

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Estudio económico de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario y el uso de sus subproductos para una planta productora de sacos.

Trabajo de graduación presentado por Marco Vinicio Morales Dubón para optar al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química


Guatemala


2020

Vo. Bo

(f) 
Inga. Ingrid Lorena de León Vilaseca

Tribunal

f) 
Ing. Luis Ernesto Nuñez González

f) 
Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

Fecha de Aprobación: Guatemala, 15 de Junio de 2020

ÍNDICE

ÍNDICE	ii
LISTADO DE ECUACIÓN	iv
LISTADO DE FIGURAS	v
LISTADO DE TABLAS	xiii
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO	5
V. ANTECEDENTES	27
VI. METODOLOGÍA	47
VII. RESULTADOS	50
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
IX. CONCLUSIONES	58
X. RECOMENDACIONES	59
XI. BIBLIOGRAFÍA	60
XII. ANEXOS	63

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Utilizada para calcular el valor actual neto (VAN) del flujo de efectivo.	21
Ecuación 2. Utilizada para calcular la tasa interna de retorno (TIR) de un flujo de efectivo.	22
Ecuación 3. Utilizada para calcular el costo y beneficio monetario de un flujo de efectivo.	23
Ecuación 4. Utilizada para determinar la inversión necesaria por cada metro cúbico de agua tratado.	23

LISTADO DE FIGURAS

Ilustración 1. Reactor de flujo ascendente y sus partes.	8
Ilustración 2. Eliminación de constituyentes por operaciones y procesos.....	9
Ilustración 3. Tabla de los parámetros del artículo 28 del acuerdo gubernativo 236-2006, los cuales se deben cumplir por las aguas de la empresa bajo estudio.....	11
Ilustración 4. Parámetros de diseño de rejillas de limpieza mecánica y manual.	12
Ilustración 5. Material retenido por las rejillas con respecto al espaciado entre las barras.	13
Ilustración 6. Caudal de entrada y tiempo de retención para la trampa de grasas	13
Ilustración 7. Tamaños de partículas, número de Reynolds, régimen de flujo y la ley aplicable para la velocidad de sedimentación.....	14
Ilustración 8. Criterios de diseño recomendados para un RAFA	16
Ilustración 9. Desempeño de filtros percoladores para la extracción de constituyentes en el tratamiento de aguas residuales	16
Ilustración 10. Esquema de un pozo de absorción.....	17
Ilustración 11. Curva de comportamiento teórica de la relación entre el nivel de producción y los costos variables totales.	19
Ilustración 12. Curva de comportamiento teórica de la relación entre el nivel de producción y los costos fijos totales.....	20
Ilustración 13. Salarios mensuales, diarios y por hora según el tipo de actividad económica y el bono incentivo mensual para Guatemala 2019.....	26
Ilustración 14. Distintas prestaciones según el código de trabajo de Guatemala y los porcentajes sobre el salario mensual.	26
Ilustración 15. Esquema del sistema de tratamiento preliminar y primario.	34
Ilustración 16. Distribución del sistema de tratamiento preliminar y primario.	34
Ilustración 17. Esquema del tratamiento secundario y terciario de la PTAR propuesta en el Megaproyecto.	37
Ilustración 18. Esquema del tratamiento cuaternario.	41
Ilustración 19. Esquema de proceso de la planta de tratamiento de lodos.....	45
Ilustración 20. Esquema de digestor de lodos.	45
Ilustración 21. Especificaciones patio de secado de lodos.	46
Ilustración 22. Desglose de costos y cantidades de equipo, obra gris y herramientas para construcción e implementación de la etapa preliminar y primaria de la PTAR anaerobia propuesta en el megaproyecto. ...	63

Ilustración 23. Desglose de costos y cantidades de equipo, obra gris y herramientas para construcción e implementación de la etapa secundaria y terciaria de la PTAR anaerobia propuesta en el megaproyecto. ...	63
Ilustración 24. Desglose de costos y cantidades de equipo, obra gris y herramientas para construcción e implementación de la etapa cuaternaria de la PTAR anaerobia propuesta en el megaproyecto.	64
Ilustración 25. Desglose de costos y cantidades de equipo, obra gris y herramientas para construcción e implementación de la etapa de manejo y tratado de lodos de la PTAR anaerobia propuesta en el megaproyecto.....	64
Ilustración 26. Desglose de costos y cantidades herramientas para la capacitación del personal de la planta para el manejo correcto del agua y desecho correcto de materias para evitar problemas en la PTAR anaerobia propuesta en el megaproyecto.	65
Ilustración 27. Desglose de costos y cantidad de metros lineales de movimiento de tierras e instalación de nuevo sistema de drenaje para reconectar todas las salidas de agua a la PTAR.	65
Ilustración 28. Determinación de los caudales anuales de lodos producidos para ambas propuestas de PTAR.	71
Ilustración 29. Estudio de precio en el mercado nacional de abono natural broza.	71
Ilustración 30. Estudio de precio en el mercado nacional de abono natural lombricompost.	72
Ilustración 31. Determinación del costo unitario de abono producido del tratamiento de los lodos anuales.	72
Ilustración 32. Determinación del costo/ beneficio del tratamiento de las aguas residuales en la PTAR anaerobia propuesta con RAFA.....	73
Ilustración 33. Determinación del costo/ beneficio del tratamiento de las aguas residuales en la PTAR aerobia propuesta por Ambiotec.....	73
Ilustración 34. Flujo de efectivo de la extracción de lodos anual por medio de la contratación del servicio de MAPRECO.	75
Ilustración 35. Esquema de posición y distancias de la PTAR anaerobia de reactor de flujo ascendente (RAFA) propuesta en el megaproyecto.	76
Ilustración 36. Esquema de la tubería para la re conexión de salidas de aguas de la empresa hacia la planta de tratamiento de aguas residuales.	77
Ilustración 37. Cotización de rótulos para el buen uso y las buenas prácticas dentro de la fábrica de ALQUIMIA.	82
Ilustración 38. Cotización de la inversión inicial y los costos de operación y mantenimiento PTAR de lodos activados propuesta por AMBIOTEC.	83
Ilustración 39. Cotización del mantenimiento, material de fabricación y garantías de la PTAR de lodos activados propuesto por AMBIOTEC.	84

Ilustración 40. Cotización de las características y parámetros de referencia de la PTAR de lodos activados propuesto por AMBIOTEC.	85
Ilustración 41. Cotización de la descripción del proceso de la PTAR de lodos activados propuesto por AMBIOTEC.	86
Ilustración 42. Cotización del diagrama de la PTAR de lodos activados propuesto por AMBIOTEC.....	87
Ilustración 43. Cotización de algunas ventajas de la implementación de la PTAR de lodos activados propuesto por AMBIOTEC.	88
Ilustración 44. Cotización de bomba dosificador de hipoclorito de sodio de COMERRSA.....	89
Ilustración 45. Cotización de enzima Enziplus para el tratado de las aguas de CORPORACIÓN ALKEMY.	89
Ilustración 46. Cotización de materiales varios de construcción (tuberías, accesorios, y materiales de construcción de FERRETERÍA EL MÁSTIL.	90
Ilustración 47. Cotización de materiales varios de construcción (tuberías, accesorios, y materiales de construcción de FERRETERÍA EL MÁSTIL.	91
Ilustración 48. Cotización bomba para el movimiento de los lodos de HANNA INSTRUMENTS.....	92
Ilustración 49. Cotización Hipoclorito de Sodio al 5% para desinfección de HIDROSISTEMAS.	93
Ilustración 50. Cotización enzima Biozyme 8000 para el tratado de las aguas de JUMASA.	94
Ilustración 51. Cotización extracción de lodos de MAPRECO.....	95
Ilustración 52. Cotización de válvulas de cobre y tubería de vinyl NOVEX.	96
Ilustración 53. Cotización de válvulas de compuerta con actuador neumático de doble efecto obstrucción de REVAMA.	97
Ilustración 54. Cotización de tonel almacenamiento de agua plástico de ROTOTEC.....	98
Ilustración 55. Cotización de bombas de centrífugas de HIDROSISTEMAS.	99
Ilustración 56. Cotización de distintas tuberías y válvulas de cheque.....	100
Ilustración 57. Cotización de accesorios de PVC (codos, tee y válvulas de paso).....	101
Ilustración 58. Análisis de sensibilidad del aumento y reducción al 50% de los costos operativos de ambas PTAR.	109

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Costos teóricos según el MARN están asociados con el trámite e implementación de una licencia ambiental tipo B1.....	23
Tabla 2. Medición más reciente de los parámetros de aguas residuales pedidos por el acuerdo gubernativo 236-2006.....	28
Tabla 3. Proyección de caudal de agua potable y residual proyectada para el 2030 utilizando un factor de conversión del 14% de agua potable a residual.....	29
Tabla 4. Especificaciones del sistema de rejillas para el tratamiento preliminar.....	30
Tabla 5. Especificaciones de la trampa de grasas para el tratamiento preliminar.....	31
Tabla 6. Especificaciones del tanque de captación de flujo.....	32
Tabla 7. Especificaciones del tanque sedimentador primario rectangular del tratamiento primario.....	33
Tabla 8. Porcentajes promedio de reducción de los parámetros estudiados con tratamiento de enzimas para agua residual de tipo ordinario.....	35
Tabla 9. Valores calculados obtenidos de los parámetros al utilizar un tratamiento de enzimas, el reactor anaerobio de flujo ascendente y el filtro percolador propuesto.....	35
Tabla 10. Parámetros de diseño para el reactor anaerobio de flujo ascendente.....	36
Tabla 11. Parámetros operativos para el reactor anaerobio de flujo ascendente.....	36
Tabla 12. Dimensionamiento de la bomba centrífuga para trasladar el caudal de tratamiento primario hasta el reactor UASB.....	37
Tabla 13. Comparación pareada para la ponderación de cada uno de los criterios tomados en cuenta para elección del desinfectante.....	38
Tabla 14. Matriz cualitativa para la selección del desinfectante.....	38
Tabla 15. Dimensiones y materiales del tanque de almacenamiento de hipoclorito de sodio.....	39
Tabla 16. Dimensiones y material del tanque de contacto entre el agua residual y el hipoclorito de sodio.....	39
Tabla 17. Características de la bomba peristáltica elegida, para cumplir con la demanda diaria de hipoclorito de sodio. La bomba peristáltica va a estar operando las 24 horas del día, los 7 días a la semana.....	40
Tabla 18. Dimensionamiento de la bomba centrífuga para poder trasladar el agua desde el tanque de tratamiento terciario de aguas residuales hasta el tanque de tratamiento cuaternario de aguas residuales. La bomba centrífuga va a estar operando las 24 horas del día, los 7 días a la semana.....	40
Tabla 19. Dimensiones y parámetros de operación del digestor anaerobio de lodos semi-continuo.....	43
Tabla 20. Comparación de nutrientes del lodo de la fosa séptica en relación con otros abonos.....	43
Tabla 21. Dimensiones y parámetros de operación del patio de secado de lodos.....	44

Tabla 22. Comparación de los costos y beneficios monetarios y el costo/beneficio entre la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA) y la PTAR aerobia de lodos activados propuesta por Ambiotec.....	50
Tabla 23. Comparación de las diferencias técnicas entre la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA) y la PTAR aerobia de lodos activados propuesta por Ambiotec.	51
Tabla 24. Costos de inversión inicial PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).	65
Tabla 25. Costos anuales de operación PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).	66
Tabla 26. Costos anuales de mano de obra de la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).	66
Tabla 27. Costos anuales energéticos de la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).	67
Tabla 28. Costos anuales de mantenimiento de la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).	67
Tabla 29. Beneficios monetarios de la implementación de la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).	68
Tabla 30. Beneficios no monetarios de la implementación de la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).	68
Tabla 31. Beneficios monetarios de la implementación de la PTAR aerobia de lodos activados propuesta por Ambiotec.....	68
Tabla 32. Beneficios no monetarios de la implementación de la PTAR aerobia de lodos activados propuesta por Ambiotec.	69
Tabla 33. Costos de inversión inicial de la PTAR de lodos activados propuesta por Ambiotec.....	69
Tabla 34. Costos anuales de operación de la PTAR de lodos activados propuesta por Ambiotec.....	69
Tabla 35. Costos anuales de mano de obra de la PTAR de lodos activados propuesta por Ambiotec.....	70
Tabla 36. Costos anuales energéticos de la PTAR de lodos activados propuesta por Ambiotec.	70
Tabla 37. Costos anuales de mantenimiento de la PTAR de lodos activados propuesta por Ambiotec.....	70
Tabla 38. Flujo de efectivo de la PTAR anaerobia propuesta en el megaproyecto de reactor de flujo ascendente (RAFA).	74
Tabla 39. Flujo de efectivos de la PTAR de lodos activados propuesta por Ambiotec.....	75

RESUMEN

Este trabajo de graduación se realizó con el objetivo de hacer el estudio económico del sistema anaerobio propuesto en el megaproyecto *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*. Se determinaron los costos totales de inversión, operación y mantenimiento anual de la planta de tratamiento propuesta en el megaproyecto descrito. Se obtuvieron los beneficios económicos y no económicos utilizando un estudio de costo beneficio del sistema de tratamiento de aguas para realizar el análisis de valor presente y con ello la viabilidad del proyecto. Los resultados de esta propuesta se compararon con al menos otra opción propuesta sustituta al sistema planteado.

Se determinó para el sistema anaerobio propuesto que la inversión inicial era de Q 454,232.62 y los costos de operación y mantenimiento anual de Q 123,994.95. Por otra parte, la propuesta cotizada por Ambiotec mostró una inversión inicial de Q 569,967.70 y los costos de operación y mantenimiento de Q.123,205.14. También fue posible obtener los beneficios monetarios de ambas propuestas, obteniendo un ahorro anual de Q 5,000.00 por la eliminación de la extracción de los lodos residuales; y un beneficio anual de Q.49,516.95 de la venta de sólidos tratados para abono. Por otro lado, la PTAR aerobia propuesta por Ambiotec ofrece los siguientes beneficios monetarios: un ahorro anual de Q 5,000.00, por la misma eliminación de la extracción de los lodos y un beneficio anual de Q.63,843.24 de los sólidos tratados para abono.

En cuestión de los beneficios no monetarios se identificó que al año, estarían dejando de desechar 10,514.10 m³ de aguas residuales contaminantes al alcantarillado público y se le estará dando un segundo uso a la cantidad de sólidos producidos anteriormente mencionados.

