

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
UNPHU

Facultad de Ciencias y Tecnología
Escuela de Ingeniería Civil

**“Diseño y Análisis de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Sector de
Villa Verde”.**



Trabajo de Grado para la obtención del título Licenciado en Ingeniería Civil

Presentado por:

Alain M. Pinedo Matos

Julio M. Almonte Gómez

Asesor (a):

Ing. Roselyn Rodríguez Roperto M. Eng.

Santo Domingo, D.N.

2015

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
UNPHU

Facultad de Ciencias y Tecnología
Escuela de Ingeniería Civil

**“Diseño y Análisis de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Sector de
Villa Verde”.**



**Trabajo de Grado presentado por Alain M. Pinedo Matos y Julio M. Almonte Gómez para la
obtención del grado de Licenciado en Ingeniería Civil.**

Asesor:

Ing. Roselyn Rodríguez Roperto M. Eng.

Los conceptos emitidos
en la investigación son
de la exclusiva
responsabilidad de los
sustentantes.

Santo Domingo, D.N.

2015

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar le agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de conocer personas que influyeron positivamente en mi desarrollo como individuo.

A mi madre Aixa Matos, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación y por siempre estar a mi lado apoyándome y diciéndome: mira y la tesis? Ponte a trabajar y deja el celular...

A mi padre, mi "Viejoooo" César Pinedo, por sus sabios consejos y por siempre estar presente cuando más lo necesito (Papi deme algo ahí para salir...).

A mi hermano, por su apoyo sin límite y ser aquella persona en la que siempre he podido confiar y culpar. Gracias por estar siempre conmigo.

A mi nueva Tía, Sadia, un millón de gracias por toda la ayuda que nos ofreció en la realización de este trabajo de grado.

A Julio Almonte, gracias por ser tan buen amigo y compañero de tesis. Aprendí de ti que si no es con presión, no se trabaja bien. Me he dado cuenta de que eres una de las personas más sinceras que he conocido, que aunque lo aparentes, no eres un loco sino que eres una persona con los pies en la tierra, una persona que sabe que es lo que quiere y que trabajará hasta conseguirlo. Muchísimas gracias por tu amistad y por esta gran experiencia. Quería hacerte saber que en realidad no te considero un amigo...sino un hermano. "Turn Down For What".

A Susaaaaan, Martínez, Christian, Darwin, Díaz, Pao & Co. Muchísimas gracias por su amistad, por los coros y por esas amanecidas causadas por dejar todo para último.

Por último, quiero agradecer a nuestra asesora Ing. Roselyn por brindarnos sus conocimientos, darnos palabras de apoyo y por siempre estar disponible para librarnos de dudas y orientarnos, muchísimas gracias por todo.

Alain Pinedo

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a Dios por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por nunca desampararme y estar conmigo en todo momento gracias por esas bellas palabras que están plasmada en el libro de Josué 1:9 “**Esfuézate y se valiente no temas ni desmayes, porque soy Jehová tu dios y estaré contigo donde quiera que vayas**”

A Mi padre Julio Almonte, más que padre un ejemplo a seguir, una persona admirable. Gracias por todo el apoyo brindado. Te agradezco más que nada por esa disposición que siempre tienes, esa forma de aunque tengas que buscar de donde no existe lo haces con tal de no decirme ¡NO! En verdad eso más que nada fue lo que me dio el valor de querer alcanzar este logro y es por esto que te lo dedico a ti. Te amo viejito mío.

A Mi Madre Miguelina Gómez, Para hablar de ti mami sí que no tengo palabras eres parte de la razón principal de culminar este proceso, Me has demostrado con el tiempo que como tú no hay, eres de las pocas personas en quien confio todo lo mío y estas palabras son para agradecerte todo lo que desde siempre has hecho por mí. Sé que no soy el mejor hijo que se pueda desear pero dentro de lo que cabe quiero hacerte saber que todo lo que hago, lo hago por ti para ver siempre en ti una sonrisa y una cara de satisfacción hacia mi persona intentando devolver un poco de lo que me das, Te amo Mami.

A mis hermanos, ustedes también son gran parte de mi vida y parte de este proceso gracias por apoyarme y confiar en mí sé que no soy el mejor hermano y a veces puedo tornarme una persona peleona pero en verdad a

todos y cada uno de ustedes los quiero como no se pueden imaginar.

A todos y cada uno de mis Familiares, son los mejores.

A la Flia. Burgos Feliz, gracias a todos ustedes por siempre estar conmigo y apoyarme, en especial a una personita muy importante que ha sido parte esencial de todo esto, a Massiel Burgos Feliz, gracias de todo corazón por todo lo que has hecho por mí, eres una súper persona y te debo mucho. Te agradezco esa disposición que siempre tienes no importa las circunstancias siempre estas dispuesta, espero los vínculos que existen entre nosotros nunca acaben puesto que realmente me has demostrado cuan valiosa eres como persona. Te Quiero infinitamente.

A Darwin Arias, (Mi Bro) más que un amigo mi hermano, bro eres la persona más parecida a mí que alguna vez he conocido (desde los sizes de ropa hasta las actitudes (aunque yo me quillo mas haha)).Loco realmente te agradezco por todo, por ser mi frente en casino, porque hasta en softball estas ahí ayudándome (me embaso y me sacas) eres lo que muchas personas llaman mejor amigo y te lo agradezco. Sabes que este proceso debió pasar juntos pero na´, estamos justo al lado en la recta final y seguiremos juntos. Te quiero mi bro.

A Alain Pinedo, antes que todo gracias a tu mom por todo y en pocas palabras dile que mande a decir que esta A va por ella, ya Loco gracias por todo , gracias por sobrellevarme , gracias por apoyarme en todo y por estar conmigo en todo momento , quiero hacerte saber que durante este proceso me he dado cuenta de cuan buen amigo eres, eres una persona sumamente sincera y muy confiable, en este tiempito de las tesis he aprendido de ti a

ser una persona más pacífica y a coger las cosas con más calma, gracias por todo (espero matemos en la tesis) y después de aquí espero nuestra amistad continúe porque me has demostrado ser uno más de mis hermanos. Thanks Bro.

A mis compañeros del cole, Ustedes saben los quiero full a toditos y fueron todos y cada uno parte de esto y gracias en especial a mi bro "LA BALA" desde siempre juntos, apoyándome en todo y haciendo desastres everywhere.

A Miguel Mariano, migue sabes eres uno de mis bros y no te dejaría afuera de esto por nada del mundo y siempre quiero que recuerdes "Que el de adelante nunca está lejos si el de atrás corre bien " So ya sabes a romper.

Roselyn Rodríguez, Nuestra asesora gracias por siempre estar dispuesta a recibirnos y disponible para nosotros, gracias por confiar en nosotros y compartir sus conocimientos.

Y para culminar a la UNPHU en especial GRACIAS a la cafetería y a todos los muchachos del coro, gracias a los FIFTYS y a las discordias, a todos mis hermanos (Los ING.) gracias a la viejita Saenz por prestarme su coeficiente y colaborar de manera activa. A todas esas personas de la uní que me hacían reír día a día, a todo aquel que me ayudo prestándome calculadora o lápices xD.

Julio Almonte

INDICE

Índice de Tablas	VIII
Índice de Ilustraciones.....	IX
Glosario	XI
Lista de Siglas y Abreviaturas.....	XIII
INTRODUCCION	1
Capítulo I.- Problema de Investigación.....	3
Planteamiento del problema	3
Preguntas de investigación	4
Objetivos de la Investigación	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos.....	4
Justificación.....	4
Ubicación.....	5
Límites del Sector.....	6
Ubicación de la Planta de tratamiento de aguas residuales	6
Antecedentes.....	7
Capítulo II.- Marco teórico	9
Marco Conceptual	9
Estudio y análisis de las aguas residuales.....	9
Aspectos Generales	9
Marco Contextual	18
Capítulo III.- Diseño Metodológico	19
Marco Metodológico	19
Recopilación de información existente	19
Observación directa e indirecta	19
Uso de software	19

Pruebas realizadas	19
Selección de la tasa de incremento poblacional para los próximos 20 años (2015 al 2035).....	19
Impacto Ambiental producido por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	20
Evaluación de Impacto ambiental en las plantas de tratamiento de aguas residuales .	22
Capítulo IV. Diseño de la P.T.A.R.....	25
Entrada del afluente al sistema de tratamiento	25
Unidades que componen la planta de tratamiento de aguas residuales	25
Descripción de las unidades	26
Memoria de Cálculos.....	29
Nivel de capacitación requerida del operador	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
Bibliografía	41
ANEXOS.....	42

Índice de Tablas

Tabla 1. Compuestos Olorosos	10
Tabla 2. Metales pesados legislados y sus efectos	15
Tabla 3. Contaminantes de Importancia en el tratamiento del agua residual.....	16
Tabla 4. Norma NA-04. Valores máximos permisibles de descargas de agua residual en aguas superficiales	24
Tabla 5. Normas de diseño para desarenadores horizontales.....	31
Tabla 6. Rangos de caudales para Canaletas Parshall.....	31
Tabla 7. Normas de diseño para rejillas manuales	34
Tabla 8. Parámetros de diseño para un R.A.F.A	35
Tabla 9. Comparaciones.....	39

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Aguas abajo del Río Gurabo	5
Ilustración 2. Localización Geográfica del Sector	6
Ilustración 3. Ubicación de la P.T.A.R	7
Ilustración 4. Zona de Estudio	18
Ilustración 5. Diagrama de unidades que componen la planta.....	26
Ilustración 6. Pre-tratamiento.....	26
Ilustración 7. Seccionada R.A.F.A.....	43
Ilustración 8. Seccionada F.A.F.A	44
Ilustración 9. División Territorial R.D.....	45
Ilustración 10. Mapa Municipal de Santiago	46

Índice de Anexos

Anexo 1. Resultados de las muestras tomadas al Río Gurabo	42
Anexo 2. Software Hcanales	50
Anexo 3. Planos.....	52

Glosario

Aguas Residuales: Son aquellas que proceden de la contaminación del uso industrial o doméstico. Se clasifican en dos: aguas residuales industriales, aguas residuales domésticas (Castillo, Mateo, & Mercedes, 2002).

Calidad del agua: Relación de parámetros físicos, químicos y biológicos que define la composición, grado alteración, y la utilidad del cuerpo hídrico (Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras).

Coliformes Fecales: Grupo de bacterias asociadas a la flora intestinal de los animales de sangre caliente, utilizados como indicadores para determinar la calidad bacteriológica de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras).

Coliformes Totales: Conjunto de todos los coliformes, comprende todos los bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados (Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras).

Cuerpo Receptor: Es el ecosistema donde tienen destino final las aguas residuales ya tratadas previamente, como resultado de procesos de depuración. Pueden ser cuerpos receptores las fuentes de agua dulce superficiales, el océano, los suelos y estructuras geológicas estables (Merejo, Reyes, & Balbi, 2010).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Medida indirecta del contenido de materia orgánica biodegradable, expresada mediante la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia organizada en una muestra de agua, a temperatura estandarizada de 20°C. Si la medición se realiza al quinto día, el valor se conoce como DBO₅ (Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras).

Demanda Química de Oxígeno (BQO): Medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable, mediante el uso de un fuerte oxidante en una muestra de agua (Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras).

Efluente: Son las aguas que fluyen fuera de una planta de tratamiento y cuya disposición final es el cuerpo receptor (Merejo, Reyes, & Balbi, 2010).

Oxígeno Disuelto (OD): Factor que indica la potencialidad de respiración de los organismos acuáticos. Su disminución (ausencia de oxígeno) promueve procesos anaerobios, anulándose la probabilidad de actividades de fauna ictícola y otros seres acuáticos. Cualquier actividad de organismos aerobios, requiere un mínimo de oxígeno en los cuerpos de agua, estableciéndose límites no inferiores a 2mg/l de oxígeno. Valores aceptables son considerados los superiores a 6 mg/l (Glosario: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable).

