interaction, Reactions and Processes, S.F. 2016**). El hidróxido de hierro (III) es un sólido de color anaranjado o rojo cuando se encuentra en forma anhidra y amarillo en su forma monohidratada.

Usos

El hidróxido de hierro (III) es usado como pigmento que, siendo conocido como amarillo 42, se encuentra en cosméticos y en tintas de tatuajes. También se utiliza en el tratamiento del agua de acuarios como un ligante de fosfato. Recientemente, dos formas de nanopartículas de hidróxido de hierro (III) fueron identificadas como muy buenos adsorbentes para la eliminación de plomo de los medios acuáticos (**Safoora Rahimia, 2015**).

También es usado en materiales de construcción, revestimiento para suelos y productos de plástico y caucho. El hidróxido férrico posee varias aplicaciones médicas. Es utilizado como antídoto para el envenenamiento con arsénico, así como un antianémico (**Ferric Hydroxide, 2017**).

Se utiliza un complejo de hierro (III) hidróxido-polimaltosa para el tratamiento de deficiencia de hierro. Las sales de hierro simples, como el sulfato de hierro, a menudo interactúan con los alimentos y otros medicamentos que reducen la biodisponibilidad y la tolerabilidad. El complejo de hierro (III) hidróxido-polimaltosa proporciona una forma soluble de hierro no iónico, por lo que es una forma ideal de administración de suplementos orales de hierro (**Funk F, 2007**).

CAPITULO 3

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Introducción

En este capítulo se realiza un estudio de los parámetros que se pueden controlar para reajustar el diseño de los parámetros de tratamiento de los influentes con el objetivo de disminuir las contaminaciones en el medio ambiente por influentes sobredimensionadas de la Planta de Tratamiento de aguas Residuales CIV. Para el estudio se realiza un levantamiento de las unidades y el consumo de agua por cantidad de litros diarios y se propone las medidas para corregir estas deficiencias, por la cual disminuir el consumo desnecesario del agua.

3.2. Parámetros controlables y diseños

El diseño de los parámetros de tratamiento de las materias se controla las siguientes variables:

3.2.1. Denominación de los parámetros

V – Volumen (L)

M – Masa (kg)

P – Peso (kgf)

ρ – Densidad (kg/m³)

3.2.2. El consumo total del agua

$$U + C_{\text{domestico}} = C_{\text{total}} , (L) \quad (5)$$

Donde:

U - Unidades para el consumo del agua

C_d - Consumo doméstico del agua (L)

C_t - Consumo total del agua (L)

Tabla 3. Consumo doméstico de aguas.

Unidad	Consumo doméstico de agua	Unidades de medidas
Tanque de W.C	20	L
Lavamanos	5	L
Baño	120	L
Ducha	100	L
Lavado de platos	30	L
Maquina lavadora de ropa automática	200	L
Trituradora domestica	8	L
Hidrante de jardín	1200	L
Consumo Total	1683	L/ dia

En la tabla 3 semuestran las unidades y cantidades del consumo domésticode agua, mediante los calculo realizados se determinó que el valor de consumo domésticode agua es de 1683 L/dia.