Estos datos obtenidos, se analizaron realizando un estudio de costo/ eficacia y se determinó que la PTAR anaerobia de RAFA costaría Q 1.03 menos por m³ de agua tratado que la PTAR aerobia de lodos activados. También se realizó un flujo de efectivo y se calculó el VAN, obteniendo así que la planta anaerobia propuesta presenta un VAN menos negativo por un 3.58%, debido a que estamos trabajando con un proyecto de servicios, es aceptable obtener VAN negativos. Por último, se determinó que la propuesta técnica / económica más viable para la empresa es la de una PTAR anaerobia con reactor RAFA.

I. INTRODUCCIÓN

Antes del 2006 en Guatemala no existía una normativa sobre aguas residuales, a pesar de que ya se hablaba de estos tratamientos desde 1900 en algunas partes del mundo como Estados Unidos; por lo que las empresas, fábricas, casas particulares, entre otras desechaban sus aguas residuales directamente a los alcantarillados públicos o cuerpos de agua cercanos. Esto conllevó a que el 90% de las aguas nacionales tuvieran contaminación bacteriológica y residuos fecales, según un estudio del MARN en 2014. Para contrarrestar esta contaminación el gobierno de Oscar Berger decidió implementar el acuerdo gubernativo 236-2006 del cual puede observarse un extracto en la ilustración 3 del marco teórico.

Dado que la normativa del acuerdo gubernativo 236-2006 culmina en 2024 y la licencia ambiental de la empresa bajo estudio vence en 2022, se trazaron como meta el cumplimiento de los parámetros de 2024 para 2022. De este modo, se busca evitar cualquier multa y a la vez cumplir con su política del medio ambiente de darle un correcto uso a los recursos y velar por reducirla contaminación al máximo. Por ello se realizó el megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*”, de la que parte este estudio económico.

Para el presente estudio fue necesario hacer un análisis económico de la propuesta que menciona el megaproyecto y de dos opciones distintas a esta y comparar cual opción convendría más a los dueños de la empresa propuesta. En este análisis se determinó el valor de capital de inversión y costos de operación y mantenimiento anual, para luego verificar a 10 años que opción le traería el menor gasto a la empresa, pero que a la vez pudiera tratar el agua a manera de cumplir con los parámetros establecidos con la normativa anteriormente mencionado. En este estudio no solo se compararon los costos y las capacidades técnicas de las propuestas, sino que también los beneficios monetarios y los no monetarios. De lo mencionado anteriormente se determinó el costo de cada m³ de agua tratado, para evaluar cual es la opción que traería un costo menor por m³ pero que a la vez cumpla con el tratamiento de los parámetros fuera de los establecidos. Se establecieron como beneficios monetarios cualquier ahorro o ingreso monetario de beneficio a la empresa, como lo son el ahorro de la extracción de aguas residuales y la venta de los lodos tratados para su uso como abono natural. Por otra parte, se tomaron como beneficios no monetarios cualquier mejora o beneficio no monetario tanto para la empresa como para sus alrededores (aldeas, comunidades, fauna y flora).

II. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

- Realizar el estudio económico de los costos de inversión y operación anual de un sistema anaerobio de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinarias para el cumplimiento de los parámetros establecidos por el artículo 28 del acuerdo gubernativo 236-2006 de una planta de productora de sacos.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la inversión, costo de funcionamiento y beneficios económicos de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario, usando como punto de inicio las especificaciones técnicas definidas en el megaproyecto de referencia., el último estudio de agua realizado por la misma y los parámetros máximos establecidos por el acuerdo gubernativo 236-2006.
- Identificar las diferencias técnicas del sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario propuesto por el megaproyecto de referencia, comparándolo con al menos una alternativa cotizada a una empresa externa dedicada a la construcción e implementación de sistemas de aguas residuales.
- Evaluar el flujo económico de los tres sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario utilizando con un cuadro comparativo de los costos y beneficios monetarios, el uso de herramienta del VAN a 10 años y una TREMA del 12% y el costo/ beneficio del agua tratada.
- Recomendar cual de las dos propuestas es la viable para la empresa en cuestión de inversión inicial, costos de operación, beneficios monetarios y no monetarios y las características técnicas de ambas.

III. JUSTIFICACIÓN

Luego de la implementación del acuerdo Gubernativo 236-2006, los estándares de descarga de aguas y reuso de lodos a partir del año 2011 fueron reduciendo los límites permisibles para llegar a la meta en 2024, la cual puede observarse en la Ilustración 3 del marco teórico. Debido a los límites de descargas más estrictos, la empresa identificó que los parámetros de sus aguas no cumplían con los establecidos en las etapas tres y cuatro. Los parámetros que no cumplen con lo establecido en el artículo 28 son el color, el fósforo, las grasas y aceites, el nitrógeno, los sólidos suspendidos y las coliformes fecales lo que podemos observar en la Tabla 2 de antecedentes. Estos parámetros deben de cumplirse antes del 2 de mayo de 2020, es por ello que desea la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario.

La empresa obtuvo una licencia ambiental del tipo B1 por parte del MARN, la cual tiene como fecha de vencimiento el 11 de enero de 2022. Por lo que, si no se cumple con las normativas del acuerdo Gubernativo, estos podrían ser inhabilitados para operar y le sería revocada la licencia. Además de no poder seguir operando, esta puede ser sancionada con multas monetarias de entre Q.5,000 hasta Q.100,000 según el artículo 33 de la Ley por la infracción del artículo 8.

Por otra parte, la empresa tiene un uso actual de aproximadamente 36,000 m³ de agua al año, los cuales proviene de un pozo propio. El 15% de estas aguas sale como agua residual al alcantarillado público de Antigua Guatemala, lo que significa un caudal de 5,670.17 m³ al año. La PTAR propuesta en el megaproyecto se diseñó con un caudal pronosticado a 10 años de funcionamiento, el cual significaría un caudal de 10,514.10 m³ al año. Es por ello, que este estudio económico se diseñó sobre este caudal pronosticado, esto significaría que se estarían dejando de ingresar 10,514.10 m³ de agua contaminada al año al alcantarillado público. De esta forma, se evitaría la contaminación del Río Pensativo, que es el cuerpo de agua a donde desemboca el alcantarillado público de Antigua Guatemala. Esta agua dejaría de estar contaminada al lograr la remoción de la carga contaminante, tomando en cuenta que estas aguas contienen 82.26 m³ de sólidos al año.

Uno de los mayores problemas de esta contaminación según Mynor Toc de Prensa Libre (2019) y Virginia Contreras de La Hora (2016) es por la falta de operación de la planta de tratamiento de agua de la Municipalidad de Antigua Guatemala. Este alcantarillado, como se menciona anteriormente, desemboca en el Río Pensativo y las comunidades que habitan alrededor del mismo no pueden convivir con los olores que estas aguas llevan con ellas. La decisión de la Municipalidad de rigidizar el cumplimiento del acuerdo gubernativo por parte de las empresas, es para contrarrestar esta contaminación y resolver la problemática que viven los pobladores de las comunidades.

Luego del tratamiento de las aguas residuales, estas pueden ser reutilizadas en los sanitarios y como agua de riego de los jardines. Esto contribuirá a seguir mejorando su proceso para cumplir con su política ambiental. De igual forma, se puede evitar el costo del manejo de los 8 m³ de lodos que significan para la empresa un gasto de Q.2,500 semestrales.

Cualquier proyecto nuevo conlleva una inversión inicial y un costo de operación. Sin embargo, algunas veces estos en retorno traen beneficios para la empresa tanto monetarios como no monetarios. Con esta información, es posible conocer si se debe seguir con el proyecto y ponerlo a funcionar. Es por esto que se realizó un estudio económico a 10 años con una TREMA del 12% del sistema de tratamiento de aguas residuales del tipo ordinario, para que la empresa pueda conocer qué gastos y beneficios le representará al implementar la PTAR y de esta forma tomar una decisión.

IV. MARCO TEÓRICO

A. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Conocemos como tratamiento de aguas residuales a la serie de procesos biológicos, químicos y físicos para la remoción y eliminación de contaminantes de la misma naturaleza en aguas utilizadas por humanos. El objetivo de este proceso es de producir agua que pueda ser reutilizada de cierta forma y obtener aparte el lodo de impurezas y contaminantes que también se le puede dar un segundo uso (Ramalho 1996).

Estas pueden provenir de las siguientes fuentes:

- a. Escorrentías de usos agrícolas
- b. Aguas domésticas o urbanas
- c. Corrientes pluviales
- d. Aguas industriales

(Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York 1969)

La apariencia de estas aguas es un líquido turbio de color negro o gris (dependiendo del tiempo transcurrido desde que fueron descartadas) con partículas suspendidas. Con el avance de la descomposición de materia orgánica en las aguas y el uso del oxígeno disuelto, estas empiezan a cambiar de tono a un negro y se puede notar el olor característico. El contenido de partículas suspendidas que estas aguas pueden contener se conforma principalmente de materia fecal, alimentos, papel, desechos no orgánicos, entre otros (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York 1969).

Este contenido de partículas o impurezas en las aguas es menor al 0.1 % de la composición en la mayoría de los casos y pueden encontrarse suspendidos, disueltos o flotando. La cantidad total de sólidos se conoce como sólidos totales y nos indica la cantidad de sólidos orgánicos, inorgánicos, material suspendido y los disueltos (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York 1969).

1. Sólidos orgánicos:

Son los provenientes de un origen animal o vegetal. Estos se descomponen y luego degradan en la presencia microorganismos gracias al metabolismo bacteriano y puede suceder con presencia de oxígeno o sin este.

2. Sólidos inorgánicos:

Estos a diferencia de los orgánicos no pueden descomponerse y degradarse con excepción de algunos minerales. Estos pueden ser arena, grava, sales minerales, entre otros.

3. Sólidos suspendidos:

Estos son las partículas de mayor tamaño y en muchos de los casos insolubles en el agua. Estos pueden ser arcilla, polvos, arena, papel, sólidos fecales, entre otros. La mayoría de las veces estos se conforman de 70 % orgánicos y el resto 30 % de inorgánicos.

(Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York 1969)

Como se mencionaba anteriormente el tratamiento es el conjunto de operaciones unitarias para la separación de impurezas y luego la desinfección de esta para poder contaminar lo menos posible el ambiente. Esta se separa en 4 etapas: preliminar/ primario, secundario, terciario y cuaternario (Metcalf & Eddy, Inc. 2003).

B. SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS:

Consiste en un set de etapas, preliminar/ primario, secundario, terciario y cuaternario. En donde cada parte se realiza un set de operaciones unitarias para ir separando o extrayendo ciertas impurezas o compuestos no deseados de las mismas (SpenaGroup 2019).

1. Pretratamiento y primario:

Ambas se enfocan en la remoción de sólidos gruesos y sólidos suspendidos y sedimentables. Esto puede lograrse mediante sistemas de filtraciones, separadores gravitacionales, flotaciones o sistemas de coagulación y floculación (SpenaGroup 2019).

a. Pretratamiento:

En esta etapa se preparan las aguas para ingresar a la planta de tratamiento de agua, esto para asegurar el funcionamiento adecuado de la planta y la protección de los equipos. Se debe asegurar un caudal constante antes de ingresar a la planta. Esta etapa se enfoca en la remoción de los sólidos flotantes de mayor tamaño, grasas y sólidos abrasivos. Los equipos mas utilizados son: desarenadores, rejillas, molinos, tanque homogenizador, entre otros (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York 1969).

b. Primario:

Ya en esta etapa se comienza con la remoción de los sólidos suspendidos, los cuales se logra la remoción del 40-60 % sin la utilización de químicos adicionales. Con la adición de estos químicos es posible la remoción de hasta el 90% de estos. En esta etapa estos sólidos se separan de forma física con un sedimentador (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York 1969).

Ejemplos de separaciones: Palos, grasas, sólido suspendidos, materia orgánica, harapos, arena, entre otros(Metcalf & Eddy, Inc. 2003).

2. Tratamiento secundario:

Este se les conoce a las operaciones unitarias de tratamiento Biológico. Es donde se eliminan la materia biodegradable y resto de sólidos suspendidos que se encuentra en el agua. De donde podemos dividirnos en dos grandes grupos: tratamiento aerobio y anaerobio(SpenaGroup 2019).Durante esta etapa también se deben oxidar los constituyentes biodegradables disueltos, transformar o eliminar nutrientes (nitrógeno y fósforo) y en algunos casos eliminar trazas de compuestos orgánicos (Metcalf & Eddy, Inc. 2003).

Con un proceso biológico se desea reducir y convertir la materia orgánica en sólidos sedimentables para luego se separados por sedimentación. Esta puede darse con una oxigenación directa o con un proceso anaerobio y se puede lograr una remoción del DBO entre el 85 – 95 % (Rojas 2002).

Como se mencionaba se subdividen en dos tipos de tratamientos biológicos:

a. Sistema de tratamiento aeróbico

Es según la respiración con oxígeno (Metcalf & Eddy, Inc. 2003). Este proceso biológico es altamente efectivo, pero tiene un costo muy elevado en la mayoría de los casos. Esta opción es utilizada principalmente cuando los parámetros de descarga son estrictos y cuando se tiene un presupuesto alto para la implementación. También requiere una alta carga energética debido a la cantidad de oxígeno necesario para un proceso adecuado entre la biomasa aeróbica activa y la materia orgánica (Global Water & Energy 2019).

En este proceso, la forma más eficiente de realizar este proceso es por medio de un tratamiento de lodos activados. Los lodos activados transforman la materia orgánica soluble e insoluble en sólidos biológicos floculantes que pueden ser separados por medio de una sedimentación. Este tratamiento puede alcanzar eficiencias de remoción de DBO de 90-99%. En este tratamiento se pueden procesar aguas residuales con una mayor carga orgánica. Al compararlo con un proceso anaerobio, la operación y mantenimiento de este tratamiento es mucho más complicada y costosa (Metcalf & Eddy, Inc. 2003).

b. Sistema de tratamiento anaeróbicos:

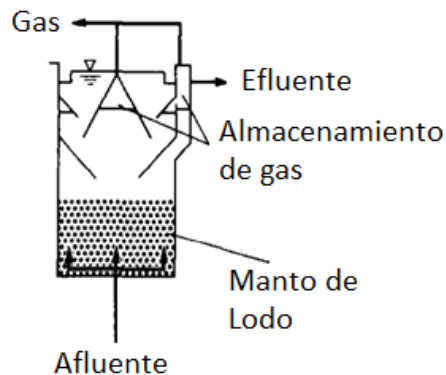
Sin uso de oxígeno y el uso de microorganismos para la degradación de compuestos biodegradables y reducir índices de DBO y DQO (Metcalf & Eddy, Inc. 2003). Los compuestos orgánicos presentes en la materia a tratar se convierten en metano (60-80%), dióxido de carbono (20-40%) y microorganismos. Es importante controlar durante este proceso la temperatura del agua y los lodos en el interior del reactor, y el volumen de estos. Ya que este puede afectar el crecimiento microbiano. Estos procesos tienen bajos requerimientos y generan biogás y lodos como subproducto. De ambos se puede dar una reutilización (Comisión Nacional del Agua 2018).