La presencia de oxígeno disuelto en el agua evita la formación de olores desagradables.

Sólidos Sedimentables: Son aquellos que estando en agua laminar se van al fondo por efecto de la gravedad, tiene la particularidad de vencer la fuerza de empuje. (Castillo, Mateo, & Mercedes, 2002)

Sólidos No Sedimentables o en Suspensión: Son los sólidos que no sedimentan en el agua, negras u otros líquidos en reposo en un período de tiempo razonable (Castillo, Mateo, & Mercedes, 2002).

Sólidos Totales: Nos indican la cantidad de sólidos existentes en un agua, ya sea en estado coloidal, suspensión o solución. Se clasifican en: Sólidos Sedimentables y No Sedimentables (Castillo, Mateo, & Mercedes, 2002).

Lista de Siglas y Abreviaturas

CORAASAN: Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

F.A.F.A: Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

P.T.A.R: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

R.A.F.A: Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente

Atm: Atmósfera

Hr: Hora

Lt: Litro

M: Metro

M²: Metro cuadrado

M³: Metro cúbico

Mg: Miligramo

MI: Mililitro

NMP: Número más probable

S: Segundo

INTRODUCCION

En la mayoría de los países en vía de desarrollo, gran parte de las aguas dulces que nutren a los humanos, riegan los cultivos, sostienen la vida acuática, y reflejan la alegría y belleza de nuestro mundo, están contaminadas por las aguas residuales generadas por actividades humanas (Oakley & Salguero, 2011).

En el presente estudio se expondrá sistema de tratamiento enfocado en el saneamiento de las aguas del rio gurabo, un tema importante a tratar debido a los altos niveles de contaminación que afecta la comunidad y a la problemática a nivel nacional de escasez de agua.

Esto es debido al mal uso y el bajo nivel de conocimiento que tiene la población acerca del cuidado que se le debe dar a los recursos naturales. El crecimiento poblacional es otro factor al que se le debe la insuficiencia de agua en algunas zonas del país.

Haciendo énfasis en la problemática ambiental que afecta la localidad de Villa Verde, se desarrolló el proyecto "Diseño y Análisis de una Planta de Tratamiento de Agua Residual" con la finalidad de tratar las aguas servidas para mejorar la calidad de vida de los moradores y con esto, concientizar la población sobre el uso adecuado que se le debe de dar a los recursos naturales.

Se realizaron Análisis Fisicoquímico y Bacteriológico para determinar la calidad o potabilidad del agua del rio en la zona objeto de estudio.

Los análisis arrojaron resultados preocupantes en comparación con los valores máximos permisibles de contaminación según las normas establecidas. Debido a esto, se determinó que el tratamiento requerido para el saneamiento de las aguas es un tratamiento terciario, este se obtendrá mediante un sistema combinado de tratamientos, entre estos se destacan: R.A.F.A, F.A.F.A, Cloración y Bio-filtro.

La planta tendrá un funcionamiento por gravedad con un consumo mínimo de energía, lo cual es poco usual en la República Dominicana. Se persigue alcanzar una reducción de costos en comparación con un tratamiento común, de tal manera, poder generar una menor inversión económica pero manteniendo los requisitos establecidos por la normativa.

Capítulo I.- Problema de Investigación

Planteamiento del problema

El agua, siempre ha sido y será elemento indispensable para la vida de todo ser viviente, lo que nos obliga a preservarla y mantenerla con un nivel de calidad por lo menos aceptable para que pueda ser aprovechable.

Uno de los principales factores que influyen negativamente en la calidad de los cuerpos hídricos es la descarga de aguas residuales sin tratamiento previo (Merejo, Reyes, & Balbi, 2010).

En la actualidad, la República Dominicana se ha preocupado por tratar las aguas residuales pero muy tímidamente. La cantidad de PTAR es insuficiente; de las existentes no todas funcionan al 100%.

Cabe señalar que el problema de las aguas residuales en nuestro país se debe principalmente a que:

- No existe la cultura de recolección, tratamiento y disposición final. No se ve como prioritario invertir recursos en ese sector, de hecho, los presupuestos presentados cada año por el sector, por lo general, son aprobados un 38% a 40% del monto solicitado (Merejo, Reyes, & Balbi, 2010).
- Hay pocos profesionales en esta área por lo que el recurso personal calificado, es escaso.

A pesar de que Santiago es de las ciudades que tiene más PTAR, estas no son suficientes para depurar las aguas residuales provenientes de las industrias y del uso doméstico.

La contaminación ambiental en el sector de Villa Verde, Santiago de los caballeros, está afectando la calidad de vida de la comunidad.

La calidad del medio ambiente es de vital importancia puesto que influye de manera directa en el desarrollo de sus habitantes.

De continuar como hasta ahora y no tomar una acción determinante podría ocurrir:

- Que se contaminen las aguas subterráneas y superficiales
- Que la población se vea afectada por enfermedades producto de la contaminación ambiental no solo en el agua sino también en el aire (Merejo, Reyes, & Balbi, 2010).

Preguntas de investigación

- ¿Cuál es la problemática existente en el sector de Villa Verde?
- ¿Qué nivel de contaminación tiene el afluente?
- ¿Qué tipo de PTAR sería la más efectiva para esa zona?
- ¿Qué tipo de tratamiento requieren las aguas del Río Gurabo?

Objetivos de la Investigación

Objetivo general

Diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la problemática existente en el sector de Villa Verde
- Determinar el grado de contaminación del afluente.
- Hacer un estudio investigativo acerca del nivel de tratamiento que requiere el agua del Río Gurabo.
- Identificar el tipo de P.T.A.R. que sería más efectiva para la zona.

Justificación

El rápido crecimiento poblacional en el sector de Villa Verde, específicamente en las cercanías del Río Gurabo ha incrementado considerablemente los niveles de contaminación, por esta razón el saneamiento ambiental es de gran necesidad.

El presente estudio se realizará para ayudar a resolver el problema existente puesto que

el sector no tiene un sistema de tratamiento de aguas residuales.

El propósito de la planta es tratar el agua del Río Gurabo para devolverle su calidad, minimizando así los impactos negativos que causan las aguas residuales a dicho río y al medio ambiente que lo rodea.

Una combinación de tratamientos (R.A.F.A, F.A.F.A, Cloración y bio-filtro) darán como resultado una alta eficiencia en la recuperación de la calidad de las aguas del Río Gurabo.

Ilustración 1. Aguas abajo del Río Gurabo

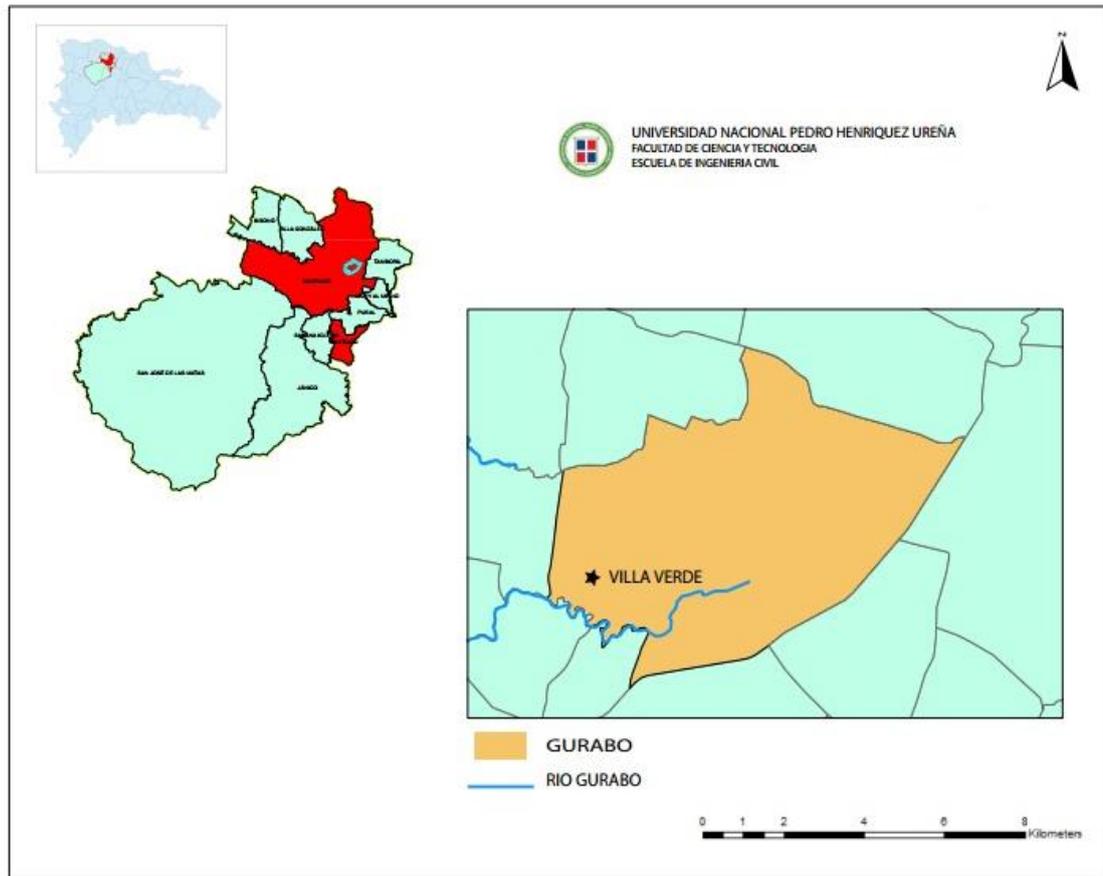


(Almonte & Pinedo, 2015)

Ubicación

Villa verde pertenece al sector de Gurabo, ubicado en el municipio de Santiago de los Caballeros, provincia Santiago. Las coordenadas geográficas del sector son: 19°28'45.41"N, 70°40'53.72"O.

Ilustración 2. Localización Geográfica del Sector



(Almonte & Pinedo, 2015)

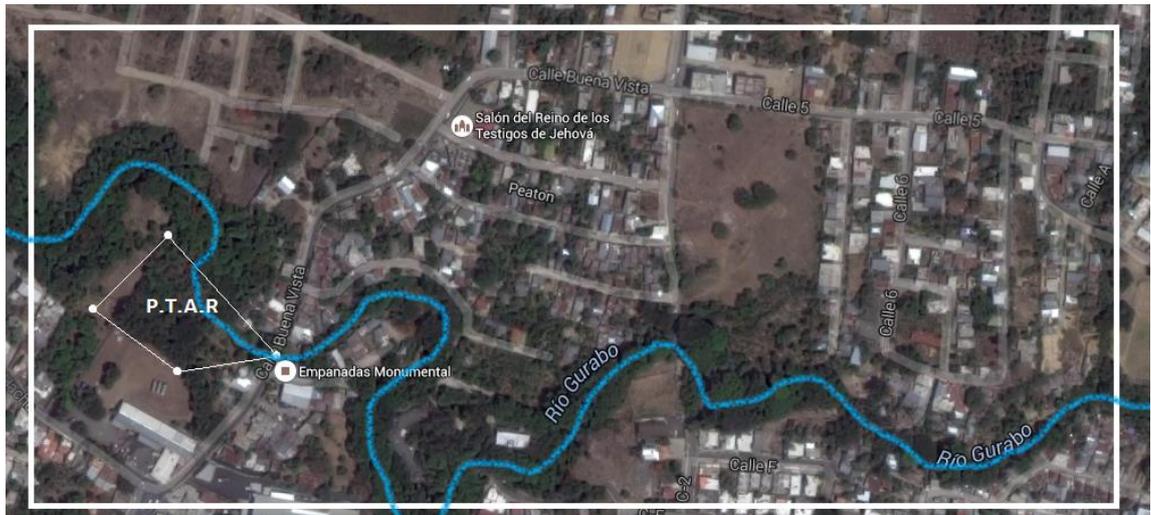
Límites del Sector

Villa Verde limita al Oeste con la urbanización Los Jardines del Norte, al Este con la urbanización de Gurabo Arriba, al Norte con el poblado de Jacagua y al Sur el Residencial El Paraíso.