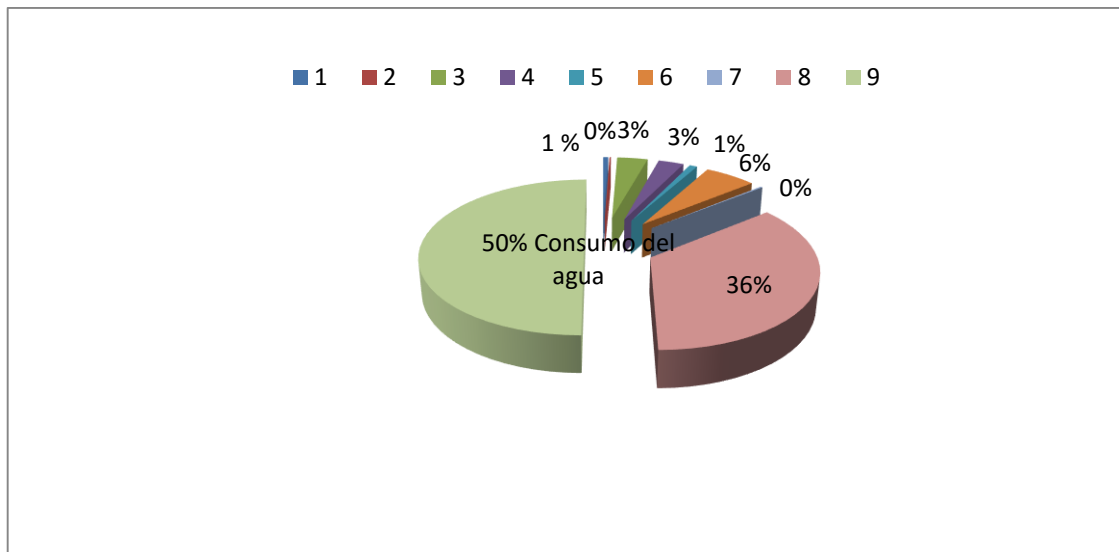


Gráfico 1. Consumo del agua

La grafica 1 representa el consumo de agua, el valor presente en la gráfica indica el porcentaje de cada unidad, estas unidades se suman y luego como resultado se obtiene el valor de consumo doméstico del agua que es de 1 683 L que corresponde 50 %.

3.2.3. El volumen total de agua

$$C_{\text{total}} * C_{\text{habitantes}} = V_{\text{total de agua}} \text{ (L/d)} \quad (6)$$

Donde:

C_t – Consumo total del agua L/uso

C_h – Cantidad de habitantes

V_t – Volumen total de agua que se gasta diario L/d

Tabla 4. Cálculo del volumen aproximado de agua que se gasta diario

Consumo total de agua L/uso	Cantidad de habitante	Volumen total de agua L/ día
1683	68000	114444

La grafica 2 indica el volumen total de agua en porcentaje donde el 1% representa el consumo de agua que corresponde 1683 y el 0% representa la cantidad de habitantes que hacen el uso del agua que corresponda a 68 000 habitantes el 99% corresponde al volumen total del agua que es de 114444 L/día.

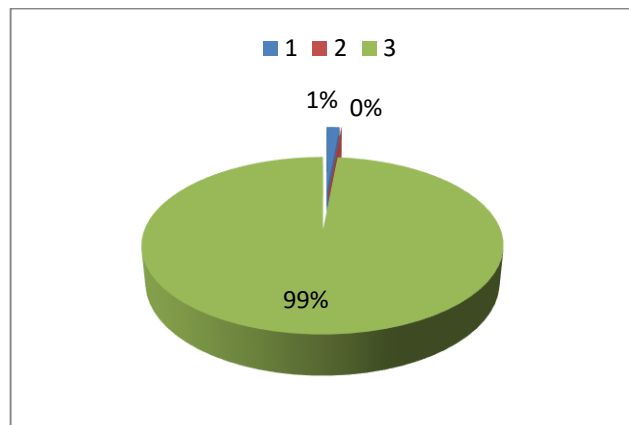


Gráfico 2 Volumen de agua

En la tabla 5 se presenta la composición de las aguas residuales de la planta de tratamiento del CIV, vertidas al medio.

3.2.4. Composición del agua vertido al medio ambiente por la PTAR CIV.

$$\frac{C_{\text{de la materia}} * V_{\text{total}}}{1000} = C_{\text{mat, transf.}} (\text{mL/L}) \quad (7)$$

Donde:

$C_{delamateria}$ – Composición de la materia (mL/L)

$C_{mat, transf.}$ – Composición de la materia transformada (Kg/d)

V_{total} – Volumen total del agua que se gasta diario (L/d)

Tabla 5. Composiciones del agua vertido en el medio ambiente.

Parámetros	Contenidos	Unidades medidas	Resultados	Unidades de medidas transformada
pH	6,0 a 9,0	-	-	-
Temperatura	40	° C	-	-
Materiales sedimentables	20	mL/L	2,288	m ³ /d
Grasas (%SS)	50	mg/L	5722,2	Kg/d
Aceite (%SS)	20	mg/L	2288,88	Kg/d
Hierro disuelto, Fe ²⁺	15	mg/L	1716,66	Kg/d
Cromo y Zinc	5	mg/L	572,22	Kg/d