Este proceso se debe de llevar a cabo en tanques completamente herméticos y en la presencia de varios microorganismos. Estos microorganismos se alimentan de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Esos microorganismos están conformados por las bacterias productoras de ácidos y las productoras de metano. Las primeras bacterias convertirán la materia orgánica en productos intermedios y se denomina fase ácida con un pH por debajo de 6.8. Luego las bacterias segundas convierten estos productos secundarios en gases y subproductos estabilizados y a esta fase se le denomina como metánica, donde el pH aumenta a 7.4 (Cyclus 2002).

c. Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA):

El reactor para poder realizar este proceso debe ser un tanque de tipo Imhoff, donde se le ingresa el efluente por la parte inferior del mismo y con un caudal constante. Dentro de este reactor mientras sucede la descomposición y las partículas del se convierten granulares y aumentan la gravedad específica del mismo y por ello sucede una decantación dentro del tanque. Por otro parte el gas producido durante las reacciones debe de poder salir por la parte superior del tanque en forma de cono y el agua “más limpia” sale por medio de rebalse en la parte superior del cilindro (Jocol 2006).

Ilustración 1. Reactor de flujo ascendente y sus partes.



(Metcalf & Eddy, Inc. 2003)

3. Tratamiento terciario:

Este es el proceso para la remoción o la reducción de sólidos suspendidos residuales y total de nutrientes (fósforo y el nitrógeno) aún presente en las aguas. Se puede trabajar por medio de la precipitación del fósforo por medio de la coagulación y floculación y luego la gasificación del nitrógeno y de esta forma eliminarlos (Metcalf & Eddy, Inc. 2003). Este proceso es una continuación a la etapa anterior y proceso efluentes con una menor carga contaminante. Durante este proceso las principales eliminaciones que se dan son: fosfatos y nitratos, huevos y quistes de parásitos, sustancias tensoactivas, algas, bacterias y virus, sólidos totales y disueltos, entre otros (Rojas 2002).

Ilustración 2. Eliminación de constituyentes por operaciones y procesos.

Función de eliminación	Operación o Proceso
Eliminación de sólidos suspendidos	Filtración con micro tamices
Oxidación de amoníaco	Nitrificación biológica
Eliminación de nitrógeno	Nitrificación/desnitrificación biológica
Eliminación de nitratos	Desnitrificación biológica en etapas separadas
Eliminación biológica de fósforo	Eliminación de fósforo en líneas principales y auxiliares
Eliminación biológica conjunta de nitrógeno y fósforo	Nitrificación/desnitrificación biológica y eliminación de fósforo
Eliminación física o química de nitrógeno	Arrastre por aire Cloración
Eliminación de fósforo por adición de reactivos químicos	Precipitación química con sales metálicas o cal.
Eliminación de compuestos tóxicos y materia orgánica refractaria	Adsorción con carbono Lodos activos Oxidación química
Eliminación de sólidos inorgánicos disueltos	Precipitación química Intercambio iónico Ultrafiltración Ósmosis inversa Electrodialisis
Compuestos orgánicos volátiles	Volatilización y arrastre con gas

(Metcalf & Eddy, Inc. 2003)

4. Tratamiento cuaternario:

La última etapa del proceso y es la que se encarga de la eliminación o reducción casi total de las coliformes fecales y de las E. Coli. por medio de la desinfección de las aguas (Metcalf & Eddy, Inc. 2003).

Se enfoca esta etapa en eliminación de patógenos y agentes infecciosos microscópicos para evitar la dispersión de enfermedades a través de estas aguas. Los métodos más utilizados para este tratamiento son: cloración, ozonación y radiación UV. Los desinfectantes que más se utilizan son el cloro y sus derivados (hipoclorito de sodio y de calcio) (Metcalf & Eddy, Inc. 2003).

a. Cloración:

Es la metodología más utilizada para la desinfección y esto se debe a bajo costo que este con lleva en comparación a los otros métodos. Otra razón es que es posible encontrar a estos en los 3 estados de la materia (sólidos, líquidos y gaseosos). Estos compuestos presentan una alta toxicidad para los microorganismos como los grupos coliformes y E. Coli. Algunas limitaciones que se tienen al utilizar este método son la alta toxicidad de estos, por lo que se requiere un manejo adecuado y con una seguridad estricta. Por otra parte, estos reaccionan con los fenoles para formar clorofenoles lo que trae un fuerte olor. Los compuestos (desinfectantes) más utilizados son el hipoclorito de sodio y de calcio.

b. Ozono:

El ozono es utilizado para la desinfección de las aguas residuales dado sus propiedades germicidas. Este gas tiene un olor distintivo, de color azul, tóxico e inestable. Las ventajas de su utilización son que elimina casi por completo el olor, color y sabor de las aguas a procesar. Las limitaciones de este método es el alto consumo energético y su alto costo de utilización debido a que debe de generarse *in situ* por medio de generadores de ozono que pasan oxígeno a través de una corriente eléctrica de 5,000 a 20,000 V y 50 a 500 Hz. Al someter el oxígeno a un pulso de alta energía la molécula diatómica del oxígeno se rompe en oxígeno atómico y se reordenan para formar el ozono (O₃).

C. ACUERDO GUBERNATIVO NO. 236 – 2006

Artículo 28: Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales al alcantarillado público. Parámetros que cumplir para las 4 distintas etapas entre los años 2011 y 2024 para empresas que descargan sus aguas de tipo ordinario al alcantarillado público.

Ilustración 3. Tabla de los parámetros del artículo 28 del acuerdo gubernativo 236-2006, los cuales se deben cumplir por las aguas de la empresa bajo estudio.

Artículo 28. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Para la descarga de las aguas residuales de tipo especial hacia un alcantarillado público, se deberá cumplir con los límites máximos permisibles de conformidad con las etapas de cumplimiento correspondientes establecidos en el cuadro siguiente:

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de mil once	Dos de mayo de mil quince	Dos de mayo de mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	200	100	60	60
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	1500	700	400	200
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	180	150	80	40
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	40	20	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁵	< 1x10 ⁵	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

(Berger, Dary y Arroyave 2006)

D. DIMENSIONAMIENTO

1. Tratamiento preliminar/ primario

a. Proyección de la demanda de agua

Para poder comenzar el diseño de una planta de tratamiento de agua es sumamente importante las condiciones a la cual esta estará trabajando para permitir un funcionamiento adecuado y un tratamiento esperado de las aguas. Debido a que la inversión inicial de un sistema de tratamiento de agua no es nada económico y costo de mantenimiento y operación depende del buen funcionamiento de esta es de suma importancia el caudal que estará ingresando a la planta. Es por ello por lo que se debe de realizar una proyección del uso y descarga de aguas residuales a futuro, de entre 8 a 10 años(Fuente S.F.).

b. Rejillas y cribado

El cribado se utiliza para la remoción o retención de sólidos de mayor tamaño para prevenir que estos ingresen a la planta. Para este se colocan componentes en forma paralela, donde los más utilizados son las barras, rodillos, alambres, malla, placa perforada, entre otros (Metcalf & Eddy, Inc. 2003).

Las rejillas se le conoce al cribado de barras y rodillos, las cuales tienen un distanciamiento de entre 2-15 cm y deben estar con una inclinación. Las rejillas se pueden clasificar por su espaciado entre barras y por el tipo de limpieza. Las primeras se subdividen en las gruesas las cuales tienen un paso de agua de entre 0.6 - 2.5 cm, las finas tienen un paso de agua de entre 0.15 – 0.6 cm y por último las micro rejillas con una apertura de entre 0.02 – 0.15 cm. Las segundas se subdividen en manual que se refieren a rejillas con una inclinación de 45 – 60 ° con respecto al eje horizontal y se deben de limpiar de forma manual con rastrillos, luego se tienen las mecánicas de 75 – 90 °(Comisión Nacional del Agua 2018).

Ilustración 4. Parámetros de diseño de rejillas de limpieza mecánica y manual.

Parámetro	Tipo de limpieza	
	Manual	Mecánica
Ancho de barra (mm)	5-15	5-15
Profundidad de barra (mm)	25-38	25-38
Espacio entre barras (mm)	25-50	15-75
Inclinación respecto al eje vertical (°)	30-45	0-30
Velocidad de aproximación (m/s)	0.3-0.6	Máxima: 0.6-1.0 Mínima: 0.3-0.5
Pérdida de carga (mm)	150	150-600
Coeficiente de pérdida de carga para rejillas limpias		0.7
Coeficiente de pérdida de carga para rejillas sucias		0.6

(Metcalf & Eddy, Inc. 2003)

Ilustración 5. Material retenido por las rejillas con respecto al espaciado entre las barras.

Tamaño de espaciado entre barras (mm)	Peso específico (kg/m³)	Volumen del material retenido (L/1000 m³)
12.5	700-1100	37-74
25	600-1000	15-37
37.5	600-1000	7-15
50	600-1000	4-11

(Metcalf & Eddy, Inc. 2003)

c. Trampa de grasas:

Muchas de las aguas residuales llevan consigo grasas y aceites, los cuales deben de ser removidos antes de que las aguas ingresen a la planta para evitar tapones o reacciones secundarias durante el proceso. Debido a la Norma DIN 4041 para lograr una eficiencia del 92% de retención la trampa debe de tener una capacidad de retención de 40 L de grasa y aceite por unidad de L/s de flujo de agua. En cuestión de construcción de estas se debe mantener una relación entre el ancho y longitud de 1:1.8, debe de tener una tapadera de al menos 60mm de espesor para evitar malos olores y se debe diseñar con una carga de 10% mayor (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente 1973).

Ilustración 6. Caudal de entrada y tiempo de retención para la trampa de grasas

Flujo de entrada (l/s)	Tiempo de retención (minutos)
2 a 9	3
10 a 19	4
20	5

*Para aceites con densidad de 0.937 kg/m³

(Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente 1973)

d. Sedimentación primaria:

Luego de haber removido los sólidos más grandes se deben de eliminar los sólidos totales y arena en los sedimentadores primarios y luego la materia orgánica en los secundarios. La sedimentación se rige por

leyes de Newton y de Stokes, para saber la velocidad de sedimentación y el tiempo de retención de las aguas en el sedimentador (Metcalf & Eddy, Inc. 2003).

Ilustración 7. Tamaños de partículas, número de Reynolds, régimen de flujo y la ley aplicable para la velocidad de sedimentación.

Diámetro límite de partículas	Régimen de flujo	Número de Reynolds	Ley Aplicable
> 1.0	Turbulento	> 10000	Newton Ecuación 8 $v_s = 1.81 \sqrt{d_p \left(\frac{\rho_p - \rho_w}{\rho_w} \right)}$
0.1	Transición	1000	Allen
0.08		600	Ecuación 9
0.05		180	$v_s = 0.22 \left(\frac{\rho_p - \rho_w}{\rho_w} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{d_p}{\mu} \right)^{1/3}$
0.05		27	
0.04		17	
0.03		10	
0.02		4	
0.015	2		
0.01	Laminar	0.8	Stokes
0.008		0.5	Ecuación 10
0.006		0.24	$v_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_p - \rho_w}{\mu} \right) d_p^2$
0.005		1	
0.004		1	
0.003		1	
0.002		1	
0.001		1	

(OPS 2005)

2. Tratamiento secundario:

a. Demanda química de oxígeno (DQO) y bioquímica de oxígeno (DBO)

La demanda química de oxígeno indica el volumen de oxígeno requerido para oxidar materia orgánica en el agua residual. Por otra parte, la demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de volumen requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual (Ramalho 1996).

La relación de DQO con respecto al DBO se realiza para conocer la biodegradabilidad del agua residual a tratar. Si la relación de DQO/DBO es menor a 2.5, esto nos indica que el efluente es biodegradable. Debido a esto se puede utilizar sistemas biológicos como fangos o lechos fluidizados. Pero si el valor se encuentra entre 2.5 – 5 el efluente es poco biodegradable (Osorio y Peña 2018).

b. Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

Consideraciones importantes a tener para el diseño de un RAFA:

a. Características del agua residual:

Es importante el conocer la composición de las aguas, para poder remover cada impureza correctamente. Cualquier sustancia que pueda contrarrestar la granulación del lodo, como la formación de espuma, puede significar un gran problema para el proceso. Cuando la fracción de los sólidos aumenta, la habilidad para formar lodo granulado y denso decrece. Cuando se presenta una concentración de sólidos suspendidos totales es por encima de 6 g TSS/L, es recomendable la instalación de una digestión y un sistema anaerobio (Metcalf & Eddy, Inc. 2003).

b. Carga orgánica volumétrica:

Con cargas de 12 – 20 Kg DQO/ m³al día se logra una eficiencia de remoción de DQO de 65 – 70%, también se logra un tiempo de retención de 4 – 8 horas, un factor de efectividad de 0.8 – 0.9 y una carga alta de ácidos grasos volátiles que permiten una formación de lodo denso y granulado (Metcalf & Eddy, Inc. 2003).

c. Velocidad de flujo ascendente:

Es crítico conocer la velocidad de flujo ascendente para poder diseñar un reactor RAFA, debido a que la velocidad y volumen de flujo ascendente determinan el volumen total del reactor (Metcalf & Eddy, Inc. 2003).