Ubicación de la Planta de tratamiento de aguas residuales

El sistema de tratamiento será ubicado en el sector de Villa Verde, aproximadamente a 5.5 km del nacimiento del río Gurabo. La planta de tratamiento de aguas residuales está limitando al sur con el poblado de Buena Vista, al norte con el sector de Villa Verde y al este con el poblado Gregorio Luperón. Este sistema tendrá un área aproximada de 5,290 m².

Ilustración 3. Ubicacion de la P.T.A.R



(Google Earth)

Antecedentes

Se realizaron varias consultas bibliográficas de trabajos de investigación, entre los cuales podemos citar:

Davis, Victor; Santana, Domingo. *“Evaluación y Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de Los Ríos”*. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Este trabajo se basa en el diseño y evaluación de la P.T.A.R del sector Los Ríos. Se recomendó la reparación del desarenador, la colocación de una nueva rejilla y la reparación de 4 aireadores de la laguna de oxidación. Como conclusión se plantea que la planta necesita un rediseño y un acondicionamiento del área aguas arriba del cuerpo receptor.

Reyes, Miguel; Ovalles, Carlos; Hernández, Natividad. *“Evaluación, Diseño y Recomendaciones de la Planta de Tratamiento de Residuos Líquidos Industriales, Industrias Nacionales CxA (INCA)”*. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Esta investigación se basa en el tratamiento de los residuos líquidos de la industria INCA. Se recomendó un mejor manejo operacional. En la conclusión se plantea que la mayor parte de los inconvenientes generados en las PTAR evaluadas fueron causados por una falta de

remodelación en su estructura y por un mal manejo de parte de los operarios de las plantas.

Capítulo II.- Marco teórico

Marco Conceptual

Afluente: aguas que ingresan a una planta de tratamiento de aguas residuales (Merejo, Reyes, & Balbi, 2010).

Diagnóstico: análisis que se realiza para determinar cualquier situación y cuáles son las tendencias.

Problemática: conjunto de problemas que afectan un ámbito determinado.

Población: se refiere al conjunto de habitantes de un lugar.

Estudio y análisis de las aguas residuales

Aspectos Generales

Las aguas residuales son aquellas que han sido modificadas debido al uso que se le ha dado a estas. Se definen como los residuos líquidos de las actividades diarias provenientes de una ciudad. Las aguas de lluvia y la infiltración de aguas en el terreno pueden ser causantes de las aguas residuales (Oakley & Salguero, 2011).

Características Generales de las aguas residuales

Características físicas

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta (Metcalf & Eddy, 1998).

Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad.

Sólidos totales: En las aguas residuales los sólidos totales los conforman los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos. En un agua residual, aproximadamente un 40% de

los sólidos están en suspensión. Estos sólidos suspendidos pueden depositarse o no y los mismos pueden formar bancos de lodos, los cuales al ser lanzados a un cuerpo receptor pueden causar serios inconvenientes (Merejo, Reyes, & Balbi, 2010).

Olores: Normalmente, los olores son debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable que resulta más tolerable que el del agua residual séptica (Metcalf & Eddy, 1998).

La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales (Metcalf & Eddy, 1998).

Tabla 1. Compuestos Olorosos

Compuestos olorosos	Calidad del olor
Aminas	A pescado
Amoniaco	Amoniacal
Diaminas	Carne descompuesta
Sulfuro de hidrógeno	Huevo podrido
Mercaptanos (etilo)	Coles descompuestas
Mercaptanos (crotilo)	Mofeta
Sulfuros orgánicos	Coles podridas
Eskatol	Materia fecal

(Metcalf & Eddy, 1998)

Temperatura: La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción (Metcalf & Eddy, 1998).

El oxígeno se hace menos soluble con el aumento de la temperatura del agua. El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento de la temperatura, combinado con la reducción del oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa frecuente de agotamiento de las concentraciones de oxígeno

disuelto durante los meses de verano. Es preciso tomar en cuenta que un cambio brusco de temperatura puede conducir a un fuerte aumento en la mortalidad de la vida acuática (Metcalf & Eddy, 1998).

Densidad: La densidad de un agua residual se define como su masa por unidad de volumen, expresada en kg/m^3 (Metcalf & Eddy, 1998).

Es importante durante el tratamiento ya que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento (Metcalf & Eddy, 1998) (Metcalf & Eddy, 1998).

Color: Es utilizado para determinar la edad de un agua residual. El agua residual reciente suele tener un color grisáceo. Al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para adquirir finalmente un color negro. Llegado este punto, suele clasificarse el agua como séptica. Algunas aguas residuales industriales pueden añadir color a las residuales domésticas. En la mayoría de los casos, el color gris oscuro o negro del agua es debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro generado por la descomposición anaerobia con los metales presentes en el agua (Metcalf & Eddy, 1998).

Turbiedad: La turbiedad, como medida de la capacidad de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se utiliza para indicar la calidad de las aguas vertidas en relación con la materia coloidal y residual en suspensión (Metcalf & Eddy, 1998).

Características químicas

Para el estudio de las características químicas de las aguas cloacales se deben tener en cuenta la materia orgánica presente, la materia inorgánica y los gases disueltos (Metcalf & Eddy, 1998).

Materia orgánica: Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de un agua residual son de naturaleza orgánica. Son sólidos que provienen de

los reinos animal y vegetal, y de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno (Metcalf & Eddy, 1998).

Proteínas: Son los principales componentes del organismo animal, mientras que su presencia es menos relevante en el caso de organismos vegetales. El contenido en proteínas varía mucho entre pequeños porcentajes presente en frutas con altos contenidos en agua o en los tejidos grasos de las carnes. Algunas proteínas son solubles en aguas mientras que otras no (Metcalf & Eddy, 1998).

Hidratos de Carbono: Estan ampliamente distribuidos por la naturaleza, incluyen azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, compuestos todos ellos presentes en el agua residual. Los hidratos de carbono contienen carbono, oxígeno e hidrógeno. Algunos hidratos de carbono son solubles en el agua, principalmente los azúcares, mientras que otros, como los almidones, son insolubles (Ingeniería de Aguas Residual. Tratamiento, Vertido y Reutilización, 1998).

Grasas, grasas animales y aceites: Las grasas animales y los aceites son el tercer componente, en importancia, de los alimentos. El término grasa engloba las grasas animales, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales. El contenido de grasa se determina por extracción de la muestra con triclorofluoroetano, debido a que la grasa es soluble en él (Ingeniería de Aguas Residual. Tratamiento, Vertido y Reutilización, 1998).

La presencia de grasas y aceites en el agua residual puede provocar problemas tanto en la red de alcantarillado como en las plantas de tratamiento. Si no se elimina el contenido en grasa antes del vertido del agua residual, puede interferir con la vida biológica en aguas superficiales y crear películas y acumulaciones de materia flotante desagradables (Metcalf & Eddy, 1998).

Agentes Tensoactivos: Los agentes tensoactivos están formados por moléculas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua, son responsables de la aparición de espumas en las plantas de tratamiento y en la superficie de los cuerpos de agua receptores de los vertidos de agua residual (Metcalf & Eddy, 1998).

Pesticidas y Productos químicos de uso agrícola: Los compuestos orgánicos que se hallan a nivel de traza, tales como pesticidas, herbicidas y otros productos químicos de uso agrícola, son tóxicos para la mayor parte de las formas de vida y, por lo tanto, pueden constituir peligrosos contaminantes de las aguas superficiales (Metcalf & Eddy, 1998).

Materia Inorgánica: Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para la determinación y control de la calidad del agua. Las aguas residuales, salvo el caso de determinados residuos industriales, no se suelen tratar con el objetivo específico de eliminar los constituyentes inorgánicos que se incorporan durante el ciclo de uso (Ingeniería de Aguas Residual. Tratamiento, Vertido y Reutilización, 1998).

Puesto que las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar muchos a los usos del agua, conviene examinar la naturaleza de algunos de ellos, especialmente aquellos que han sido incorporados al agua superficial durante su ciclo de uso (Ingeniería de Aguas Residual. Tratamiento, Vertido y Reutilización, 1998).

PH: La concentración de ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones adecuado para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas (Metcalf & Eddy, 1998).

Cloruros: Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución

de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. Otra fuente de cloruros es a descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales (Metcalf & Eddy, 1998).

Alcalinidad: La alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco. Normalmente el agua residual es alcalina, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea, y los materiales añadidos en los usos domésticos (Ingeniería de Aguas Residual. Tratamiento, Vertido y Reutilización, 1998).

Nitrógeno: Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes o bioestimuladores. El nitrógeno y el fósforo son, en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos. Puesto que el nitrógeno es absolutamente básico, para la síntesis de proteínas, será preciso conocer datos sobre la presencia del mismo en las aguas, y en qué cantidades, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos (Ingeniería de Aguas Residual. Tratamiento, Vertido y Reutilización, 1998).

Azufre: El ion sulfato se encuentra tanto en las aguas de abastecimiento como en la residual. Para la síntesis de las proteínas es necesario disponer de azufre, que posteriormente se libera en el proceso de degradación. Los sulfatos se reducen químicamente a sulfuros y a sulfuros de hidrógeno bajo la acción bacteriana en condiciones anaerobias (Ingeniería de Aguas Residual. Tratamiento, Vertido y Reutilización, 1998).

Metales pesados: Algunos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida y la ausencia de cantidades suficientes podría limitar el crecimiento de las algas, por ejemplo. Debido a su toxicidad, la presencia en cantidades excesivas de cualquiera de ellos interferirá con el uso que se le pueda dar al agua. Es por ello que es conveniente medir y controlar las concentraciones de dichas sustancias. Algunos de ellos son de uso

común en la actividad agrícola y la industrial, por lo que sus límites están legislados (Metcalf & Eddy, 1998).

Tabla 2. Metales pesados legislados y sus efectos

Metal	Efectos
Cromo	Carcinógeno y corrosivo. A largo plazo provoca daño en los riñones y sensibilidad de la piel.
Cadmio	Carcinógeno y altamente tóxico. A largo plazo se concentra en el hígado, riñones, páncreas y tiroides. Puede provocar hipertensión.
Plomo	Tóxico por ingestión o inhalación. A largo plazo produce daños cerebrales y en los riñones. Produce defectos de nacimiento.
Mercurio	Altamente tóxico por adsorción cutánea y por inhalación. A largo plazo produce daños al sistema nervioso. Puede causar defectos de nacimiento.
Arsénico	Carcinógeno y mutagénico. A largo plazo puede provocar fatiga y falta de energía. También produce enfermedades en la piel.

(Ingeniería de Aguas Residual. Tratamiento, Vertido y Reutilización, 1998)

Gases: Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas residuales son el nitrógeno, el oxígeno, el dióxido de carbono, el sulfuro de hidrógeno, el amoníaco y el metano. Los tres primeros son gases presentes en la atmósfera, y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma. Los tres últimos son producto de la descomposición (aerobia y anaerobia) de la materia orgánica presente en las aguas residuales (Metcalf & Eddy, 1998).

Oxígeno disuelto: Es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios y otras formas de vida. Es ligeramente soluble en agua y su presencia, al igual que la del resto de los gases, está condicionada por la presión parcial del gas en la atmósfera, la temperatura, la pureza del agua (salinidad, sólidos suspendidos, etc.). Dado que evita la

formación de olores desagradables en las aguas residuales, es deseable y conveniente disponer de oxígeno disuelto (Metcalf & Eddy, 1998).

Sulfuro de Hidrógeno: Como ya fue mencionado, proviene de la descomposición anaerobia de la materia orgánica que contiene azufre o la reducción de sulfitos y sulfatos minerales. Su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno. Es un gas incoloro, inflamable y con un olor típico. El ennegrecimiento de las aguas residuales se debe principalmente a la formación de sulfuro ferroso y otros sulfuros metálicos (Ingeniería de Aguas Residual. Tratamiento, Vertido y Reutilización, 1998).