3.2.5. Cálculo de la cantidad de grasas y aceites que se recuperan en el proceso

Para determinación de cantidad de grasas y aceite que se extraen en el proceso, tuvimos encuenta el grado de transformación de la materia orgánica que se encuentra en un rango de 0,15 a 0,90 m³/Kg. Dept. Calidad y Medio Ambiente (**ainia Centro Tecnológico e-mail info@ainia.es www.ainia.es**). Los resultados de la cantidad de grasas y aceite que se eliminan el proceso se obtuvo mediante la ecuación siguiente:

$$C_{transf} * G_{de transf} = Q_{(A y G)} \left(\frac{m^3}{d} \right) \quad (8)$$

Donde:

A – Aceite (m³/d)

G – Grasa (m^3/d)

$Q_{(A \text{ y } G)}$ – Cantidad de grasa y aceite (m^3/d)

C_{transf} – Composición de la materia transformada (m^3/d)

$G_{\text{de transf}}$ – Grado de transformación de las materias orgánica (m^3/d)

Tabla 6. Cantidades de grasas y aceite que se elimina en el proceso

Grado de transformación de la materia orgánica	0,15 a 0,90 m^3/Kg
Grasas	4291,65 m^3/d
Aceites	1373,33 m^3/d

3.2.6. Cálculo de la precipitación de los metales disueltos en el agua residual

Tabla 7. Masas molares de los elementos y de los compuestos

Elementos Kg		Compuesto Kg	
Fe	56	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	107
O	16	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	103
H	1	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	100
Cr	52	-	-
Zn	66	-	-

En la tabla 7 están representadas las masas molares de los elementos y compuestos presentes en el proceso.

3.2.7. Ecuación para calcular las masas de los hidróxidos de Zinc, Cromo y de Hierro.

$$\frac{M_{\text{mineral}} * P_{\text{compuesto}}}{P_{\text{mineral}}} = M_{\text{compuesto}} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{d}} \right) \quad (9)$$

Donde:

M_{mineral} – Masa del mineral (Kg/d)

$P_{\text{compuesto}}$ – Peso del compuesto (Kg)

P_{mineral} – Peso del mineral (Kg)

$M_{\text{compuesto}}$ –Masa de compuesto (Kg/d)

En la tabla 8 están representados los resultados del cálculo de las masas de los metales y compuesto.

Tabla 8. Resultados del cálculo de las masas de los metales y compuesto.

Elementos	Peso del metales (Kg)	Masa del metales (Kg/d)	Compuestos	Peso del compuesto (Kg)	Masa total del compuesto (Kg/d)
Zn	66	572,22	Zn(OH)_2	72	624,24
Cr	52	572,22	Cr(OH)_3	64	704,27
Fe	224	1716,7	Fe(OH)_3	428	328,04

3.3. Valoración económica

La valoración económica estima el valor en término monetarios de los bienes y servicios a través de los cambios en el bienestar de la sociedad. El valor económico es un concepto que expresa la importancia económica que un bien o servicio puede tener, cuyos resultados se muestran en la tabla 9. ([www.minam.gob.pe/patrimonio/wp/manual - valoración](http://www.minam.gob.pe/patrimonio/wp/manual-valoracion)).

Tabla 9. Precios actuales de los hidróxidos en el mercado

Materiales	Precios (t/\$)
Zn(OH)_2	700
Cr(OH)_3	700
Fe(OH)_3	9000

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/g/chromium-hydroxide-green.html> (Quiminet2018, 2019).

Tabla 10. Cantidad de grasa y aceite que se transforma en biogás

Cantidad (m^3/d)	
Grasa	4291,65
Aceite	1373,33
Precio del gas natural(¢)	
0,04684	

Tabla 11. Cantidad de los hidróxidos extraído en el proceso de precipitación

Hidróxidos	Masa (Kg/d)	Masa transformada (t/d)
Zn(OH) ₂	624,24	6,24
CrOH ₃	704,27	7,04
FeOH ₃	328,04	3,28

Las masas transformadas de los hidróxidos como indica la tabla 11 se obtuvieron mediante la conversión de Kg/da t/d de los hidróxidos precipitados en el proceso, sabiendo que 1 Kg/d equivale a 0,001 t/d (**Kiwix 2018**). Luego las masas transformadas en tonelada son multiplicadas por los precio de los hidróxidos obteniendo así los resultado de cada uno de los hidróxidos.