Ilustración 8. Criterios de diseño recomendados para un RAFA

Parámetro	Unidad	Valor
Temperatura mínima	°C	20
TRH con flujo promedio	horas	8.0-12.0
TRH mínimo	horas	4
Velocidad máxima de apertura	m/h	5
Densidad máxima de entrada	m ² /punto de alimentación	4
Ángulo del colector de gas	grados	50
Grosor del colector de gas	m	0.44
Distancia entre deflector y colector	m	0.15
Ángulo del deflector	grados	45
Velocidad de flujo ascendente	m/h	0.5-0.6
Producción de biogás	m ³ kg / DQOrem d	0.08-0.12
Concentración del manto de lodo	kgTSS/m ³	65-70
Altura del manto de lodo	% de gas colector	80-90
SRT	días	32-45
VSS degradado	%	50
Coefficiente de formación bacteriana	kgVSS/kgbDQO	0.08
Razón de carga volumétrica	kgDQO/m ³ d	1.15-1.45
Eficiencia de remoción de DQO	%	65-70
Eficiencia de remoción de DBO	%	75-80
Eficiencia de remoción de TSS	%	75-80

(Lier 2010)

3. Tratamiento terciario:

Ilustración 9. Desempeño de filtros percoladores para la extracción de constituyentes en el tratamiento de aguas residuales

Constituyente	Unidad	Concentración efluente	Reducción %
DBO	mg/L	<10	65-90
SST	mg/L	<10	95
Nitrógeno total	mg/L	<10	90
P total como P	mg/L	3.2	58

(Crites y Tchobanoglous 2002)

a. Porcentaje de remoción

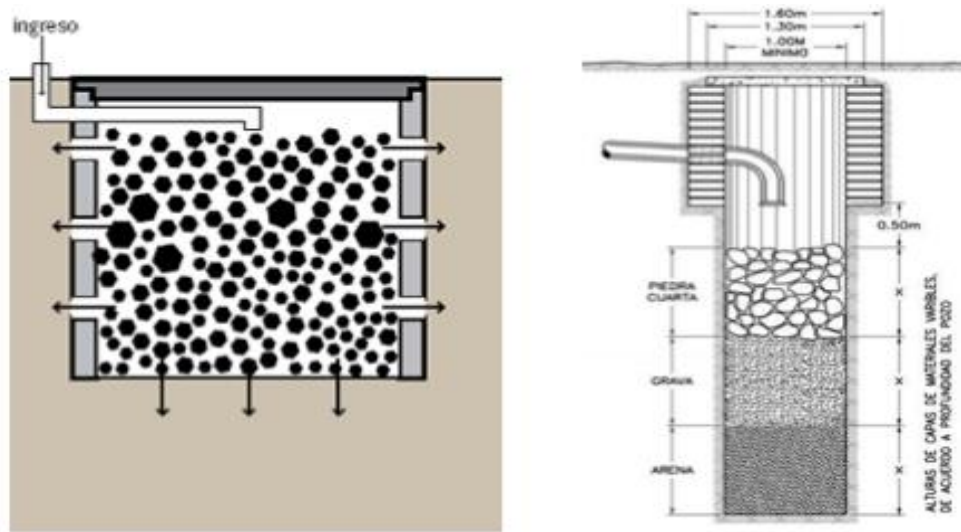
Es la eficiencia de remoción de constituyentes de las aguas residuales a tratar.

4. Tratamiento cuaternario:

a. Teoría de la desinfección

En la desinfección química se trabaja con el concepto de CT el cual nos ayuda a cuantificar la efectividad del desinfectante para la inactivación de los patógenos no deseados.

Ilustración 10. Esquema de un pozo de absorción



Un pozo de absorción debe utilizarse con aguas residuales primarias, es decir las aguas deben de ser aguas negras o grises asentadas. Esto para evitar sólidos que tapen el sistema de absorción. Un pozo de absorción se debe encontrar a por lo menos 30 m de cualquier pozo u obtención de agua potable (Agua 2018).

También el pozo debe de encontrarse a al menos 2 metros de la capa freática (Tilley, y otros 2018).

Las partículas pequeñas son filtradas por la matriz de la tierra y el material orgánico es digerido por los microorganismos. Esta es una buena y sencilla forma de filtrar la orina (Tilley, y otros 2018).

El mantenimiento de un pozo con un tamaño grande no debe de ser tan seguido, si se construyó y se utilizó de manera correcta. Este puede durar entre 3-5 años sin mantenimiento. Se debe tener cuidado de que el efluente sea clarificado y filtrado antes de entrar al pozo y acumular la menor cantidad de sólidos en el mismo. El área donde se colocó o colocará el pozo también influye en este tiempo. Se debe colocar una tapadera removible, de preferencia de concreto para poder excavar y limpiar las partículas y biomasa acumulada en el pozo y al igual que cambiar el relleno del pozo cuando este se haya deteriorado (Agua 2018).

Algunas ventajas son que puede construirse y repararse con materiales disponibles fácilmente, los bajos costos de inversión y operación, no requiere de mucho espacio y no se requiere de mucho para la aplicación. Por otro lado, algunas desventajas son que necesita un pretratamiento las aguas para poder pasar por el pozo de absorción y que el uso de estos puede afectar las propiedades del suelo y los acuíferos (Tilley, y otros 2018).

F. ESTUDIO ECONÓMICO

Antes de poner en marcha cualquier proyecto se debe de realizar un estudio de viabilidad de este. Esto para determinar los beneficios y los riesgos de este, al igual que conocer si puede tener futuro o si es un proyecto sin futuro (OBS 2019). Todos los estudios deben de incluir:

- Entorno de la empresa y la situación actual de la misma
- Mercado al que se dirige el proyecto
- Que características técnicas le hacen falta a la empresa para poner en marcha el proyecto
- Que recursos administrativos y recursos legales que se deben cumplir para que el proyecto se pueda ejecutar
- Los gastos económicos (inversión) que se debe de realizar para que suceda este proyecto

Uno de los aspectos de un análisis de viabilidad es realizar un estudio económico del proyecto, pero esto no es lo único que debe realizarse, ya que esto puede quedar incompleto (OBS 2019).

El estudio económico indica que necesidades económicas y financieras se requieren para poner en marcha un proyecto y poder analizar si el mismo es rentable o no, es decir si conviene o no nos conviene en base a lo que hay que invertir y los retornos de este. Y con ello entendemos:

- Cuanto se debe invertir y de que forma se obtendrá este financiamiento.
- Calcular lo gastos y costos que conlleva la puesta en marcha del proyecto.
- Obtener los beneficios que traerá, posibles ingresos (retorno de la inversión).

(OBS 2019)

La estructuración principal del estudio económico se basa en 4 puntos:

1. La inversión

Se le conoce así a la utilización de recursos de capital en actividades tanto comercial o civil para obtener un retorno u beneficios mayores a un mediano o largo plazo. Es decir, colocar dinero ya sea en un nuevo proyecto, una empresa, acciones, entre otras para luego obtener dinero de esta. Una inversión debe de cumplir con rentabilidad, tiempo y riesgo para poder ser adecuada (OBS 2019).

Existen varios tipos de inversiones:

a. Activos fijos:

Se refieren a los recursos tangibles e intangibles, EJ: maquinaria, mobiliario, vehículos, terrenos, remodelaciones, infraestructura, entre otros (OBS 2019).

b. En capital de trabajo:

Se refieren al dinero invertido para que el proyecto se mantenga en marcha, EJ: mano de obra, materias primas, costos fijos, costos variables, entre otros (OBS 2019).

b. Gastos previos preoperatorios:

Estos se refieren a lo que se destinada para los estudios, el movimiento del proyecto, diseño, planes, EJ: patentes, asesorías, estudios de prefactibilidad, planos, entre otros. (OBS 2019)

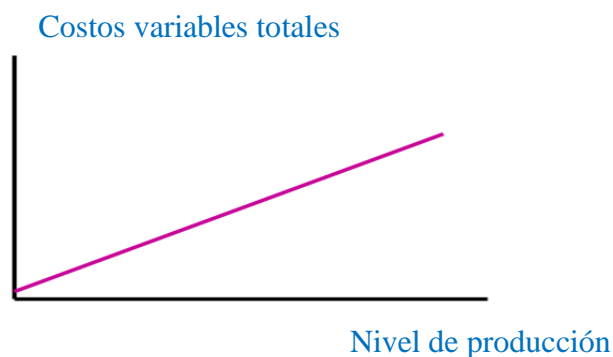
2. Costos

Esto nos habla de lo que nos cuesta o la cantidad que debemos desembolsar para la producción o la entrega de un servicio. Estos nos incluyen las materias primas, los insumos, mano de obra, energía, agua, entre otros. Estos pueden separarse en los costos fijos y los costos variables (Duque, 2017).

a. Costos variables:

Es un costo que están directamente relacionados con el volumen de producción que se tenga, como por ejemplo tenemos las materias primas, empaque, horas extras, entre otras (Duque 2017).

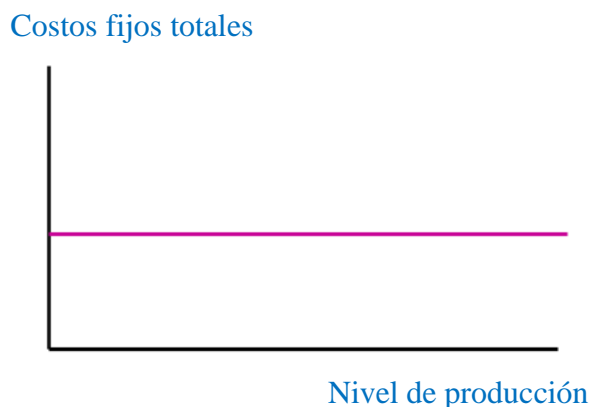
Ilustración 11. Curva de comportamiento teórica de la relación entre el nivel de producción y los costos variables totales.



b. Costos fijos:

Se conocen a estos los que no se ven alterados no importando cuanto volumen de producción se tenga. Es decir, no cambian, como por ejemplo tenemos la depreciación de equipos, mano de obra (planilla), energía, agua, entre otras (Duque 2017).

Ilustración 12. Curva de comportamiento teórica de la relación entre el nivel de producción y los costos fijos totales.



3. Gastos

Esto nos habla de lo que nos cuesta o la cantidad que debemos desembolsar para la distribución o venta de un producto o servicio. Esto es cualquier erogación que no participó directamente en la construcción del producto. De igual forma se divide en gastos fijos y variables (OBS 2019).

a. Gastos fijos:

Son los gastos que se deben de pagar no importando la producción de este, es decir el volumen producido. Estos incluyen alquiler, nóminas administrativas, seguros, entre otros (OBS 2019).

b. Gastos variables:

Estos gastos si esta relacionados con las ventas de producto directamente. Si las ventas suben estos también suben y viceversa. Estos pueden incluir la publicidad, logística, pagos de servicios entre otros (OBS 2019).

4. Ingresos

Luego de la determinación de todos los gastos y costos, se puede avanzar a determinar el retorno de capital del proyecto, es decir los ingresos. Esto se obtendrá luego de la venta del producto o servicio. En base a esto y lo anterior se es posible determinar la rentabilidad de este(OBS 2019).

G. KPI'S FINANCIEROS

Luego de ver los flujos tanto de entradas y salidas es importante determinar cual será nuestra base de determinar si el proyecto nos conviene o no. Esto se determina gracias a KPI's financieros. Estos son indicadores financieros que nos dicen si el proyecto es viable o no (Sinnaps 2019)

Se tiene varios tipos de KPI's financieros donde los más utilizados en proyectos como los de este estudio son el valor actual neto (VAN) o valor presente neto (VPN), tasa de retorno mínima (TREMA), entre otras (Sinnaps 2019).

Lo que usualmente se realiza para determinar si un proyecto es recomendable es:

1. Primero:

Decidir el plazo de duración del proyecto, es decir a cuantos años se espera que este proyecto retorne la inversión y siempre se debe de tomar en cuenta que en este último año se venderán los activos obtenidos para el proyecto. Luego se debe determinar en que período se analizará todo es decir si mensual, trimestral, semanal, anual, etc. (Briseño 2006).

2. Segundo:

Ya se produce el flujo de caja donde se colocan todos los ingresos y egresos a la periodicidad que se determinó anteriormente, incluido la inversión inicial, la depreciación de equipos y el valor de salvamento luego del período que se espere este proyecto esté activo (Briseño 2006).

3. Tercero:

Ya obteniendo el flujo de caja de nuestro proyecto, con base en proyecciones, ventas y lo esperado de inversión podemos pasar al análisis de KPI's y poder determinar si el proyecto nos conviene o no:

a. Valor actual neto (VAN)

También conocido como el valor presente neto (VPN), el cual se utiliza para determinar si la inversión cumple con maximizar la inversión. Esta consiste en pasar todos los cobros y pagos de todo el proyecto al presente y conocer cuanto significa esto en el presente. Con ella se obtienen valores mayores, menores e iguales a 0.

- VAN menor a 0: El proyecto no es rentable, el retorno del proyecto no es suficiente para cubrir la inversión inicial y obtener utilidades del proyecto.
- VAN mayor a 0: El proyecto es rentable, por lo que el retorno de este es mayor a la tasa de costo de oportunidad.
- VAN igual a 0: el proyecto puede o no ser rentable ya que se obtendrá el mismo retorno para recuperar la inversión inicial pero no es seguro la obtención de utilidades.

Ecuación 1. Utilizada para calcular el valor actual neto (VAN) del flujo de efectivo.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

I_0 = Inversión inicial previa o monto desembolsado que se hará al momento de invertir.

F_t = Flujos netos de efectivo o la diferencia entre los ingresos y gastos en el flujo de caja.

k = Tasa de oportunidad (T_o), o la tasa de retorno requerida de una inversión.

n = número de periodos que dura el proyecto (semanas, meses, años, etc).

(Granel 2018)

b. Tasa de retorno mínima (TREMA):

Se conoce la tasa mínima que exigirán los inversionistas para que se de esta inversión de modo que recuperen lo invertido (Briseño 2006). De modo que esta luego se compara con la TIR para determinar si es rentable o no.

Ecuación 2. Utilizada para calcular la tasa interna de retorno (TIR) de un flujo de efectivo.

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} = 0$$

F_n = flujo de caja en el periodo n

n = el número de periodos con los que se está trabajando

i = es el valor de la inversión inicial

(Torres 2016)

H. ANÁLISIS COSTO / BENEFICIO (B/C)

Es una herramienta financiera que nos muestra una relación entre los costos y los beneficios relacionados con un proyecto. Este nos ayuda a evaluar rentabilidad. Este también se conoce como índice neto de rentabilidad.

- B/C mayor a 1: esto nos indica que el proyecto analizado si es rentable.
- B/C menor a 1: esto nos indica que los beneficios no superan los costos por lo que la inversión no es rentable.
- B/C igual a 1: esto nos indica que el proyecto no tendrá ganancias pues los costos y beneficios son iguales.