Metano: Es el principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica. Normalmente no se encuentra en las aguas residuales porque pequeñas cantidades de oxígeno son tóxicas para los microorganismos responsables de su producción (Metcalf & Eddy, 1998).

Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales

Las normas que regulan los tratamientos secundarios están basados en las tasa de eliminación de la materia orgánica, sólidos en suspensión y patógenos presentes en el agua residual. Gran parte de las normas implantadas recientemente, más exigentes, incluyen el control de la eliminación de nutrientes y de los contaminantes prioritarios. Cuando se pretende reutilizar el agua residual, las exigencias normativas incluyen también la eliminación de compuestos orgánicos refractarios, metales pesados y, en algunos casos, sólidos inorgánicos disueltos (Ingeniería de Aguas Residual. Tratamiento, Vertido y Reutilización, 1998).

Tabla 3. Contaminantes de Importancia en el tratamiento del agua residual

Contaminantes	Razón de la importancia
Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas,

	carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO y de la DQO. Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierte al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea.
Contaminantes prioritarios	Son compuestos orgánicos o inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda conocida o sospechada. Muchos de estos compuestos se hallan presentes en el agua residual.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tenso activos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Los metales pesados son, frecuentemente, añadidos al agua residual en caso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual.

(Ingeniería de Aguas Residual. Tratamiento, Vertido y Reutilización, 1998)

Nitrógeno y fósforo.

Estos elementos son esenciales para el desarrollo de algunos microorganismos por lo que se conocen como nutrientes. Trazas de otros elementos, tales como el hierro, también son necesarias para el crecimiento biológico. Puesto que el nitrógeno es básico para la síntesis de proteínas, es necesario conocer la cantidad del mismo en las aguas para valorar la posibilidad del tratamiento biológico de las aguas residuales. Cuando la cantidad de nitrógeno es insuficiente, es necesario añadirlo para hacer tratable el agua. Cuando este se encuentra en exceso, puede ser necesaria la reducción de las cantidades de nitrógeno para evitar el crecimiento desmedido de algas. El fósforo es también esencial para el crecimiento de las algas por lo que también debe ser controlado a la hora de verter el agua a los cuerpos receptores. Las formas más comunes en los que pueden encontrarse estos componentes son: para el caso del nitrógeno, el nitrógeno orgánico, el amoníaco, nitritos y nitratos. El fósforo se encuentra normalmente como fosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos (Metcalf & Eddy, 1998).

Marco Contextual

El área de estudio posee actualmente 700 viviendas, con un promedio de (6) habitantes por vivienda, obteniendo una población de 2400 habitantes que serán beneficiados por este sistema. El proyecto tendrá un periodo de diseño de aproximadamente 20 años, y al final de su vida útil éste deberá tratar las aguas residuales provenientes de una población total de 5343 habitantes.

Ilustración 4. Zona de Estudio



(Google Earth)

Capítulo III.- Diseño Metodológico

Marco Metodológico

La metodología usada para obtener la información objeto del estudio fue por medio de:

Recopilación de información existente

Para la recopilación de datos se hizo uso de libros, revistas, la Internet, entrevistas, entidades públicas y privadas, en particular la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago (CORAASAN).

Observación directa e indirecta

Este consiste en visitar la comunidad auxiliándonos de algunas herramientas como son: carta topográfica geo-referenciada, sistema de posicionamiento global (GPS), fotografía aérea, cámara fotográfica, etc.

Uso de software

Se utilizó el software **Hcanales** para el cálculo de la transición de los canales.

Pruebas realizadas

Análisis Fisicoquímico y Bacteriológico para determinar la calidad o potabilidad del agua de la zona objeto de estudio.

Se tomaron un total de 2 muestras de agua. Cada muestra fue tomada en recipientes especiales otorgados por CORAASAN. Las muestras fueron tomadas en el mismo horario. Se mantuvieron bajo una temperatura de 10 °C para así mantener el nivel de contaminación de las muestras. (Ver Anexo 1)

Selección de la tasa de incremento poblacional para los próximos 20 años (2015 al 2035).

Usando como base los datos del Censo Nacional realizado en el año 2010, disponibles en la Oficina Nacional de Estadística (ONE), se realizó la proyección de la población conjunta de la ciudad de Santiago de los caballeros. Para el cálculo de las poblaciones se utilizó la tasa de crecimiento nacional calculado por la ONE para el periodo

comprendido entre el año 2002 y el 2010. Este fue de 1.21% anual. Cabe notar que, conforme al censo del 2010 la tasa de crecimiento de la provincia Santiago, es de un 0.728% anual; sin embargo se tomó el valor nacional puesto que muchas veces estos bajos crecimientos corresponden a eventos puntuales de movilidad de la población causadas por pocas fuentes de trabajo u otras circunstancias que pudiesen variar en el futuro.

Impacto Ambiental producido por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Medio socioeconómico		
Impacto	Componente	Calificación
1. Aumento de fuentes de trabajo para mano de obra no calificada, para habitantes de la localidad	Aspectos Económicos	Positivo
Medio físico		
2. Mejoramiento de calidad del aire por tratamiento de las aguas servidas, debido a la disminución en forma significativa, de olores existentes en la zona, produciendo un aumento del bienestar de las personas	Calidad del aire	Positivo
3. Mejoramiento de la calidad bacteriológica del agua del río Gurabo.	Hidrología Hidrogeología Calidad de aguas	Positivo
Medio socioeconómico		

4. Cambios en la calidad de vida, debido a la reducción de olores y a la descontaminación de aguas superficiales	Social	Positivo
5. Mejoramiento de la salud en Villa Verde	Social	Positivo
6. Mejoramiento de los cultivos por los lodos provenientes de la planta	Social	Positivo
Medio Cultural y Patrimonial		
7. Cambios en la calidad y fragilidad visual en unidades de paisaje	Paisaje y estética	Positivo
Medio biótico		
8. Recuperación de la fauna	Fauna	Positivo
9. Recuperación de la flora	Flora	Positivo
10. Recuperación de hábitats	Fauna	Positivo
11. Pérdida sobre la diversidad de la fauna	Fauna	Negativo
12. Pérdida sobre la diversidad de la flora	Flora	Negativo

Evaluación de Impacto ambiental en las plantas de tratamiento de aguas residuales

Se conoce como evaluación de impacto ambiental como el instrumento de política y gestión ambiental formado por el conjunto de procedimientos, estudios, y sistemas técnicos que permitan estimar los efectos que la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto puedan causar sobre el medio ambiente (Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales No.64-00, 2000).

La Ley 64-00 del año 2000 del Ministerios de Medio Ambiente y Recursos Naturales establece en su artículo 38, capítulo IV:

Con la finalidad de prevenir, controlar, y mitigar los posibles impactos sobre el medio ambiente y recursos naturales ocasionados por obras, proyectos y actividades, se establece el proceso de Evaluación Ambiental con los siguientes instrumentos (Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales No.64-00, 2000):

1. Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
2. Evaluación Ambiental Estratégica
3. Estudio de Impacto Ambiental
4. Informe Ambiental
5. Licencia Ambiental
6. Permiso Ambiental
7. Auditorías Ambientales
8. Consulta Pública

Declaración de Impacto Ambiental (DIA): es un proceso que analiza una propuesta de acción desde el punto de vista de su efecto sobre el medio ambiente y los recursos naturales, y consiste en la enunciación del efecto sustancial, positivo o negativo de dicha acción propuesta sobre uno o varios elementos (Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales No.64-00, 2000).

Evaluación Ambiental Estratégica: es un instrumento de evaluación ambiental de las políticas públicas, actividades y proyectos sectoriales para garantizar la incorporación de la variable ambiental en los distintos sectores de la administración pública (Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales No.64-00, 2000).

Estudio de Impacto Ambiental: es un conjunto de actividades técnicas y científicas destinadas a la identificación, predicción y control de los impactos ambientales de un proyecto y sus alternativas, presentando en forma de informe técnico y realizado según los criterios establecidos por las normas vigentes (Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales No.64-00, 2000).

Licencia Ambiental: documento en el cual se hace constar que se ha entregado el estudio de impacto ambiental correspondiente y que la actividad, obra o proyecto se puede llevar a cabo, bajo el condicionamiento de aplicar el programa de adecuación y manejo ambiental indicado en el mismo (Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales No.64-00, 2000).

Permiso Ambiental: documento otorgado por la autoridad competente a solicitud de la parte interesada, en el cual certifica que, la actividad se puede ejecutar bajo el condicionamiento de cumplir las medidas indicadas (Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales No.64-00, 2000).

Auditorías Ambientales: evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva que se realiza para determinar si el sistema de gestión y el comportamiento ambiental satisfacen las disposiciones previamente establecidas, si el sistema se ha implantado de forma efectiva y si es adecuado para alcanzar la política y objetivos ambientales (Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales No.64-00, 2000)

Tabla 4. Norma NA-04. Valores máximos permisibles de descargas de agua residual en aguas superficiales

Población Hab.Equiv	VALORES MAXIMOS PERMISIBLES								
	-	Mg/L							NMP/10 0ml
	pH	DBO ₅	DQO	SS	N-NH ₄	N-(NH ₄ +NO ₃)	P-PO ₄	CL.res	C.T
<5,000	6-8.5	50	160	50	-	-	-	0.05	1000
5,001-10,000	6-8.5	45	150	45	-	-	-	0.05	1000
10,001-100,000	6-8.5	35	130	40	10	18	3	0.05	1000
>100,001	6-8.5	35	130	35	10	18	2	0.05	1000

Nota: La producción de DBO₅ de un habitante equivalente es aproximadamente 60g/hab/d

Demanda biológica de oxígeno DBO₅

Demanda química de oxígeno DQO

Sólidos suspendidos (SS)

Nitrógeno del amonio (N-NH₄)

Nitrogeno amonio y nitratos N-NH₄+NO₃

Fósforo de ortofosfatos (P-PO₄)

Cloro residual (Cl₂. Res) libre

Coliformes totales (C.T)

(Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras)

Capítulo IV. Diseño de la P.T.A.R

Entrada del afluente al sistema de tratamiento

El río será desviado de su cauce natural hacia la planta para así garantizar que el sistema siempre funcione correctamente. En caso de haber crecidas que el sistema no pueda soportar, este tendrá una compuerta la cual se abrirá para que el río retome su curso y así el sistema no sea afectado.

Para la entrada a la planta se ha diseñado un sistema de transición de canales rectangulares.

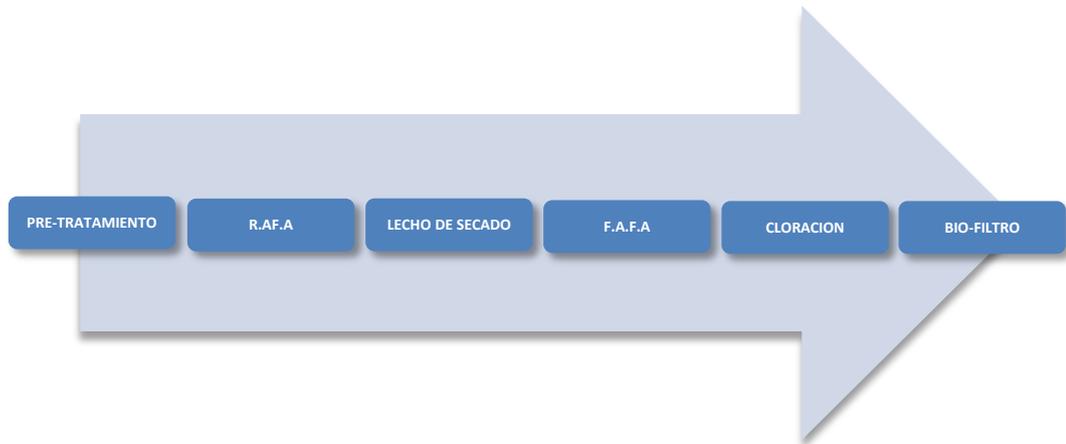
La entrada del efluente a la planta se hará mediante un sistema de transición de canales rectangulares con el fin de cumplir con el ancho requerido por las rejillas. La transición será desde 7m hasta 0.7m, obteniendo 4 reducciones de canal.