Los resultados de las grasas y aceites se obtuvieron por la multiplicación de las cantidades de las misma que pueden Generar biogás por el precio actual del gas natural en el mercado equivalente a 0,04684 €, (**Precio del gas natural 2019, compañía y tarifas más baratas**), ([http:// preciogas.com/faq/precio-metro-cubico-gas-natural](http://preciogas.com/faq/precio-metro-cubico-gas-natural)), como se muestra en la tabla siguiente de los aportes.

Tabla 12. Aportes de los hidróxidos, grasa y aceite

Materiales	Aportes	Unidades
Zn(OH) ₂	4369,4	\$/d
Cr(OH) ₃	4929,4	\$/d
Fe(OH) ₃	29520,0	\$/d
Grasa	201,02	m ³ /d
Aceite	64,33	m ³ /d
Aporte total	39084,15	\$/d

El resultado obtenido en la valoración económica muestra cifras significativas, en lo que respecta a aportes económicos a la vez tributa a disminuir significativamente los vertimientos al medio ambiente de dichos contaminantes con ello se logra una disminución de una gran cantidad de influyentes sobredimensionados vertidos en el medio ambiente por la Planta de Tratamiento de aguas Residuales CIV.

3.4. Aspectos ambientales.

Los lodos producidos en procesos de tratamiento residual representan una enorme cantidad de biomasa potencialmente valiosa, por ello se realizan esfuerzos continuos para un aprovechamiento óptimo. La composición de abonos con lodos crudos filtrados proporciona un material orgánico estable, semejante al humus, que se puede utilizar como acondicionador de terreno y como una fuente de nutrientes para las plantas (**Garrido, 2008**).

Estos biosólidos o lodos pueden ser nocivos para la salud, por la presencia tanto de químicos, virus y bacterias que pueden causar enfermedades, es por esto que requieren de un manejo adecuado como la neutralización de agentes patógenos, estabilización, filtración y secado previo si es necesario, para prevenir eventuales impactos negativos para la salud humana y para el medio ambiente (**Eddy, 1981**).

Pero a su vez, dichos biosólidos poseen un alto contenido en materia orgánica, los cuales pueden contribuir a mejorar las condiciones físicas de los suelos y también poseen un alto contenido energético, el cual está presente tanto en el biosólido (el lodo residual) como en el biogás (con un alto contenido de gas metano) que genera durante su tratamiento, el cuál puede usarse como combustible a través de la incineración de éste o disponerse junto a otros compuestos fósiles como es el carbón para la producción de energía (**Eddy, 1981**).

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en la Planta de Tratamiento de Agua Residual CIV, que caracterizar las materias contaminantes resultaran adecuados para obtener la información necesaria con el propósito de desarrollar la investigación que se aplicó en la tecnología propuesta la cual confirmó el grado de tratamiento que se le deberá dar a las materias contaminantes de la planta CIV, para reusarla como agua de riego agrícola promoviendo de esta manera el incremento en el rendimiento de los cultivos, los biosólidos generando abonos, fertilizante y biogás.

Con el diseño de la planta de tratamiento que consta de un tratamiento primario que consiste en la separación de los sólidos sedimentables y las grasas y aceite y un tratamiento secundario, que consiste en la precipitación de algunos de los metales disueltos en el agua, aprovechando sus diferentes pH de precipitación, diseñado de manera que nos permite minimizar los costos de explotación y se maximiza la efectividad de tratamiento e impacto ambiental, lo que permite establecer las siguientes conclusiones.

1. La calidad del efluente que produce la PTAR CIV, puede ser mejorado mediante un proceso como el que proporciona la propuesta planteada en este trabajo.
2. El diseño de la propuesta de la planta de tratamiento del efluente está considerado dentro de las normas técnicas que rigen el tratamiento de aguas residuales con la finalidad de obtener un efluente acorde con los valores permisibles, lográndose además un aporte económico a partir del aprovechamiento de los mismos.
3. El resultado obtenido en la valoración económica muestra un aporte de 39 084,15 en lo que respecta a aportes económicos a la vez tributa a disminuir significativamente los vertimientos al medio ambiente de dichos contaminantes con ello se logra una disminución de una gran cantidad de influentes sobredimensionados vertidos en el medio ambiente por la Planta de Tratamiento de aguas Residuales CIV.

RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos en la caracterización del agua residual del centro industrial de Viana y de acuerdo a las conclusiones establecidas al término del proyecto, se recomienda:

1. Redimensionar el tanque receptor que permita el tratamiento de todas las aguas residuales, que son las unidades que conformarán el sistema de tratamiento en sí.
2. Por ser un sistema de tratamiento de aguas residuales eficiente y económico, recomendamos que estas aguas sean aprovechada al máximo y una de las posibles vías es su utilización en la agricultura.
3. Una vez aplicado el sistema de tratamiento, realizar evaluaciones periódicas de la calidad del efluente de CIV, para de esta manera mantenerlas dentro de la calidad para su uso como agua de riego agrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

Anthony Muhye, Hidróxido de cinc (Zn(OH)_2): estructura, propiedades y usos). Utilización de los hidróxidos de cinc, p. 6

Cinc y agua: mecanismos de reacción, impacto ambiental y efectos en la salud. E-mail: info@lenntech.com. tel: +31 152 755 704. fax: +31 152 616 289, Reacción del cinc con el agua p. 2

Daniel Esteban Pinilla Arbeláez, (Precipitación de Cromo y Reutilización del Agua de Vertimientos de Curtiembres de San Benito Bogotá – 2014), p. 24

Gabriel Bolívar, (Hidróxido de Cromo: Estructura, Propiedades y Usos), Utilización de lo hidróxido p. 3. Pub Chem. (2018). Chromic Hydroxide. Recuperado el 18 de abril de 2018, de: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov

Juan Hipólito Arocutipa Lorenzo, (Evaluación y Propuesta Técnica de una Planta de Tratamiento de aguas Residuales 2013). Digestor de lodos p.66

Laura Lizeth Gómez Molina y Ángela María Merchán Bermúdez (Caracterización Fisicoquímica de los Lodos Provenientes de una Planta de Tratamiento de agua Residual Industrial de una Empresa de café del Departamento de Caldas Manizales - 2016). Generalidades del Lodo Residual. Oropeza, 2006, Colín, 2004, p.15. Impactos Ambientales. Garrido, 2008, Eddy, 1981, p. 24

Lima, (Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores (2005). Desarenador, Sedimentación p. 3 - 4

Maria Elena Perez Zuñiga, (Tratamiento de lodos residuales procedentes de plantas de tratamiento de agua residuales mediante proceso electroquímicos para la disimución de metales pesado. Cuenca - Ecuador 2016). Característica y cantidad de lodos generados en PTAR. Galvis & Rivera 2013 p.8

Mildred Bracho; Alejandra Callejón; Ana Carolina Hernández, dirigido por Fernando Morales (Evaluación de la Cinética de Precipitación del Hierro y Manganese Disueltos en Agua Subterránea Utilizando Aireo Hipoclorito de Sodio Como Oxidante Bolivia - 2014). Fundamentos teórico p.3 – 4

Proyecto Sondotécnica, (Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Centro Industrial de Viana Luanda – Angola 2012). Aspectos generales, p. 4. Propiedades físicas-químicas de las aguas Residuales de la Planta de Tratamiento CIV, p. 7. Esquema tecnológico PTAR CIV, p. 11

Roger Donado H. (Plan de Gestión para Lodos Generados en las PTAR-D de los Municipios de Cumaral y San Martín de los Llanos en el Departamento del Meta, Bogotá - 2013). Manejo de Lodos de PTAR, ilustración del lecho de secado, p53

Romero Rojas, Jaira Alberto. “Tratamiento de Aguas Residuales”, teoría y principios de diseño. 25.3 Trampas para Grasas, p 727- 730

Santa Cruz Biotechnology. (2007-2017). Iron (III) hydroxide (CAS 1310-14-1). Extraído de scbt.