Ecuación 3. Utilizada para calcular el costo y beneficio monetario de un flujo de efectivo.

$$\frac{B}{C} = \frac{VAI}{VAC}$$

VAI = valor actual de ingresos netos totales
VAC = valor actual de los costos de inversión

(Arturo 2012)

Ecuación 4. Utilizada para determinar la inversión necesaria por cada metro cúbico de agua tratado.

$$RCE = \frac{\text{Total de Costos Equivalente}}{\text{Total de la Medición de Eficacia}}$$

Total de Costos Equivalentes = costos de operación, mantenimiento e inversión.

Total Medición de Eficacia = Volumen de agua a tratar con estos costos.

(Arturo 2012)

I. LICENCIAS AMBIENTALES

Existen varios tipos de licencias ambientales.

Costos aplicables a la emisión: Enfocado a una licencia ambiental B1, la cual posee la empresa bajo estudio existen varios costos para la emisión estos son valores teóricos de los costos que conllevan el trámite y emisión de este tipo de licencias:

Tabla 1. Costos teóricos según el MARN están asociados con el trámite e implementación de una licencia ambiental tipo B1.

Identificación	Costos (Quetzales)
Solicitud de registro en los listados	
Consultor ambiental B	Q 100.00
Auditor ambiental B	Q 100.00
Certificación documentos	Q 50.00

Disposición final	Q 1,000.00
Otros	Q 100.00
Solicitud para procesos de control y seguimiento ambiental realizados por el MARN	
Solicitud de control y seguimiento ambiental en proyectos categoría A o B1, para verificar el cumplimiento de los compromisos ambientales	Q 15,000.00
Ingreso del instrumento ambiental	
Estudios de evaluación de impacto ambiental, para proyectos, obras, industrias o actividades. Categoría B1	Q 400.00
Diagnóstico ambiental, para proyectos, obras, industrias o actividades. Categoría B1	Q 600.00
Categoría de registro en listados	Q 50.00
Plan de gestión ambiental	Q 200.00
Evaluación ambiental estratégica	Q 400.00
Evaluación de efectos acumulativos	Q 400.00
Evaluación de riesgo ambiental	Q 200.00
Evaluación de impacto social	Q 400.00
Instrumento de ampliación o modificación	Q 200.00
Elaboración de términos de referencia específicos para instrumentos ambientales predicativos	
Estudios de evaluación de impacto ambiental, para proyectos, obras, industrias o actividades. Categoría B1	Q 400.00
Elaboración de términos de referencia, específicos para instrumentos de control y seguimiento ambiental	
Auditorías ambientales	Q 300.00
Seguimiento y vigilancia ambiental	Q 300.00

Elaboración de términos de referencia de otras herramientas ambientales	
Otros instrumentos	Q 200.00
Licencia de proveedores de servicios ambientales	
Consultor ambiental B	Q 600.00 - 1 año Q 1,100.00 - 2 años Q 1,500.00 - 3 años Q 1,800.00 - 4 años Q 2,000.00 - 5 años
Auditor ambiental B	Q 600.00 - 1 año Q 1,100.00 - 2 años Q 1,500.00 - 3 años Q 1,800.00 - 4 años Q 2,000.00 - 5 años
Licencias ambientales y su renovación	
De estudios de evaluación de impacto ambiental, para proyectos, obras, industrias o actividades. Categoría B1	Q 15,000.00 - 3 años Q 20,000.00 - 5 años
De diagnósticos ambientales para proyectos obras, industrias o actividades. Categoría B1	Q 15,000.00 - 3 años Q 20,000.00 - 5 años
Disposición final	Q 1,000.00
Otros	Q 100.00
Totales para una industria con licencia categoría B1	
Total	Q 65,500.00

(Morales y Samuels 2016)

J. SALARIOS

1. Salario mínimo

De acuerdo con el Acuerdo Gubernativo No. 242 – 2018 en el cual se establecieron los salarios mínimos de 2019, los cuales no tuvieron ningún cambio con respecto a 2018. Estos salarios se dividen dependiendo de la actividad económica y el turno de trabajo al que se está trabajando son los siguientes:

Ilustración 13. Salarios mensuales, diarios y por hora según el tipo de actividad económica y el bono incentivo mensual para Guatemala 2019.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS	HORA DIURNA ORDINARIA	SALARIO DIARIO	SALARIO MENSUAL	BONIFICACIÓN INCENTIVO	SALARIO TOTAL
NO AGRÍCOLAS	Q.11.61	Q.92.88	Q.2,825.10	Q.250.00	Q.3,075.10
AGRÍCOLAS	Q.11.27	Q.90.16	Q.2,742.37	Q.250.00	Q.2,992.37
EXPORTADORA Y DE MAQUILA	Q.10.61	Q.84.88	Q.2,581.77	Q.250.00	Q.2,831.77

(Ministerio de Trabajo Y Previsión Social 2020)

K. PRESTACIONES Y VACACIONES

En Guatemala cualquier asalariado tiene derecho a sus prestaciones las cuales constan de distintas adiciones al salario acordado entre el patrono y el empleado en un contrato laboral. Estas se pueden resumirse en el siguiente cuadro. Es por ello por lo que a la hora del cálculo de mano de obra se debe adicionarle el 42.32% al mismo, para incluir todas las prestaciones.

Ilustración 14. Distintas prestaciones según el código de trabajo de Guatemala y los porcentajes sobre el salario mensual.

% Bono 14	8.33%
% Aguinaldo	8.33%
% Vacaciones	4.66%
% IGSS, IRTA e INTECAP	12.67%
% Pasivo Laboral	8.33%
% Prestaciones TOTAL	42.32%

(Ministerio de Trabajo y Previsión Social 2019)

V. ANTECEDENTES

La empresa sujeta al estudio es una productora de sacos de distintos tipos de plásticos y de yute, la cual se encuentra en la ciudad de Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala. El proceso no tiene desechos líquidos que descarten a través del sistema de drenajes al alcantarillado público. Por lo que las aguas a tratar provienen de los veinticuatro inodoros, once mingitorios, veinte lavamanos, once duchas, dos lavatrastos y una pila de los sanitarios, la cocina y los casilleros de la fábrica (aguas negras y grises). Se conoce que estas aguas son de tipo ordinario, puesto que la relación de DQO / DBO es menor a 2.5, lo que con lleva a un efluente con compuestos biodegradables(Osorio y Peña 2018).

Ya que la empresa labora desde hace más de treinta años, únicamente cuentan con una trampa de grasa, un pozo de absorción en un área poco utilizada y una fosa séptica en una de las tres salidas de aguas residuales que la empresa tiene. Estas medidas con las que la empresa cuenta no son suficientes para lograr la reducción de los parámetros de sus aguas residuales a los establecidos por el Acuerdo Gubernativo 236-2006. Esto lo podemos corroborar en el último análisis de las aguas residuales de la empresa presentado en la Tabla 2 de esta sección.

Dicha empresa cuenta con una política ambiental de “Usar responsablemente los recursos asociados a la operación de la empresa, con respecto al medio ambiente”(Sacos Agroindustriales 2018). Lo que significa que son conscientes de la importancia de cuidar los recursos y el ambiente; y desean continuar con la mejora de sus procesos y sus desechos para cumplir con la misma.

Por otra parte, la empresa utiliza aproximadamente 3,000 m³ de agua al mes de un pozo propio y la misma no es reutilizada. Este valor fluctúa significativamente durante el año, ya que esto está correlacionado con la cantidad de trabajadores aproximada de 850 al mes. Luego de su uso, el agua es desechada al alcantarillado público. Debido a que la empresa cuenta con un pozo de absorción, requiere de los servicios de un proveedor certificado ambiental, para la extracción de los lodos producidos, que ascienden a aproximadamente 8 m³/ semestrales y les significa un egreso de Q.2,500/semestrales.

Con respecto al tipo de proceso que maneja la empresa y al listado taxativo del MARN, ésta cuenta con una licencia ambiental del tipo B1, según lo indicado por el acuerdo gubernativo 137-2016, que concluye el 11 de enero de 2022. La licencia va amarrada al cumplimiento de los parámetros permisibles del acuerdo gubernativo 236-2006 y por ello deben realizar dos auditorías anuales de sus salidas de aguas residuales por un proveedor certificado por el MARN.

La investigación en cuestión se realizó como tipo megaproyecto por un equipo de trabajo de cinco integrantes y la misma cantidad de etapas: Preliminar / Primaria, Secundaria, Terciaria, Cuaternaria. Con ello la empresa desea el cumplimiento de los parámetros del acuerdo gubernativo hasta la cuarta etapa, para evitar

la contaminación del ambiente y aguas del país, así como evitar cualquier tipo de multa, suspensiones o revocaciones de la licencia ambiental. De esta forma, se busca determinar posibles usos secundarios de los 10,514.10 m³ al año de aguas residuales. Dicho caudal fue pronosticado para 10 años de trabajo y se usó para diseñar la planta propuesta en el megaproyecto.

Tabla 2. Medición más reciente de los parámetros de aguas residuales pedidos por el acuerdo gubernativo 236-2006.

Análisis	Dimensionales	Límites de detención	Resultados máx. diciembre 2018	Parámetros (2024) Art. 28 del Acuerdo Gubernativo 236-2006
Caudal promedio	L s	---	0,11	---
Carga DBO	Kg/día	---	6,44	---
Cianuro	ppm - CN-	0.0100	< 0.0100	1
Color	u Pt-Co	1.40	298	500
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	ppm - O2	3	689	200
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	ppm -O2	3	1,241	---
Relación DQO / DBO	---	---	1.8	---
Fósforo total	ppm - P	0.030	19.50	10
Grasas y aceites	ppm	5	15	60
Materia flotante	---	Presente/ Ausente	Ausente	Ausente
Nitrógeno total	ppm - N	0.30	108.0	40
pH	---	0.01	8.72	6 a 9
Sólidos sedimentables	mL/L	0.1	7.5	---
Sólidos suspendidos	ppm	2	330	200
Temperatura promedio	°C	0.1	22.7	< 40
Coliformes fecales	NMP/100 mL	1.8	5,400,000	< 1 x 10 ⁴
Arsénico	ppm -As	0.0010	0.0019	0.1
Cadmio	ppm - Cd	0.009	< 0.009	0.1
Cobre	ppm - Cu	0.030	0.074	3
Cromo (VI)	ppm - Cr	0.025	< 0.025	0.1
Mercurio	ppm - Hg	0.00085	< 0.00085	0.01
Níquel	ppm - Ni	0.170	< 0.170	2
Plomo	ppm - Pb	0.065	< 0.065	0.4
Zinc	ppm - Zn	0.090	5.090	10

Sobre estos parámetros y necesidades el equipo del megaproyecto propuso la PTAR anaerobia para la empresa. Para su propuesta el equipo se dividió en 4 partes como se mencionó anteriormente y sus resultados que se pueden observar a continuación se tomaron para realizar el estudio económico.

Para iniciar el diseño para la propuesta de la PTAR se caracterizaron los efluentes y se determinaron los parámetros para los cuales los efluentes no cumplen con la normativa y el caudal pronosticado para el funcionamiento adecuado de la misma por 10 años.

Tabla 3. Proyección de caudal de agua potable y residual proyectada para el 2030 utilizando un factor de conversión del 14% de agua potable a residual.

Tipo de caudal	Caudal (m³/mes)	Caudal (m³/s)
Potable máxima	6178.35	2.34x10 ⁻³
Residual máxima	864.97	3.34 x10 ⁻⁴
Residual promedio	293.15	1.13 x10 ⁻⁴
Residual mínima	178.38	6.88 x10 ⁻⁵

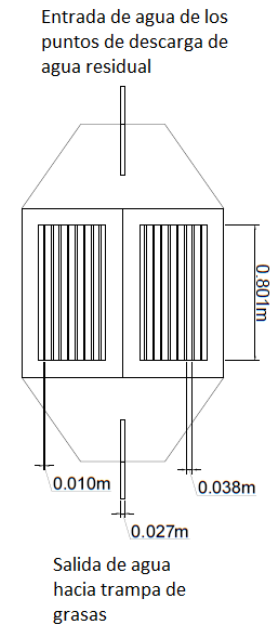
Nota: El factor de conversión se obtuvo de la relación de consumo de agua potable promedio y el caudal promedio de agua residual del 2018 especificada en la sección de cálculos de muestra. Los caudales promedio y mínimo se obtuvieron a partir del aforo de aguas residuales realizado por la empresa externa en el 2018 (referirse a la sección de datos originales) con una proyección para el 2030.

(Barillas, y otros 2019)

Luego de conocer las necesidades que debía suplir la PTAR se diseñaron los equipos de las etapas preliminar y primaria como lo son el canal con rejillas, la trampa de grasas, el tanque homogenizador y el tanque sedimentador primario.

Tabla 4. Especificaciones del sistema de rejillas para el tratamiento preliminar.

Parámetro de diseño	Resultado
Dimensiones las barras de las rejillas	
Longitud (m)	1.133
Ancho (m)	0.0001
Profundidad (m)	0.0315
Espaciado entre barras (m)	0.0375
Ángulo de inclinación	45°
Número de barras por rejilla	8
Dimensionamiento del canal	
Altura (m)	0.80
Ancho (m)	0.40
Largo (m)	0.80
Volumen (m ³)	0.26
Material de construcción del canal	Concreto
Espesor de la pared del canal (m)	0.01
Especificaciones de tubería	---
Material	PVC
Diámetro (m)	0.027 (1 in)
Velocidad de paso (m/s)	0.6



Nota: Las características de las rejillas se obtuvieron a partir de reglas gruesas establecidas en Metcalf & Eddy. Se diseñaron para una pérdida de carga de 0.031 m para rejillas limpias y 0.235 m para rejillas con 50% de taponamiento. El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

(Barillas, y otros 2019)

Tabla 5. Especificaciones de la trampa de grasas para el tratamiento preliminar.

Parámetro de diseño	Resultado	
Dimensiones de la trampa de grasas		<p>Entrada de agua desde el sistema de rejillas</p> <p>0.600m</p> <p>0.390m</p> <p>0.051m</p> <p>Salida de agua hacia tanque de captación de flujo</p>
Altura (m)	0.66	
Ancho (m)	0.22	
Largo (m)	0.39	
Volumen (m ³)	0.055	
Material de construcción de la trampa de grasas	Acero inoxidable	
Especificaciones de tubería	---	
Material	PVC	
Diámetro (m)	0.051 (2 in)	
Velocidad de paso (m/s)	0.895	
Capacidad de retención (m ³)	0.013	
Eficiencia de retención (% v/v)	92	

Nota: Las características de la trampa de grasas se definieron según las reglas gruesas establecidas en la norma DIN 4041 para un porcentaje de eficiencia de 92%. El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

(Barillas, y otros 2019)

Tabla 6. Especificaciones del tanque de captación de flujo.