Unidades que componen la planta de tratamiento de aguas residuales

Esta planta será conformada por las siguientes unidades

1. Pre-tratamiento
2. Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente
3. Lecho de Secado
4. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente
5. Cloración
6. Bio-Filtro

Ilustración 5. Diagrama de unidades que componen la planta



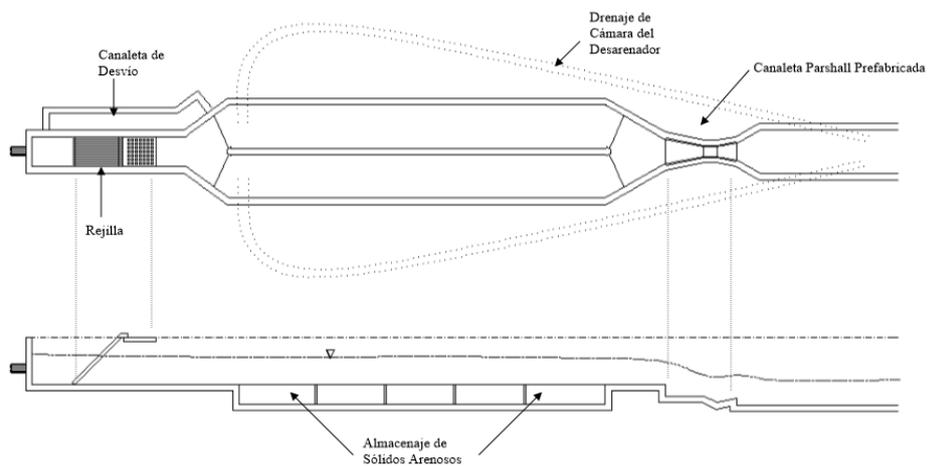
Descripción de las unidades

Nota: Como factor de seguridad el caudal se incrementó desde (0.046m³/día -0.075m³/día).

1. Pre-tratamiento

La planta iniciará con un pre-tratamiento, el cual está compuesto por una rejilla, un desarenador y una canaleta Parshall para el control de velocidad y medición de caudal. La rejilla tendrá un espaciamiento entre barras de 50 milímetros, cada barra tendrá un ancho de 15 milímetros con una inclinación de 60 grados.

Ilustración 6. Pre-tratamiento



(Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas, 2011)

Una vez el agua pase por las rejillas el flujo se dirige al desarenador, el cual está compuesto por dos cámaras, ambas con una sección de 0.18m x 15m y una profundidad de 1m. Las cámaras tienen como función la recolección de arena, reducción de

turbulencia y disminución de velocidad, de manera que el material sólido transportado se deposite en el fondo, donde será retirado periódicamente.

Al terminar el proceso de desarenación, el flujo se dirige a un canal escalonado, diseñado con el fin de disipar la energía y mantener la velocidad necesaria para entrar al R.A.F.A.

2. Reactor

El R.A.F.A constará de 6 módulos, cada uno de 3m x 6m, los cuales se encargarán de la reducción de la carga orgánica y de la desinfección bacteriológica del agua (50%-60%). El reactor tendrá un área superficial de 108m², un borde libre de 0.30m y una profundidad de 5m.

Recibirá un caudal promedio 0.075m³/día incrementado como factor de seguridad para tiempos de lluvia. (Véase memoria de cálculos). La entrada del flujo se hará mediante tuberías de 12" de concreto para evitar posibles inundaciones en el sistema.

Esta tecnología es particularmente atractiva en los países en desarrollo, ya que la energía necesaria para la operación de estos sistemas es mínima o nula comparada con los sistemas convencionales de tratamiento biológico aerobio (Leon Suematsu, 1995).

3. Lecho de Secado

El sistema también constará de un lecho o de secado de lodos. Las aguas serán vertidas mediante una bomba centrífuga de succión de lodos.

El lecho se encargará de eliminar el contenido de agua de lodos digeridos procedentes del R.A.F.A. El proceso de secado se logrará mediante la infiltración y evaporación del agua contenida en el lodo.

Los lodos han de ser extendidos en capas de 20 a 25cm de espesor. Cuando los lodos ya estén deshidratados, se limpiará el lecho de secado. El material seco puede ser reutilizado como abono.

Se utilizará, para la succión de los lodos desde el R.A.F.A hasta el lecho, una bomba Centrífuga de Voluta de desagüe para fangos DBS serie. Sus características principales son:

- Es mono etapa
- De hierro fundido
- Succiona un caudal de hasta 1200 m³/hr

4. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

Una vez el agua sea tratada por los reactores, se dirigirá a los filtros, por medio de tuberías de 8" de concreto, los cuales se encargarán de reducir la carga contaminante de las aguas servidas. Estos filtros tienen unas dimensiones de 2.5m x 2.6m, con una profundidad de 3m cada uno.

Al fluir el agua residual por el filtro, se atrapan las partículas y se degrada la materia orgánica por la biomasa que está adherida al material del filtro. Los materiales comúnmente usados para el filtro incluyen grava, piedras quebradas, carboncillo, o piezas de plástico formadas especialmente. El tamaño típico de los materiales del filtro varía entre 12 y 55 mm de diámetro (Compendio de Sistemas Y Tecnologías de Saneamiento).

El Filtro Anaeróbico no opera a toda su capacidad de seis a nueve meses después de la instalación debido al largo tiempo de arranque requerido por la biomasa para estabilizarse. Por lo tanto, la tecnología de Filtro Anaeróbico no debe ser usada cuando es inmediata la necesidad de una tecnología de tratamiento. Una vez trabajando a toda su capacidad, es una tecnología estable que requiere poca atención (Compendio de Sistemas Y Tecnologías de Saneamiento).

Como la unidad del Filtro Anaeróbico es subterránea, los usuarios no entran en contacto con el afluente o el efluente. Los organismos infecciosos no son suficientemente eliminados, así que el efluente debe ser tratado adicionalmente o descargado adecuadamente (Compendio de Sistemas Y Tecnologías de Saneamiento).

El F.A.F.A y el R.A.F.A brindarán una eficiencia colectiva de remoción de un 90%.

5. Cloración

Después del proceso de filtración, el agua pasará por el laberinto de cloración para su desinfección por medio de la aplicación periódica de la dosis de cloro correspondiente. El sistema de cloración constará de un tanque de 75kg una sección de 2.16m x 6m con una profundidad de 1m y tendrá un rango de aplicación de 3kg por día. Para mantener el nivel de coliformes por debajo de 1000NMP/100ml se aplican 3onzas de cloro por cada 1000 galones.

6. Bio-Filtro

Como último proceso del tratamiento se encuentra el Bio-filtro, éste se encargará de eliminar los residuos de cloro del agua tratada y remoción de las macropartículas que no fueron posibles de eliminar en los sistemas anteriores. Tendrá una dimensión de 7m x 25m y un volumen de 170m³ de cantos rodados.

Memoria de Cálculos

Datos:

Viviendas	700
Cantidad de personas por viviendas	6 personas
a) Población fija	4200 habitantes
Dotación población (AP)	250 lts/hab-día
b) Población flotante	700 habitantes
Dotación población flotante (AP)	150 lts/hab-día
c) Área verde	19722.95 m ²
Dotación área verde (AP)	2 lts/m ² -día
Tiempo de proyección	20 años
Tasa de crecimiento anual	1.71%
Población futura	Pinicial (1+r) ⁿ
Pfut= 4200 (1+1.71%) ²⁰ = 5,343 hab	

Fórmulas de caudales

- **Caudal medio diario (Aguas Residuales)**

$$Q_{med/ap} = (\text{población} \times \text{dotación} + \text{área verde} \times \text{dotación} + \text{Flotantes} \times \text{dotación}) / 86400$$

$$Q_{med/AR} = Q_{med/ap} \times 80\%$$

$$Q_{med/ap} = \frac{5343 \times 250 + 19722.95 \times 2 + 700 \times 150}{86400} = 17.1319 \text{ lt/s}$$

$$Q_{med/AR} = 17.1319 \times 0.80 = 13.7055 \text{ lt/s}$$

- **Caudal máximo horario de Agua Residual**

$$Q_{max/h} (AR) = (Q_{med/d} (AR) \times K_3)$$

$$K_3 = \frac{14}{4 + \sqrt[2]{\text{Poblacion}/1000}} + 1$$

$$K_3 = \frac{14}{4 + \sqrt[2]{(5343 + 700)/1000}} + 1 = 3.1678$$

$$Q_{max/h} (AR) = 13.7055 \times 3.1678 = 43.41 \text{ l/s}$$

- **Caudal mínimo horario de Agua Residual**

$$Q_{min/h} (AR) = (Q_{med/d} (AR) \times K_4)$$

$$K_4 = 0.5$$

$$Q_{min/h} (AR) = 13.7055 \times 0.5 = 6.85 \text{ l/s}$$

Canaleta Parshall y Desarenador de flujo libre

Tabla 5. Normas de diseño para desarenadores horizontales

Parámetro	Norma Recomendada
Velocidad horizontal	$v_{max} = 1 \text{ m/s}$ $v_{min} \geq 0.80 v_{max}$
Velocidad de sedimentación	0.02 m/s (partículas de 0.2mm)
Forma de la sección transversal	Rectangular (Con un resalto entre la cota del desarenador y la de la canaleta Parshall)
Tiempo de retención hidráulica	$\leq 60s$ para v_{min} $\geq 45s$ para v_{max} $v_{max} = 0.3 \text{ m/s}$ $v_{min} = 0.3 C_v$
Largo de canal	$45 v_{max} \leq L \leq 60 v_{min}$ $13.5 \text{ m} \leq L \leq 18 C_v$
Sección de control de velocidad	Canaleta Parshall prefabricada con flujo libre
Carga en el canal aguas abajo la canaleta Parshall para asegurar flujo libre	$\leq 60\%$ de la carga en el desarenador
Número de canales	Dos en paralelo, cada uno con drenaje (Uno en operación y otro para limpieza)

(Oakley & Salguero, 2011)

$$Q_{max} = 0.043 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{min} = 0.00685 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se asume la relación $Q_{max}/Q_{min} = Q_{prom}$; $Q_{prom} = 0.043/0.00685 = 6.3 \text{ m}^3/\text{s}$, como factor de seguridad durante época lluviosa se asume un **$Q_{max} = 0.075 \text{ m}^3/\text{s}$**

Tabla 6. Rangos de caudales para Canaletas Parshall

Ancho de Garganta, W m	Q_{min}		Q_{max}	
	m^3/s	$\text{m}^3/\text{día}$	m^3/s	$\text{m}^3/\text{día}$
0.076	0.0008	69	0.0538	4,648
0.152	0.0015	130	0.1104	9,539
0.229	0.0025	216	0.2519	21,764
0.305	0.0031	268	0.4556	39,364

(Oakley & Salguero, 2011)

$$W = 0.076 \text{ m}$$

$H_a = 0.57 \text{ m}$, este valor fue hallado mediante el despeje de H_a de la fórmula de caudal para una Canaleta Parshall $Q = 2.27 * W * H_a^{1.5}$

Dónde: W = Ancho de la Canaleta Parshall

H_a = Profundidad del agua medida desde la base de la canaleta

Carga aguas arriba de la Canaleta Parshall=H

$$H= 1.1H_a$$

$$H=1.1 * 0.3960 =0.44m$$

Carga máxima en el Canal del Desarenador

$$H_{max} = \left(\frac{1.1Q_{max}}{2.27W} \right)^{0.667} = \left(\frac{1.1*0.075}{2.27*0.076} \right)^{0.667} = 0.61m$$