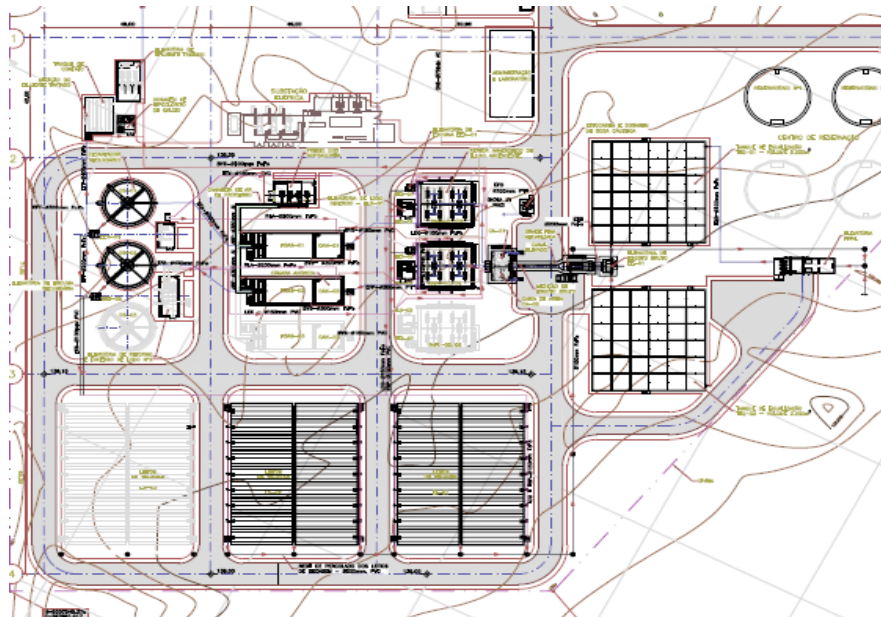
Schwertmann, W. F. (1973). Natural “amorphous” ferric hydroxide. Geoderma Volume 10, Issue 3, 237-247.

Valorización Energética: producción de biogás mediante codigestión anaerobia de residuos/subproductos orgánicos agroindustriales. Dept. Calidad y Medio Ambiente ainia Centro Tecnológico (Potencial máximo de Producción de Biogás y Producción real.). E-mail info@ainia.eswww.ainia.es, p. 3/11

Víctor Hugo, (Manejo de Excretas y Biodigestor 1997 Medellín). Técnica para el Manejo Apropiado de Excretas, p.28

ANEXOS

Anexo 1. Proyecto del centro Industrial de Viana. Fuente: proyecto sondotécnica 2012



Anexo 2. Centro Industrial de Viana. Fuente: proyecto sondotécnica 2012

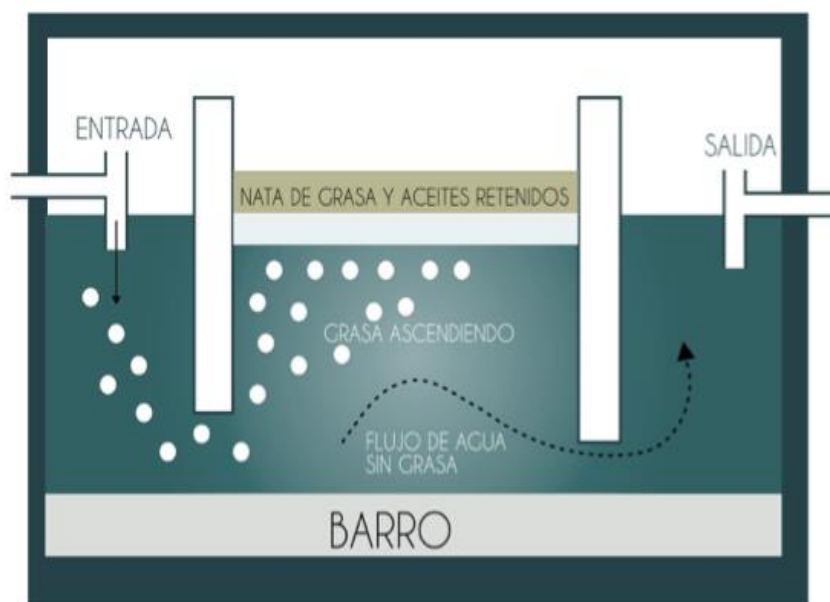


Anexo 3. Zona de tratamiento biológico con reactor. Fuente: proyecto sondotécnica 2012

3. Zona de



Anexo 4. Trampas de grasa y aceite



Anexo 5.Biodigestor plástico. Fuente: proyectoRamisResiliente. E-mail: postmaster@care.org.pe



Anexo 6.Lecho de secado. Fuente: (Cumaral 2013).



Anexo 7. Boleadora aplicando biosólidos. Fuente: (Cenergy, 2011).