Parámetro de diseño	Resultado	
Dimensiones del tanque de captación de flujo		
Altura (m)	H1: 1.36 H2: 0.14 (Pendiente del 10%)	
Ancho (m)	2.73	
Largo (m)	1.36	
Volumen del tanque (m ³)	5.59	
Material de construcción del tanque	Concreto	
Espesor de la pared del tanque (m)	0.01	
Especificaciones de tubería	---	
Material	PVC	
Diámetro (m)	0.022 (1 pulgada)	
Velocidad de paso (m/s)	0.865	
Especificaciones de válvula		
Diámetro de entrada (m)	0.022 (1 pulgada)	
Tipo	Proporcional automática	

Nota: Para el diseño del tanque se utilizaron los valores del aforo de agua residual del 2017 al 2018, realizado por la empresa externa encontrados en la sección de datos originales, los cuales fueron proyectados para el caudal de agua del 2030 utilizando una tasa de crecimiento anual de 3.29%. El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

(Barillas, y otros 2019)

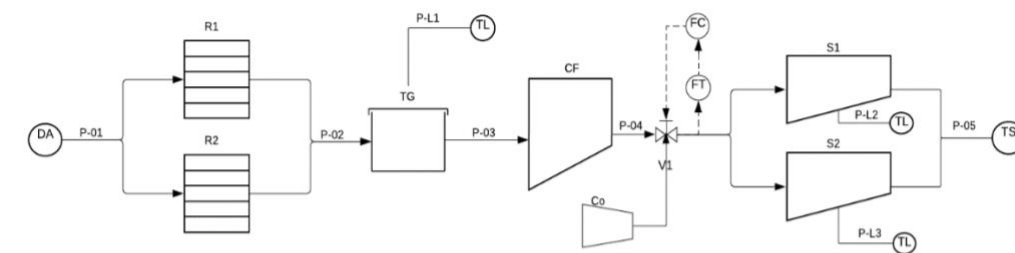
Tabla 7. Especificaciones del tanque sedimentador primario rectangular del tratamiento primario.

Parámetro de diseño	Resultado	
Dimensiones del sedimentador		
Altura (m)	H1: 0.60 H2: 0.66 (Pendiente del 10%)	
Ancho (m)	1.33	
Largo (m)	3.00	
Volumen del tanque (m ³)	2.52	
Tiempo de retención (s)	7200	
Eficiencia de retención (%)	80	
Material de construcción del tanque	Concreto	
Espesor de la pared del tanque (m)	0.01	
Especificaciones de tubería		
Material	PVC	
Diámetro (m)	0.05 (2 pulgadas)	
Velocidad de paso (m/s)	0.17	
Especificaciones del vertedero de salida		
Altura del vertedero (m)	0.035	
Ancho del vertedero (m)	0.113	
Área del vertedero (m ²)	1.96×10^{-3}	
Flujo de salida (m ³ /s)	3.34×10^{-4}	
Eficiencia de retención		
Sólidos sedimentables (% v/v)	80	
Sólidos suspendidos (% v/v)	56	

Nota: El sedimentador primario se diseñó según reglas gruesas establecidas en la literatura para agua residual ordinaria. Se utilizó el modelo de Stokes para el diseño del sedimentador para un tiempo de retención de 2.1 horas. La entrada de agua proviene del tanque de captación de flujo y la salida del agua se dirige hacia el sistema de tratamiento secundario. El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

(Barillas, y otros 2019)

Ilustración 15. Esquema del sistema de tratamiento preliminar y primario.



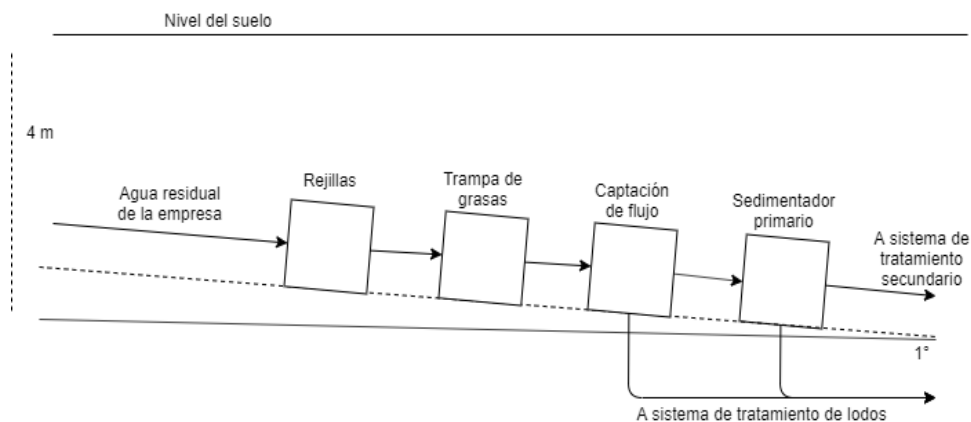
Condiciones de operación PTAR:
1 atm
25°C

Equipos	P-01	P-03	P-05
R1: Sistema de rejillas 1 R2: Sistema de rejillas 2 TG: Trampa de grasas CF: Tanque de captación de flujo V1: Válvula de compuerta automática S1: Sedimentador primario 1 S2: Sedimentador primario 2	0.000334 m ³ /s agua residual 0.086kg/m ³ grasas y aceites 17.25 kg/m ³ sólidos sedimentables 0.648 kg/m ³ sólidos suspendidos	0.000334 m ³ /s agua residual 0.007kg/m ³ grasas y aceites 17.25 kg/m ³ sólidos sedimentables 0.648 kg/m ³ sólidos suspendidos	0.000334 m ³ /s agua residual 0.007kg/m ³ grasas y aceites 3.45 kg/m ³ sólidos sedimentables 0.282 kg/m ³ sólidos suspendidos
Entradas y salidas DA: Descarga de agua residual TS: Tratamiento secundario TL: Tratamiento de lodos	P-02 0.000334 m ³ /s agua residual 0.086kg/m ³ grasas y aceites 17.25 kg/m ³ sólidos sedimentables 0.648 kg/m ³ sólidos suspendidos	P-04 0.000334 m ³ /s agua residual 0.007kg/m ³ grasas y aceites 17.25 kg/m ³ sólidos sedimentables 0.648 kg/m ³ sólidos suspendidos	P-L P-L1: 2.49x10 ⁻⁵ m ³ /s P-L2: 4.00x10 ⁻⁶ m ³ /s P-L3: 4.00x10 ⁻⁶ m ³ /s
Controles FT: Transmisor de flujo FC: Controlador de flujo			Sistemas auxiliares Co: Compresor de aire

Nota: Las condiciones de operación de los sistemas de tratamiento preliminar y primario son a 1 atm y 25°C, la cual es la temperatura de salida del agua residual de la empresa. La válvula automática tiene como equipo auxiliar a un compresor de aire para su funcionamiento.

(Barillas, y otros 2019)

Ilustración 16. Distribución del sistema de tratamiento preliminar y primario.



Nota: La distribución de los equipos del sistema de tratamiento preliminar y primario no está a escala. La separación entre cada equipo es de 1 m, y el punto más bajo de los equipos se encuentra a 4m bajo tierra para la descarga de agua de los equipos por rebalse.

(Barillas, y otros 2019)

Luego del diseño del inicio de la PTAR se avanzó a las etapas 2 y 3 del tratamiento que con lleva a la eliminación de partículas de menor tamaño. En estas etapas se diseñó el reactor aerobio de flujo ascendente (RAFA) y su bomba para el correcto funcionamiento.

Tabla 8. Porcentajes promedio de reducción de los parámetros estudiados con tratamiento de enzimas para agua residual de tipo ordinario.

Enzima	DQO	DBO5	Nitrógeno	Fósforo
BIOZYME	36.7 ± 0.1%	4.4 ± 0.1%	-46.8 ± 0.1%	-1.7 ± 0.1%
ENZIPLUS	30.4 ± 0.1%	4.1 ± 0.1%	-19.1 ± 0.1%	-0.7 ± 0.1%

Notas: Estos porcentajes se calcularon comparando agua sin tratar con agua tratada con enzimas. Las mediciones se realizaron en un mismo día para utilizar la misma muestra de agua y a T = 24.4 °C. El método para calcular la reducción de estos parámetros se realizó por triplicado. El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

(Barillas, y otros 2019)

Tabla 9. Valores calculados obtenidos de los parámetros al utilizar un tratamiento de enzimas, el reactor anaerobio de flujo ascendente y el filtro percolador propuesto.

Parámetro	Límite permisible (ppm)	Valor actual (ppm)	Valor calculado (ppm)	Porcentaje de reducción	Cumplimiento
DBO	200	1,763	89.97	95.47%	si
DQO	---	2,645	221.19	91.64%	---
Relación DQO/DBO	---	1.5	2.46	---	---
Nitrógeno total	20	166.0	16.60	90.00%	si
Fósforo	10	23.8	9.996	58.00%	si
Sólidos suspendidos	100	422.63	28.27	93.31%	si

Notas: El valor actual es medido por un laboratorio externo a la empresa productora de sacos. El valor calculado fue el obtenido después de los cálculos de diseño realizados. El límite permisible proviene del artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006. Las unidades “ppm” representan mg / L. Cálculos realizados a partir de (Metcalf & Eddy 2003) y (Crites & Tchobanoglous 2000).

(Barillas, y otros 2019)

Tabla 10. Parámetros de diseño para el reactor anaerobio de flujo ascendente.

Parámetro	Unidad	Valor
Vn (volumen efectivo del reactor)	m ³	8.45
Área transversal del reactor cilíndrico	m ²	2.40
Diámetro interno del cilindro	m	1.75
Altura de líquido tratado	m	3.52
Altura del reactor	m	3.66
Espesor del reactor	m	0.10
Material del reactor		Concreto
h (altura cono inferior)	m	0.15
Volumen de espacio para el gas (cámara cónica superior)	m ³	0.12
Diámetro de la tubería del afluente	m	0.0254 (1in)
Diámetro de la tubería del efluente	m	0.0254 (1in)
Diámetro de la tubería del gas	m	0.0127 (½in)
Diámetro de la tubería de lodos	m	0.0254 (1in)
Material de tuberías		PVC

Notas: Para el cálculo de estos datos se utilizaron los modelos cinéticos para la digestión anaerobia de aguas residuales de Metcalf & Edy. El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

(Barillas, y otros 2019)

Tabla 11. Parámetros operativos para el reactor anaerobio de flujo ascendente.

Parámetro	Unidad	Valor
Q (Flujo)	m ³ /d	25.920
v (velocidad flujo ascendente)	m/h	0.600
τ (tiempo de retención hidráulica)	h	8.272
SRT (tiempo de retención de sólidos)	d	20.699
Metano producido	m ³ /d	10.487
Px,TSS (lodo producido)	Kg/d	2.506

Nota: El flujo utilizado se obtuvo de una regresión lineal realizada en el Módulo 1 para una proyección a 10 años para diciembre de 2030. El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

(Barillas, y otros 2019)

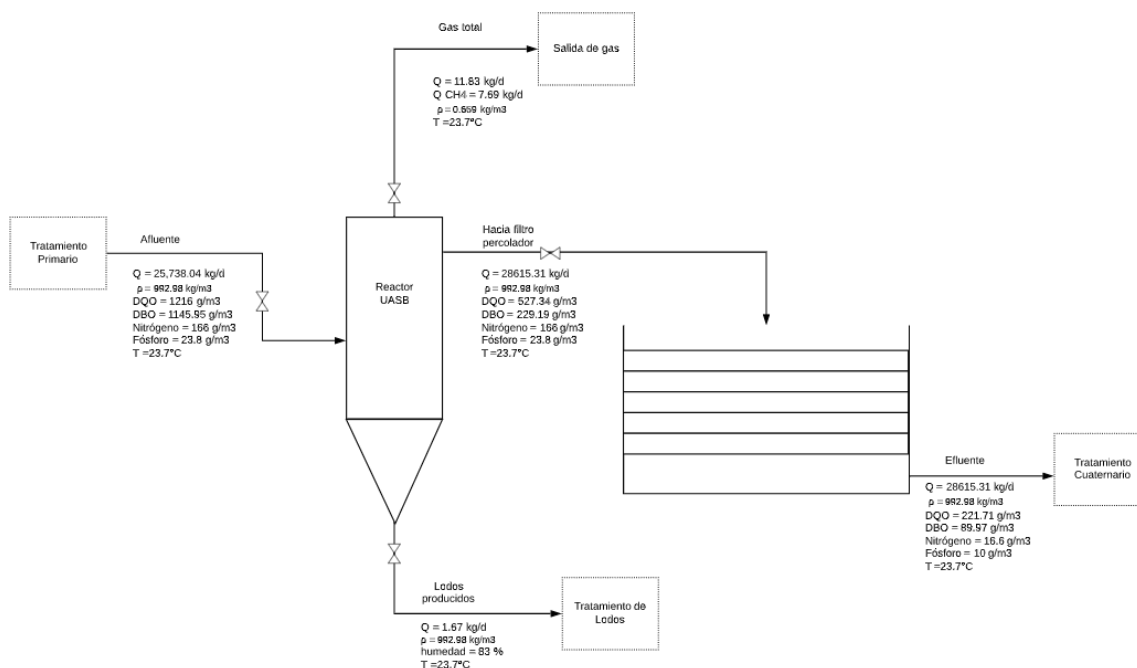
Tabla 12. Dimensionamiento de la bomba centrífuga para trasladar el caudal de tratamiento primario hasta el reactor UASB.

Equipo	Parámetro	Valor
Bomba centrífuga	Caudal, kg/d	28,627.61
	Caudal, m ³ /d	28.83
	Cabeza, m	2.11 m
	Eficiencia	60%
	Potencia, W	6.87
	Diámetro de succión, m	0.0254, (1")
	Diámetro de descarga, m	0.019, (3/4")

Nota: La operación de la bomba es de 24 h los 7 días de la semana. El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos.*

(Barillas, y otros 2019)

Ilustración 17. Esquema del tratamiento secundario y terciario de la PTAR propuesta en el Megaproyecto.