Desarenador Rectangular

$$Z= C_r * H_{max}$$

$$C_r = (R^{\frac{1}{3}} - 1) / (R - 1)$$

$$R = Q_{max} / Q_{min}$$

Dónde: Z= Resalto hidráulico

R= Relación entre Q_{max}/Q_{min}

$$R=0.075/0.00685 =11$$

$$C_r = \frac{11^{\frac{1}{3}} - 1}{11 - 1} = 0.12$$

$$Z=0.12*0.61=0.0732m$$

Profundidad máxima con referencia a la cota del canal, no a la carga máxima

$$P_{max} = H_{max} - z$$

$$P_{max} = 0.61 - 0.0732 = 0.5368m$$

Ancho del canal de Desarenador

$$a_d = \left(\frac{Q_{max}}{P_{max} * V_{max}} \right)$$

V_{max} = velocidad máxima a través del desarenador = 0.3m/s

$$a_d = \left(\frac{0.075}{0.5368 * 0.3} \right) = 0.466m$$

Según (Marais & Van Haandel, 1996) La V_{min} se calcula con las siguientes relaciones:

$$V_{min} = V_{max} * C_v$$

$$C_v = 2.6 * C_r^{0.5} * (1 - C_r)$$

Dónde: V_{min} = Velocidad mínima a través del desarenador

$$C_v = \text{Relación } V_{max}/V_{min}$$

$$C_v = 2.6 * 0.12^{0.5} * (1 - 0.12) = 0.79$$

$$V_{min} = 0.3 * 0.79 = 0.24 \text{ m/s}$$

Escoger el largo del canal desarenador mediante la ecuación $13.5 \text{ m} > L > 18 C_v$

$$13.5 \text{ m} > L > 18 * (0.79); 13.5 \text{ m} > L > 14.22 \text{ m}$$

Se selecciona $L = 15 \text{ m}$

Volumen de solidos arenosos acumulados en el desarenador

$$V_{sa} = t_{op} * Q_{med} * C_{sa}$$

Dónde: t_{op} = Tiempo de operación, días

Q_{med} = Caudal promedio, $\text{m}^3/\text{día}$

C_{sa} = Carga de solidos arenosos

$$V_{sa} = 15 * 0.014 * 86400 * (0.085/1000) = 1.54 \text{ m}^3$$

Profundidad de Solidos arenosos

$$P_{sa} = \frac{t_{op} * Q_{med} * C_{sa}}{a * L} = \frac{V_{sa}}{a * L} = \frac{1.54}{0.466 * 15} = 0.22 \text{ m}$$

Según (Oakley & Salguero, 2011) “Se diseña la cota del canal aguas abajo de la canaleta Parshall para que la carga en el canal sea ≤ 0.60 de la carga en el desarenador (H_{max}), todas las medidas con referencia a la base de la canaleta Parshall, para asegurar flujo libre en la canaleta Parshall”.

Dimensionamiento de Rejillas y Canal de aproximación

Tabla 7. Normas de diseño para rejillas manuales

Parámetro	Norma Recomendada
Forma de barra	Rectangular No debe utilizar barras de refuerza
Ancho de barra	5—15 mm
Espesor de barra	25—40 mm
Espaciamento (abertura) entre barras	25—50 mm 50 mm recomendado para que las heces humanas pasen por las barras
Inclinación con la vertical	45—60°
Plataforma de drenaje	Suficiente para el almacenamiento temporal del material retenido en condiciones sanitarias
Canaleta de desvío (By-pass)	Suficiente para desviar el caudal máximo durante una emergencia
Material de construcción de barras y plataforma de drenaje	Acero inoxidable o galvanizado; aluminio
Velocidad de aproximación	0.45 m/s
Tiempo de retención en canal de aproximación	≥ 3 s
Largo de canal de aproximación	≥ 1.35 m
Velocidad a través de las barras	≤ 0.6 m/s para caudal promedio ≤ 1 m/s para caudal máximo
Pérdida de carga máxima	0.15 m
Cantidades de material retenido	0.008—0.038 m ³ /1,000 m ³
Disposición final de residuos	Solución técnica utilizando métodos sanitarios

(Oakley & Salguero, 2011)

Asumiendo un ancho de barra $a_b = 15\text{mm}$ y un espaciamento $e_b = 50\text{mm}$

$$a_{\text{canal}} = \frac{Q_{\text{max}}}{0.6P_{\text{max}}} \cdot \left[\frac{a_b + e_b}{e_b} \right]$$

Donde a_{canal} = ancho de canal de aproximación, m
 Q_{max} = caudal máximo, m³/s
 0.6 = velocidad máxima a través de las barras, m/s
 P_{max} = profundidad máxima de agua en el canal cuando $Q = Q_{\text{max}}$, m
 a_b = ancho de barras, mm
 e_b = espaciamento (abertura) entre barras, mm

(Oakley & Salguero, 2011)

$$a_{\text{canal}} = \left(\frac{0.075}{0.6 \cdot 0.5368} \right) * \left(\frac{0.015 + 0.05}{0.05} \right) = 0.3\text{m}$$

$$V_a = \frac{0.6}{\frac{a_b + e_b}{e_b}} = \frac{0.6}{\frac{0.015 + 0.05}{0.05}} = 0.46\text{m/s}$$

Pérdida de Carga

$$h_F = \left(\frac{1}{0.7} \right) * \left(\frac{V_r^2 - V_a^2}{2g} \right)$$

Dónde: V_r = Velocidad a través de la rejilla

V_a = Velocidad del canal de aproximación

$$h_F = \left(\frac{1}{0.7}\right) * \left(\frac{0.6^2 - 0.46^2}{2 * 9.81}\right) = 0.01 \text{ m}$$

Canal de Aproximación

Tiempo máximo de retención= T_{max}=3 segs, Largo mínimo=1.35m

Diseño de Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (R.A.F.A)

Tabla 8. Parámetros de diseño para un R.A.F.A

Parámetro	Valor
TRH, horas	2—10
Θ _c , días	30—50
Carga Orgánica Volumétrica, kg DQO/m ³ -día	1—3
Velocidad Vertical, m/hr	0,5 (1,2 @ flujo pico)
Concentración de sólidos en el Manto de Lodos, kg/m ³	
SST	~70
SSV	15—30
Profundidad de Manto de Lodos, m	2—2,5
Profundidad del Reactor, m	4,5—5
Ancho o Diámetro Máximo, m	10—12
% Remoción de DBO ₅	75—85
% Remoción de SST	Variable
Producción de lodos, kg ST/m ³ agua tratada	0.15—0.25
Producción de metano, m ³ /kg DQO removida	0.1—0.3 (0.37 teóricamente)

(Oakley & Salguero, 2011)

Caudal de diseño= 0.075 m³/s = 6480 m³/día

Tiempo de retención = 2 Hr

Volumen del reactor= Q_{dis}*Tr= 6480*(2/24) día

Volumen del reactor = 540m³ (V_{mínimo})

Asumiendo una profundidad de 5.00m

Asumiendo borde libre de 0.30m

Área superficial del reactor = 540/5=108m²

Cantidad de entradas recomendadas= 4/compartimiento

Cantidad de compartimentos= 6 Ud.

Cantidad de entradas totales=24

$$\text{Área por compartimientos} = 108/6=18 \text{ m}^2$$

Dimensiones de compartimientos= 3m * 6m cada uno

$$\text{Volumen de cada módulo} = 3\text{m} \times 6\text{m} \times 5\text{m}=90\text{m}^3$$

Cantidad de Lodos desechados diariamente

Según (Oakley & Salguero, 2011) “la producción total de lodos que tienen que ser desechados por día es:”

$$M_{s,t} = Q[(6.75 \times 10^{-4})(SST) + (6 \times 10^{-5})(DBO_5, a - DBO_5, e)]$$

Dónde: SST= Solidos suspendidos totales

$$M_{s,t} = 6480[(6.75 \times 10^{-4})(23) + (6 \times 10^{-5})(53.5 - 40)]=105.85 \text{ kg/día}$$

Volumen de Lodos Desechados por día

$$V_{i,D} = \frac{M_{s,t}}{\rho_{H_2O} * GEL * ST}$$

Dónde: ρ_{H_2O} = densidad del agua=1000kg/m³

GEL = Gravedad específica de lodos= 1.01

ST = Fracción de solidos totales expresada como decimal= 0.07

$$V_{i,D} = \frac{105.8}{1000 * 1.01 * 0.07} = 1.5 \text{ m}^3/\text{día}$$

Velocidad de ascensión = $Q_{dis}/\text{Área superficial del reactor}$

$$\text{Velocidad de ascensión} = 6480 \text{ m}^3/\text{día} / 450 \text{ m}^2 = 14.4 \text{ m/día} = 0.6 \text{ m/h}$$

0.4m/h < V ascensión < 1.5m/h (Cumple)

Altura de la zona de ingestión $H_{dig} = 2/3 * h = 2/3 * 6 = 4 \text{ m}$

Altura de la zona de sedimentación $H_{sed} = 1/3 * h = 1/3 * 6 = 2 \text{ m}$

Estimación de la eficiencia de remoción del DBO del sistema

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0.70 * Trh^{-0.68})$$

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0.70 * 2^{-0.68}) = 56.3\%$$

Estimación de la eficiencia de remoción del DQO del sistema

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * Trh^{-0.45})$$

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * 2^{-0.45}) = 50.22\%$$

Concentración de DBO y DQO

$$S_{\text{DBO}} = 53.5 \text{ mg/lit} - \left(\frac{56.3 * 53.5}{100} \right) = 23.4 \text{ mg/lit de DBO}$$

$$S_{\text{DQO}} = 73.2 \text{ mg/lit} - \left(\frac{50.22 * 73.2}{100} \right) = 36.44 \text{ mg/lit de DQO}$$

Producción de Metano

$$\text{DQO}_{\text{CH}_4} = Q_{\text{dis}} * [(S_0 - S) - Y_{\text{obs}} * S_0]$$

$$\text{DQO}_{\text{CH}_4} = 6480 * [(73.2 - 36.44) - (13.176)] = 152.82 \text{ Kg DQO/día}$$

$$K(t) = \frac{(P * K)}{R * (273 + t)}$$

Dónde: P= presión atmosférica (1atm)

R= constante de gases (0.08206 atm*L/mol°K)

T= temperatura operacional del reactor

K= DQO correspondiente a un mol de CH₄ (64g DQO/mol)

$$K(t) = \frac{(1 * 64)}{0.08206 * (273 + 25)} = 2.62 \text{ kg DQO/m}^3$$

$$Q_{\text{CH}_4} = \frac{\text{DQO CH}_4}{K(t)} = \frac{152.82}{2.62} = 58.33 \text{ m}^3/\text{día}$$

Lecho de Secado

Volumen según la norma = 0.07m³/pers.

Población = 5343 hab.

Altura del lecho = 1.5m

Volumen = 0.07m³*5343hab = 374.01m³

Área del lecho = Volumen / altura = 374.01m³ / 1.5m = 249.345m²

Dimensiones del lecho = 15m * 16.7m

Filtro Lento de Flujo Ascendente

$$Q_{\text{dis}} = 6480 \text{ m}^3/\text{día} = 270 \text{ m}^3/\text{h} * C_x$$

C_x = factor de reducción de caudal para acceso al FAFA (Saenz, 1985)

$$Q_{\text{dis}} = 270 \text{ m}^3/\text{h} * 0.024 = 6.48 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tiempo de retención 6hr—24hr

Trh = 6hr

Altura del agua por encima del lecho filtrante= 0.30m

Volumen del filtro = $Q_{dis} * Trh$

$V_f = 6.48 \text{ m}^3/\text{h} * 6\text{hr} = 38.88 \text{ m}^3$

Profundidad asumida= 3m

Área superficial del filtro= $V/h = 38.88 \text{ m}^3 / 3\text{m} = 12.96 \text{ m}^2$

Se tendrán 2 filtros de 6.48 m^2 cada uno

Dimensiones de filtros= $2.5\text{m} * 2.6\text{m}$ cada uno.