Notas: En el diagrama se presenta el diagrama del tratamiento propuesto. Los cuadros con borde indican los procesos que anteceden y proceden al tratamiento.

(Barillas, y otros 2019)

Luego de completadas las primeras tres etapas del sistema de tratamiento, nos queda el tratamiento cuaternario que con lleva el diseño del tanque de almacenamiento de hipoclorito de sodio, tanque de desinfección y sus equipos de apoyo.

Tabla 13. Comparación pareada para la ponderación de cada uno de los criterios tomados en cuenta para elección del desinfectante.

Criterios		1	2	3	4	5	Total	Ponderación
1	Costo alto	-	3	3	5	3	14	24%
2	Tóxico/peligroso	3	-	2	5	4	14	24%
3	Complejidad del sistema	3	2	-	4	4	13	22%
4	Residuales	1	1	2	-	2	6	10%
5	Mantenimiento	3	2	2	4	-	11	19%
SUMA							58	100%

Nota: En esta tabla se comparan los criterios entre sí, esto significa que 1 se coloca cuando el criterio no es tan importante como con el que se está comparando y 5 se coloca cuando el criterio es mucho más importante que con el otro que se está comparando. Esta tabla se hizo según las necesidades de la empresa. (Barillas, y otros 2019)

Tabla 14. Matriz cualitativa para la selección del desinfectante.

Desinfectante		Costo de Inversión Alto	Tóxico/Peligroso	Complejidad del sistema	Residuales	Mantenimiento	SUMA
Hipoclorito de sodio	Calificación	1	1	1	4	1	1.31
	Ponderación	0.24	0.24	0.22	0.10	0.19	
Hipoclorito de calcio	Calificación	1	1	1	4	2	1.50
	Ponderación	0.24	0.24	0.22	0.10	0.19	
Dioxido de cloro	Calificación	3	4	3	4	3	3.34
	Ponderación	0.24	0.24	0.22	0.10	0.19	
Ozono	Calificación	5	4	5	0	4	4.05
	Ponderación	0.24	0.24	0.22	0.10	0.19	
UV	Calificación	5	1	3	0	5	3.07
	Ponderación	0.24	0.24	0.22	0.10	0.19	

Nota: El desinfectante con menor puntuación es el desinfectante elegido por medio de este método. Esto se debe a que los criterios en esta matriz el 1 significan que carece de ese criterio y el 5 significa que cuenta con ese criterio. (Barillas, y otros 2019)

Tabla 15. Dimensiones y materiales del tanque de almacenamiento de hipoclorito de sodio.

Equipo	Características	
Tanque de almacenamiento	Material	HDPE
	Forma	Cilíndrica
	Orientación	Vertical
	Posición	Nivel Tierra
	Temperatura, K	273.15
	Presión, Pa	101,325
	Volumen, m ³	0.248
	Diámetro, m	0.586
	Altura, m	0.920
	Sobredimensionamiento Volumen	8.4%

Nota: Los cálculos para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento están en la parte de anexos, pg. 63. El material se designa como HDPE, por sus siglas en inglés "High Density Polyethylene" o en español PEAD "Polietileno de Alta Densidad". El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

(Barillas, y otros 2019)

Tabla 16. Dimensiones y material del tanque de contacto entre el agua residual y el hipoclorito de sodio.

Equipo	Características	
Tanque de contacto	Material	Concreto
	Forma	Cilíndrica
	Orientación	Vertical
	Posición	Nivel Tierra
	Temperatura, K	273.15
	Presión, Pa	101,325
	Volumen, m ³	0.680
	Diámetro, m	0.760
	Altura, m	1.5
	Sobredimensionamiento volumen	20 %
	Tiempo de contacto del agua, minutos	34
	Tubería de descarga, m (in)	0.0062 (1/4)

Nota: El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

(Barillas, y otros 2019)

Tabla 17. Características de la bomba peristáltica elegida, para cumplir con la demanda diaria de hipoclorito de sodio. La bomba peristáltica va a estar operando las 24 horas del día, los 7 días a la semana.

Equipo	Características	
Bomba peristáltica	Caudal, m ³ /s	4.0*10 ⁻⁸
	Caudal, L/s	4.0*10 ⁻⁵
	Material carcasa	Policarbonato
	Material tubo peristáltico	Santoprene®
	Potencia, kW	0.03
	Cabeza, m	17.34
	Material tubos succión/descarga	Polietileno
	Diámetro succión/descarga, m (in)	0.013 (1/2)

Nota: El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

(Barillas, y otros 2019)

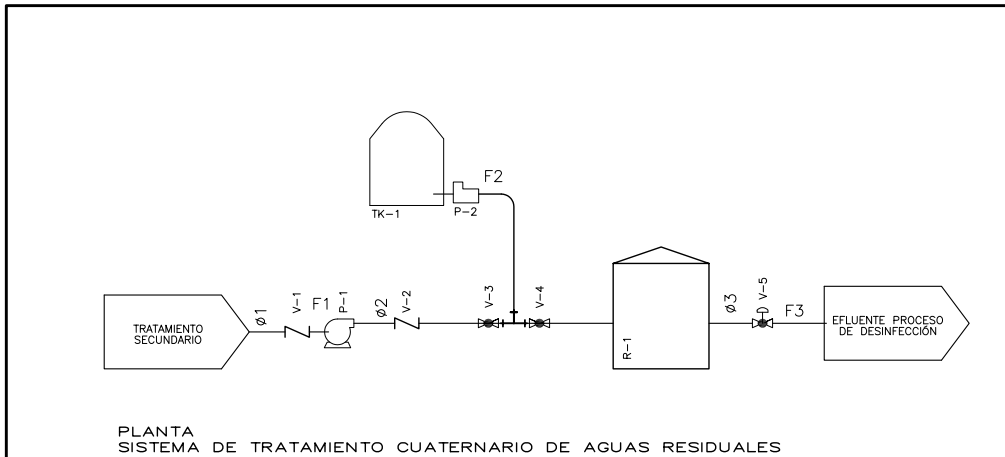
Tabla 18. Dimensionamiento de la bomba centrífuga para poder trasladar el agua desde el tanque de tratamiento terciario de aguas residuales hasta el tanque de tratamiento cuaternario de aguas residuales. La bomba centrífuga va a estar operando las 24 horas del día, los 7 días a la semana.

Equipo	Características	
Bomba centrífuga	Caudal, m ³ /s	3.337*10 ⁻⁴
	Caudal, L/s	0.3337
	Cabeza, m	2.0 m
	Eficiencia	50%
	Potencia, kW	0.37
	Diámetro de succión, m (in)	0.0254, (1)
	Diámetro de descarga, m (in)	0.019, (3/4)

Nota: El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

(Barillas, y otros 2019)

Ilustración 18. Esquema del tratamiento cuaternario.



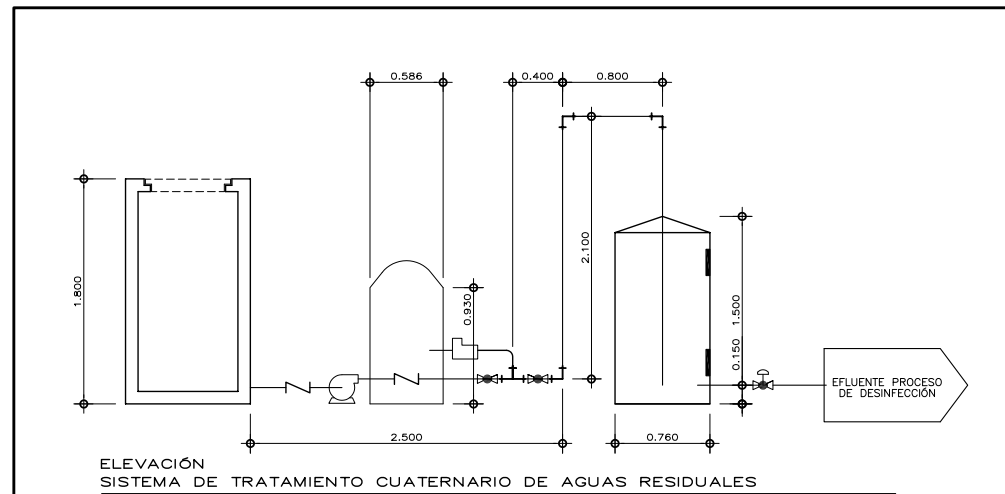
PLANTA
SISTEMA DE TRATAMIENTO CUATERNARIO DE AGUAS RESIDUALES

TUBERÍAS		BALANCE DE MASA				
SÍMBOLO	DIÁMETRO	FLUJO MÁSSICO (kg/s)	NPM/100ml	TEMPERATURA °C	PRESIÓN (kPa)	
ENTRADAS						
Ø 1, m (in)	0.0254 (1)					
Ø 2, m (in)	0.019 (3/4)	F1 AGUA RESIDUAL	0.2977	5.4*10 ⁶	AMBIENTE	101.325
Ø 3, m (in)	0.006 (1/4)	F2 SOLUCIÓN NaOCI	0.000034	-	AMBIENTE	101.325
SALIDAS						
		F3 EFLUENTE	0.297734	1*10 ⁻⁴	AMBIENTE	101.325

SISTEMA DE TRATAMIENTO CUATERNARIO DE AGUAS RESIDUALES

NOMBRE: GABRIELA BARILLAS
 CARNE: 15338
 e-MAIL: bar15338@uvg.edu.gt

11 NOVIEMBRE 2019 HOJA: 01 03



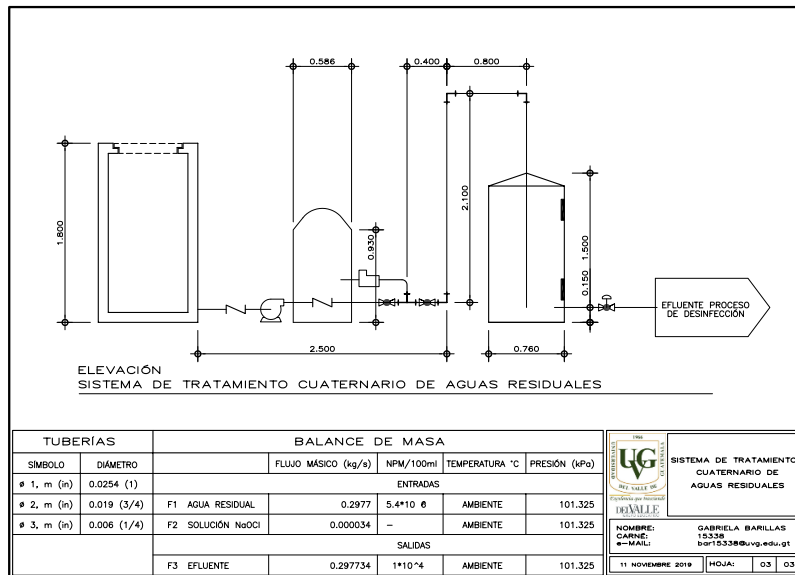
ELEVACIÓN
SISTEMA DE TRATAMIENTO CUATERNARIO DE AGUAS RESIDUALES

TUBERÍAS		BALANCE DE MASA				
SÍMBOLO	DIÁMETRO	FLUJO MÁSSICO (kg/s)	NPM/100ml	TEMPERATURA °C	PRESIÓN (kPa)	
ENTRADAS						
Ø 1, m (in)	0.0254 (1)					
Ø 2, m (in)	0.019 (3/4)	F1 AGUA RESIDUAL	0.2977	5.4*10 ⁶	AMBIENTE	101.325
Ø 3, m (in)	0.006 (1/4)	F2 SOLUCIÓN NaOCI	0.000034	-	AMBIENTE	101.325
SALIDAS						
		F3 EFLUENTE	0.297734	1*10 ⁻⁴	AMBIENTE	101.325

SISTEMA DE TRATAMIENTO CUATERNARIO DE AGUAS RESIDUALES

NOMBRE: GABRIELA BARILLAS
 CARNE: 15338
 e-MAIL: bar15338@uvg.edu.gt

11 NOVIEMBRE 2019 HOJA: 03 03



SIMBOLOGÍA		
SIMB.	CLAVE	DESCRIPCIÓN
Z	V-1 V-2	VÁLVULA DE CHEQUE
	P-1	BÓMBA CENTRÍFUGA
	P-2	BÓMBA PERISTÁLTICA *
	V-3 V-4	VÁLVULA DE BOLA
	R-1	TANQUE DE SISTEMA Terciario
	R-2	TANQUE DE SISTEMA CUATERNARIO
	V-5	VÁLVULA DE NIVEL
	G. N.	GUARDA NIVEL

(Barillas, y otros 2019)

Tabla 19. Dimensiones y parámetros de operación del digestor anaerobio de lodos semi-continuo.

Parámetro	Valor obtenido
Volumen	10.44 m ³
Diámetro	2.68 m
Altura	2.24 m
Altura de cono inferior	0.22 m
Ángulo de la tolva	10°
Porcentaje de estabilización	65.81 %
Temperatura de operación	30°C - 35°C
Tiempo de retención	30 días
Geometría	Cilíndrico con fondo cónico
Orientación	Vertical
Posición	Nivel de tierra
Material	Concreto

Nota: El espesor del concreto será de 10 cm. Se elige este material ya que no es conductor térmico y evitará flujo de calor desde y hacia el reactor. Se utilizó un sobredimensionamiento del 20% en la altura. El tiempo de retención se calculó con la cinética establecida en Metcalf& Eddy 2003. El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

(Barillas, y otros 2019)

Tabla 20. Comparación de nutrientes del lodo de la fosa séptica en relación con otros abonos.