Eficiencia del filtro anaeróbico

DBO proveniente de los reactores = 23.4 mg/l de DBO

El filtro tendrá una eficiencia de un 70% con una buena operación

DBO entrada= $Le = 23.4 \text{ mg/l}$

DBO tratada= $0.7 * Le - Le = 0.7 * 23.4 - 23.4 = 7.02 \text{ mg/l}$

DBO Efluente= 7.02 mg/l

Canal de Cloración

Tiempo de retención= 2hrs = 7200segundos

$\text{Caudal} = 6.48 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0.0018 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Volumen canal= caudal * Tr

Volumen canal = $0.0018 \text{ m}^3/\text{s} * 7200 \text{ segundos} = 12.96 \text{ m}^3$

Profundidad asumida del canal $h = 1\text{m}$

Volumen = $A * h$

Area= $v/h = 12.96 \text{ m}^3 / 1\text{m} = 12.96 \text{ m}^2$

Para mantener el nivel de coliformes por debajo de 1000 NMP/100ml, se usan 3 onzas de cloro por cada 1000 galones

155.52m³/día equivalen 41084 galones/día

Onzas de cloro necesarias por día = $41084 * 3 / 1000 = 123.25 \text{ onzas por día} = 3.5 \text{ kg/día}$

Seleccionaremos tanques de cloro con una capacidad de 75kgs.

El rango de aplicación de cloro por día es de 1 a 5 kg.

Tiempo de duración de cloro promedio = $75\text{kgs} / 3.5\text{kg/día} = 21 \text{ días}$

Diseño del Bio-filtro

$$Q=6.48 \text{ m}^3/\text{h}=0.0018\text{m}^3/\text{s}=155.52\text{m}^3/\text{día}$$

$$\text{SST}= 23 \text{ mg/lit}$$

Área por Carga de SST

$$A_{\text{BF}}=\frac{Q*CSST}{CSST,A} = \frac{155.52\frac{\text{m}^3}{\text{día}}*23\frac{\text{mg}}{\text{lit}}*0.001}{200\frac{\text{kg}}{\text{ha*día}}}= 0.017\text{ha}$$

$$\text{Área Final Diseño}= 170\text{m}^2$$

$$\text{Volumen de Piedra Requerido} = V_{\text{PIEDRA}}= 170\text{m}^3$$

Tabla 9. Comparaciones

Descripción	Pruebas	Valores máximos	Resultados obtenidos
	realizadas	Permisibles	
DBO5	53.5 Mg/L	45 Mg/L	7.02 Mg/L
DQO	73.2 Mg/L	150 Mg/L	36.44 Mg/L
Coliformes Totales	23,000,000 NMP/100MI	1000NMP/100MI	-

Nivel de capacitación requerida del operador.

El sistema diseñado no requiere operadores con altos niveles de capacitación puesto que las funciones que estos deberán realizar son:

- Limpieza de registros, rejillas y canal de desarenación.
- Reportar imprevistos que puedan suceder en la planta a la entidad encargada de ésta.
- Velar por la dosificación correcta del cloro.
- Mantener en buenas condiciones el entorno del parque.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta investigación se desarrollaron los pasos necesarios para diseñar y dimensionar una P.T.A.R para el sector de Villa Verde, Santiago de los Caballeros. Con la construcción de este sistema, se pretende disminuir la contaminación ambiental y las enfermedades producidas por dicha contaminación, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los habitantes y a la recuperación del río.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a las aguas del Río Gurabo, al nivel económico de los habitantes del sector y a las recomendaciones de CORAASAN, concluimos que el tipo de tratamiento que se debe aplicar a estas aguas es de tipo biológico, puesto que requiere bajos costos de mantenimiento y operación.

Según la clasificación del suelo en la provincia de Santiago el nivel freático de la zona en cuestión se encuentra a 30 pies de profundidad, por lo que no existe posibilidad de contaminación por infiltración de las aguas subterráneas. Estos datos fueron suministrados por CORAASAN.

El sistema diseñado es el idóneo para verter el agua nuevamente al río con los niveles de calidad adecuados. Mediante este proceso de saneamiento, los agentes contaminantes serán removidos en un 85%.

Debe respetarse el periodo de vida útil del proyecto. Los caudales fueron estimados en base a la dotación por habitante, después de los 20 años, habría que realizar una evaluación del sistema de tratamiento.

Se recomienda implementar un plan de educación para concientizar a la población acerca de la importancia y del cuidado de los recursos naturales.

Como parte del plan de mitigación recomendamos diseñar una zona de recreación para los moradores, la cual estará localizada en la superficie del terreno, extendiéndose por el área circundante de la planta. (Ver anexo #3)

Bibliografía

- Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales No.64-00. (18 de 08 de 2000). Santo Domingo, Republica Dominicana.
- Castillo, D., Mateo, J., & Mercedes, L. (2002). *Diseño de Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición Final de las Aguas Residuales de San José de los Llanos*. Trabajo de Grado. Universidad Autónoma de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana.
- Compendio de Sistemas Y Tecnologías de Saneamiento*. (s.f.). Recuperado el Agosto de 2015, de Alianza por el Agua:
<http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t2.html>
- Glosario: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable*. (s.f.). Obtenido de
<http://www2.medioambiente.gov.ar/sian/sestero/glosario.htm>
- Google Earth*. (s.f.). Recuperado el 26 de Agosto de 2015
- Leon Suematsu, G. (1995). Recuperado el Agosto de 2015, de Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep184/vleh/fulltext/acrobat/leon3.pdf>
- Merejo, K., Reyes, A., & Balbi, A. (2010). *Investigacion Exploratoria sobre el Funcionamiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Planta de Tratamiento de Rafey)*. Trabajo de Grado. Universidad Autonoma de Santo Domingo, Santo Domingo, Republica Dominicana.
- (1998). En Metcalf, & Eddy, *Ingenieria de Aguas Residual. Tratamiento, Vertido y Reutilizacion*. McGraw-Hill.
- Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras*. (s.f.). Recuperado el Agosto de 2015, de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales:
<http://www.ambiente.gob.do/Transparencia/Legal/Normas/NA-04.pdf>
- (2011). En S. Oakley, & L. Salguero, *Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas*.
- (1985). Cx. En R. Saenz.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de las muestras tomadas al Río Gurabo



GERENCIA DE AGUAS RESIDUALES
CONTROL CALIDAD AGUAS RESIDUALES
REPORTE DE LABORATORIO

Río Gurabo a nivel del puente de la calle Buena Vista

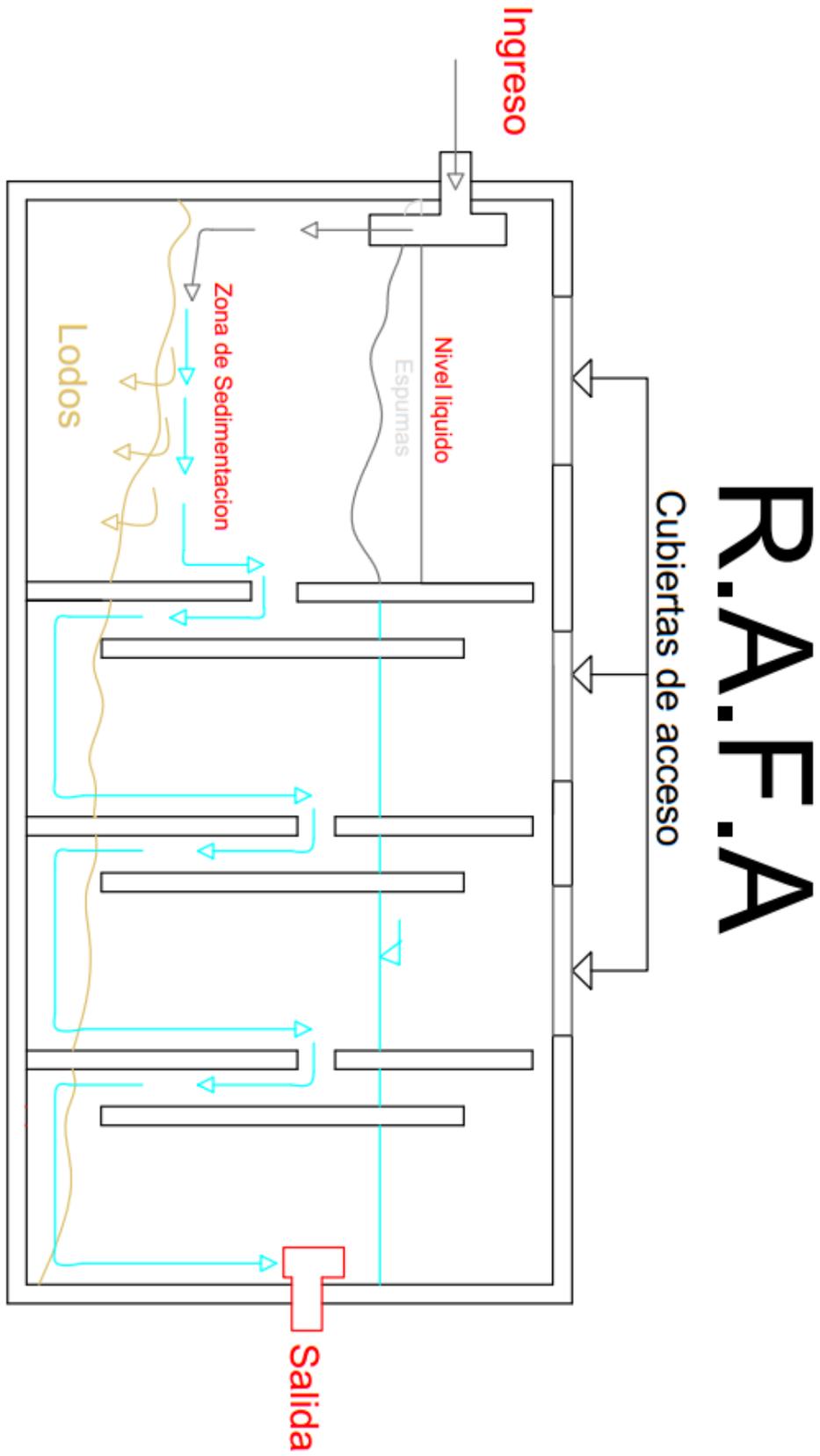
Fecha de toma de muestra: 17/3/2015

Fecha de reporte: 23/3/2015

PARAMETROS	UD	Muestra#1	Muestra#2
OD	mg/l	4.9	5.3
Temperatura	° C	23.6	24
pH		7.8	7.9
Solidos sedimentables	ml/l	0.1	0.1
Solidos suspendidos	mg/l	18	23
Color	Pt.Co.	29	20
Turbiedad	NTU	5	5
Solidos disueltos totales	mg/l	427	424
Nitrógeno total	mg/l	5.2	2.6
Fosforo total	mg/l	1.3	1.2
DQO -M	mg/l	56.5	73.2
DBO-5	mg/l	40.7	53.5
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ML	4,300,000	23,000,000
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ML	360,000	2,300,000

Observación: Muestra#1 10 metros antes del puente de Buena Vista
Muestra#2 10 metros después del puente de Buena Vista
Lic. Guadalupe Cruz
CCAR

Ilustración 7. Seccionada R.A.F.A



F.A.F.A

Cubiertas de acceso

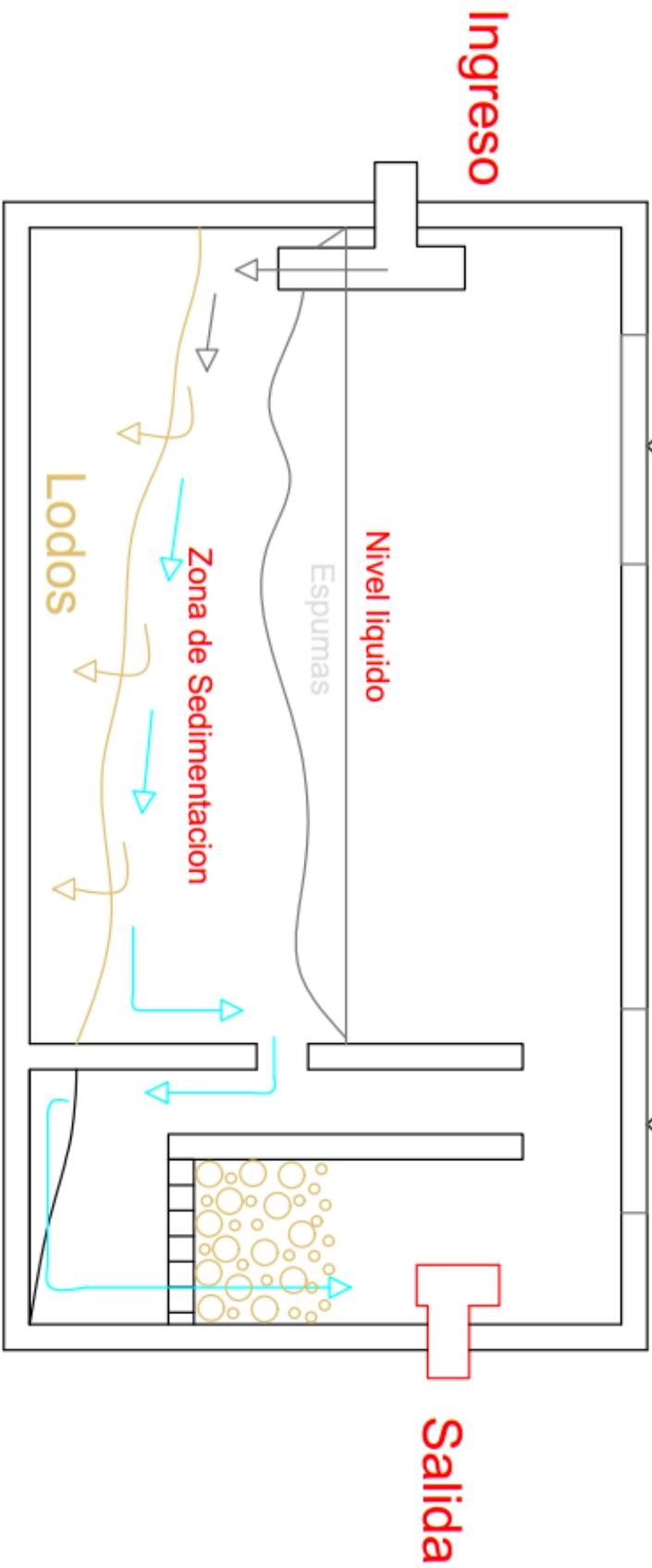
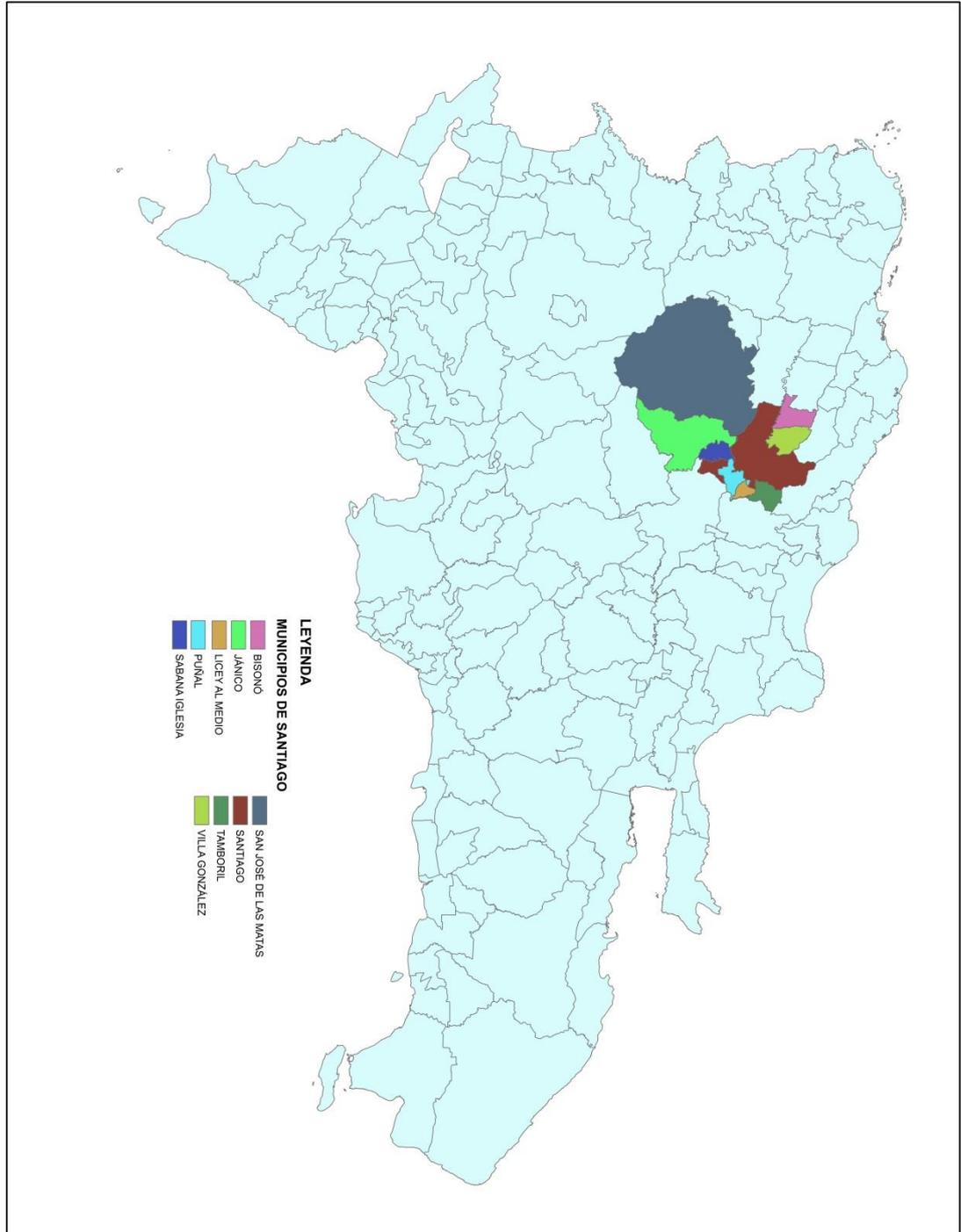


Ilustración 8. Seccionada F.A.F.A

Ilustración 9. División Territorial R.D.



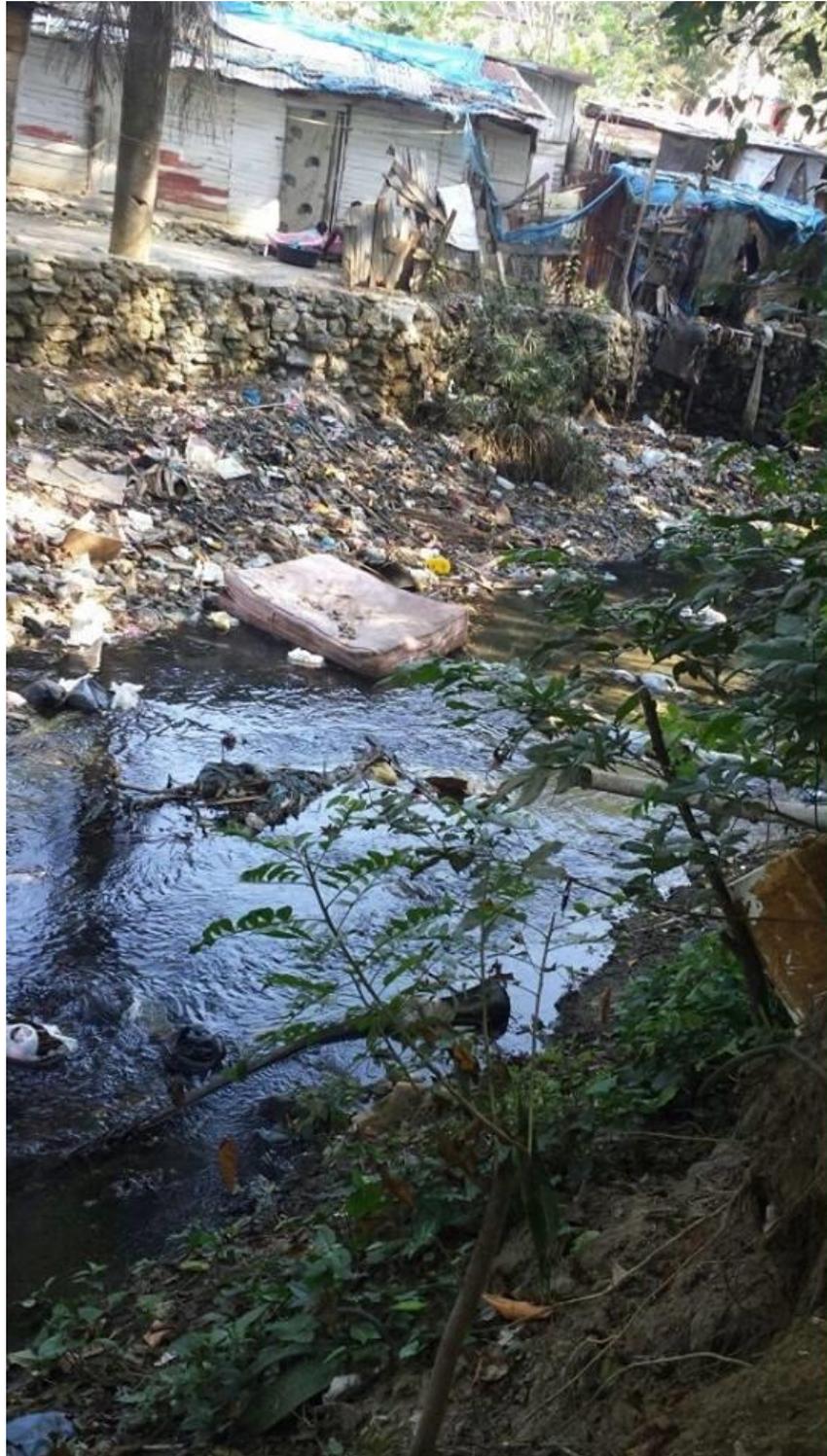
Anexo 2. Fotos

Rio Gurabo aguas arriba



(Almonte & Pinedo, 2015)

Rio Gurabo aguas arriba



Fuente propia: (Almonte & Pinedo, 2015)

Vertiendo desechos directamente al río



Fuente propia: (Almonte & Pinedo, 2015)

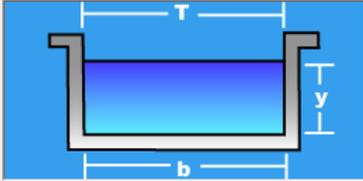
Anexo 2. Software Hcanales

Cálculo del Tirante Crítico sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):



Resultados:

Tirante crítico (y): m Perímetro (p): m
 Área hidráulica (A): m² Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg

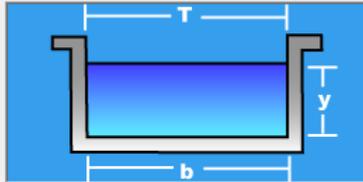
Ingresar el tipo de material del canal 11:22 a.m. 02/09/2015

Cálculo del Tirante Crítico sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):



Resultados:

Tirante crítico (y): m Perímetro (p): m
 Área hidráulica (A): m² Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg

Ingresar el nombre del Proyecto 11:39 a.m. 02/09/2015

Cálculo del Tirante Crítico sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular

Lugar: **Villa Verde** Proyecto: **Planta de Tratamiento**
 Tramo: **3** Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): **0.075** m³/s
 Ancho de solera (b): **3** m
 Talud (Z):

Resultados:

Tirante crítico (y):	0.0410 m	Perímetro (p):	3.0819 m
Área hidráulica (A):	0.1229 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0399 m
Espejo de agua (T):	3.0000 m	Velocidad (v):	0.6105 m/s
Número de Froude (F):	1.0000	Energía específica (E):	0.0599 m-Kg/Kg

Ejecuta las operaciones 11:42 a.m. 02/09/2015