Parámetro (%)	Lodo estabilizado	Humus de lombriz de estiércol	Diferencia (%)
Nitrógeno	1.73	2.11	18
Fosforo	0.38	1.81	79
Potasio	0.07	4.63	95

Nota: Datos de lombricompost. Nutrientes en lodo residual obtenidos por análisis en laboratorio Ceres

(Barillas, y otros 2019)

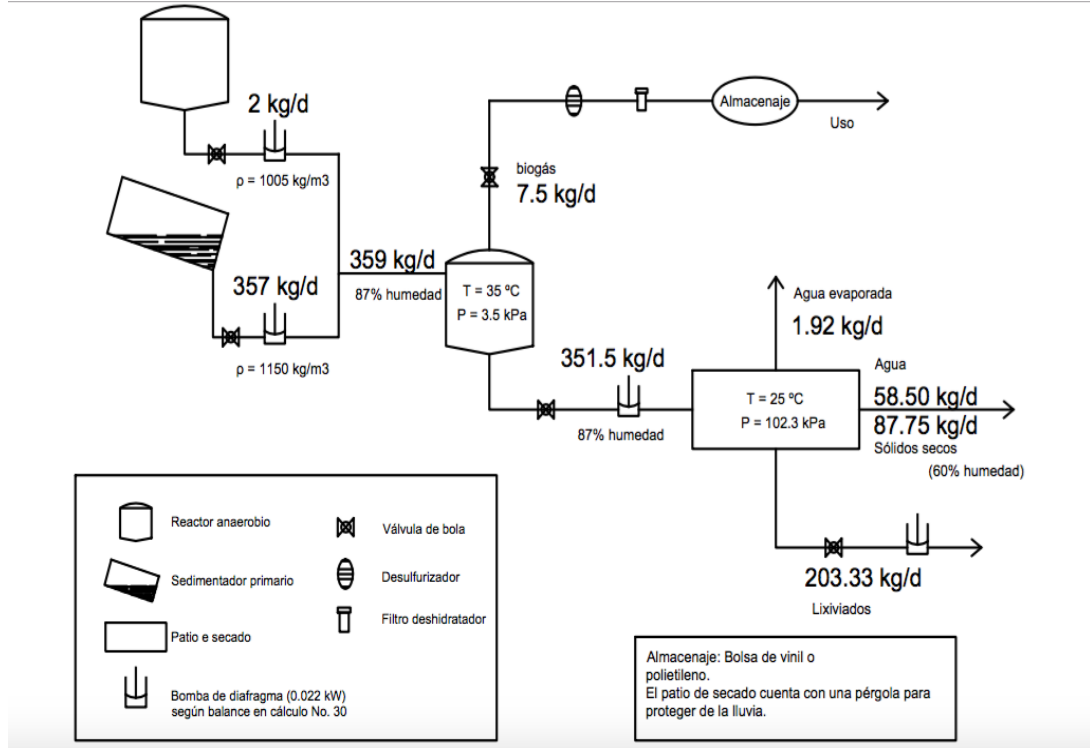
Tabla 21. Dimensiones y parámetros de operación del patio de secado de lodos.

Parámetro	Patio total	Patios individuales
Área	12.24 m ²	1.15 m ²
Volumen	8.57 m ³	0.81 m ³
Ancho	1.53 m	0.74 m
Alto	0.7 m	0.7 m
Largo	8 m	1.56 m
Tiempo de retención	10 días	1 día

Nota: El área del patio de secado total, se obtuvo con las dimensiones de los patios individuales, y tomando en cuenta el espaciamiento entre patios. El lodo pasará un día en cada cavidad para un total de 10 días. Se debe de utilizar arena gruesa con un diámetro de partícula entre 0.3-0.75mm y grava media de 20mm. Por cada kg de lodo con 80% de humedad, se debe adicionar 30g de cal hidratada a la cavidad. La pendiente del patio será del 1% para poder recolectar los lixiviados. El manual de uso y mantenimiento se puede observar en el Megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*.

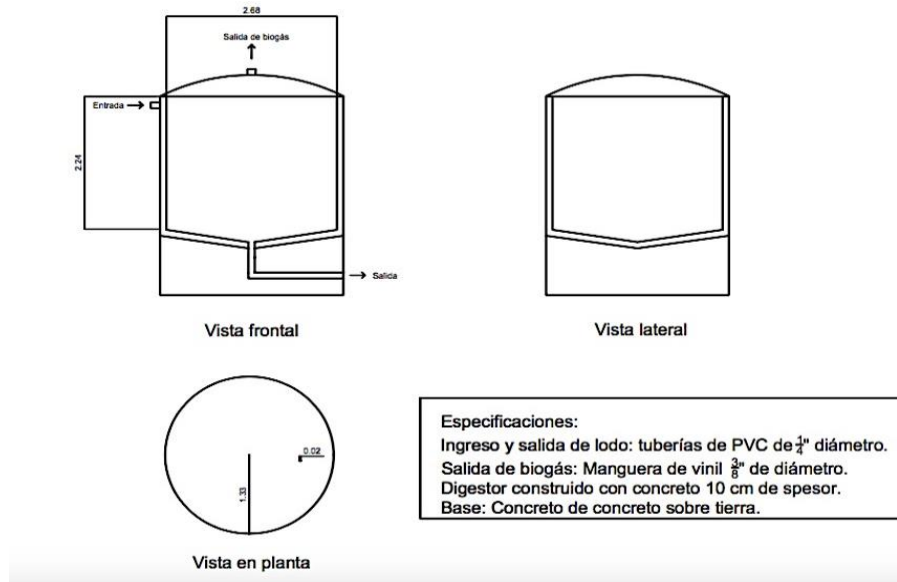
(Barillas, y otros 2019)

Ilustración 19. Esquema de proceso de la planta de tratamiento de lodos.



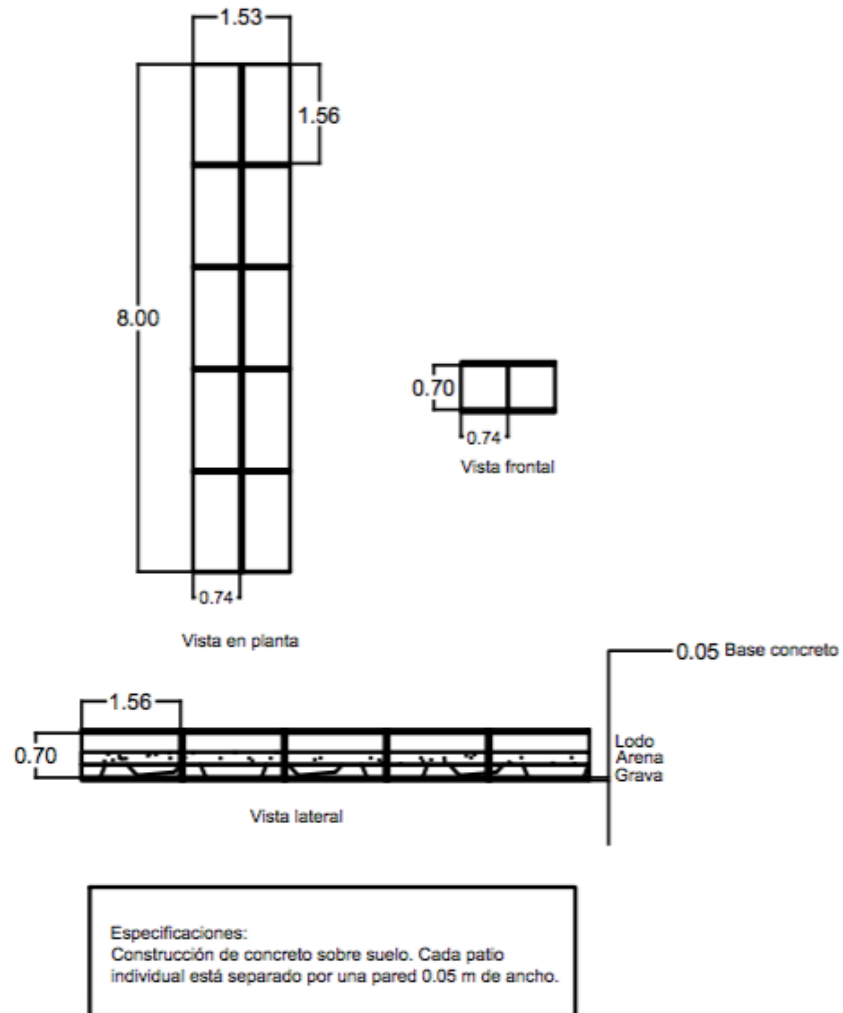
(Barillas, y otros 2019)

Ilustración 20. Esquema de digester de lodos.



(Barillas, y otros 2019)

Ilustración 21. Especificaciones patio de secado de lodos.



(Barillas, y otros 2019)

VI. METODOLOGÍA

1. Listar y cuantificar los equipos y materiales, según lo diseñado por el Megaproyecto, necesarios para la implementación de esta PTAR

2. Determinación de los costos y beneficios de una PTAR anaerobia
 - a. Realizar una base de datos de posibles proveedores a llamar para la cotización oficial.
 - Buscar posibles proveedores como ferreterías, empresas dedicadas a tratamiento de aguas residuales, empresas de extracción de lodos, empresas de bombas, válvulas, empresas de tuberías, empresas de desinfección de aguas como piscinas y empresas de microorganismos y enzimas.
 - Realizar una base de datos con el nombre de la empresa, número de teléfono, página web y posibles productos a obtener de ese proveedor (un ejemplo hidrotecnia – hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, bombas centrífugas).
 - Llamar o escribir a cada empresa solicitando un estimado por teléfono de los posibles productos.
 - Colocar en la base de datos un estimado del costo de cada producto.
 - b. Solicitar una cotización formal por escrito de todos los equipos y herramientas necesitados por los demás módulos para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta
 - c. Solicitar una cotización formal por escrito en empresas locales para determinar la inversión inicial necesaria para la implementación y construcción de esta.
 - d. Realizar un simulador en Excel donde se calcule el costo de la inversión inicial.
 - Determinar los costos de todos los equipos y reactores de la cotización de un arquitecto ya que estos serán fabricados de concreto.
 - Adicionar los costos de tuberías, válvulas y herramientas de cada etapa.
 - Agregar los costos de bombas para el flujo y funcionamiento del proceso.
 - Calcular y adicionar el costo de movimiento de tierras y reconexión del sistema de drenajes de la empresa bajo análisis para llevar todas las aguas residuales al espacio disponible para la PTAR.
 - e. Calcular los costos de operación anual de cada una de las etapas de la planta. Como costos de operación determinar productos y/o químicos a adicionarse en cada área durante el funcionamiento.
 - f. Adicionar al simulador de Excel una pestaña que calcule el costo anual de operación de cada etapa de la PTAR.
 - Cotizar los productos y/o químicos necesarios para cada etapa, al igual que el costo de transporte de estos al lugar de operaciones.

- Calcular las cantidades de uso diario de cada producto y luego los costos de operación mensual de cada etapa y por último anual.
- g. Determinar el costo energético para el funcionamiento de las PTAR.
 - h. Adicionar otra pestaña al simulador en Excel la cual pueda calcular el consumo energético de cada equipo, para determinar el costo anual energético.
 - i. Calcular el consumo energético de las bombas de la PTAR con el voltaje y amperaje de estas o de sus consumos de potencia en KW.
 - Determinar los costos energéticos con la tarifa energética de la empresa y la tasa municipal del uso de alumbrado público de Antigua Guatemala y el consumo energético de los equipos utilizados.
 - j. Calcular el costo de mano de obra necesario para la operación de la planta.
 - Determinar la cantidad de empleados necesarios para el control diario y operación de la planta, esto basándose en las horas diarias necesarias en cada etapa del proceso y los tres turnos que trabaja actualmente la fabrica.
 - k. Calcular los costos de mantenimiento de cada etapa de la PTAR.
 - Determinar en de las 6 PTAR estudiadas cual se asemeja al estudio
 - Graficar los puntos de esa curva para obtener una línea tendencia y su ecuación
 - Interpoliar con la ecuación al valor del estudio y sacarle el 5% para obtener el costo mensual de mantenimiento de la PTAR.
 - l. Adicionar todos estos egresos anteriormente mencionado como egresos en el flujo de efectivo calculado para 10 años.
 - Agregar como egresos del año 0 solo la inversión inicial.
 - Colocar como egresos anuales del año 1 al 10 los costos de operación, energía, mano de obra y mantenimiento de la operación del tratamiento de aguas residuales.
 - m. Calcular los beneficios de implementar la PTAR anaerobia
 - Verificar la cantidad de lodos que estarían dejándose de extraer anualmente de la planta.
 - Cuantificar como un ahorro el costo anual adherido a la extracción de estos lodos.
 - Investigar precios en el mercado local de los abonos parecidos a este abono orgánico (broza y lombricompost) y determinar el valor por libra de abono.
 - Determinar con los costos de operación y mantenimiento del tratado de los lodos para producir abono para jardines el costo de cada libra de abono producido.
 - Determinar el precio potencial de venta por libra de abono con los precios de las alternativas y el costo unitario por libra de abono.
 - Determinar con la cantidad de sólidos tratados para abono anual y el precio de venta el beneficio de la venta de este abono de jardín.
 - n. Determinar el costo/ beneficio de la implementación de la PTAR anaerobia
 - Calcular el costo/ beneficio de la planta como el costo unitario por cada m³ tratado.

3. Comparación de la PTAR propuesta con al menos una alternativa.
 - a. Cotizar a una empresa externa dedicada a la construcción e implementación de sistemas de aguas residuales una PTAR con las condiciones de trabajo con las que se desea que esta opere.
 - b. Cotizar con varias empresas para aumentar el espectro comparativo del estudio.
 - c. Determinar las diferencias técnicas de la PTAR propuesta y cotizada con AMBIOTEC.
 - d. Determinar los beneficios no monetarios de la implementación del sistema para ambas PTAR.
 - e. Realizar un cuadro comparativo con las diferencias técnicas encontradas y los beneficios no monetarios de la implementación de los distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales.

4. Evaluación de la viabilidad económica de ambas propuestas.
 - a. Adicionar al simulador de Excel una nueva pestaña para el flujo de efectivos de la PTAR propuesta.
 - b. Adicionar al simulador de Excel una nueva pestaña para el flujo de efectivos de la PTAR propuesta por Ambiotec.
 - c. Calcular los beneficios monetarios y no monetarios que se obtienen al implementar ambas PTAR.
 - d. Tomar como valores los costos de implementación y de operación de ambas plantas obtenidos anteriormente.
 - e. Realizar un flujo de efectivo para 10 años de los dos sistemas propuestos de PTAR para calcular el VAN a una TREMA del 12% de ambas PTAR.
 - f. Realizar un cuadro comparativo de los costos de implementación y operación de ambas PTAR al igual que el VAN y por último con el costo/ beneficio de cuanto cuesta tratar cada m³ de agua residual.

VII. RESULTADOS

A. COMPARACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PTAR ANAEROBIA Y AEROBIA.

Tabla 22. Comparación de los costos y beneficios monetarios y el costo/beneficio entre la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA) y la PTAR aerobia de lodos activados propuesta por Ambiotec.

Descripción	PTAR anaerobia propuesta	PTAR de lodos activados AMBIOTEC	Extracción de lodos
Inversión inicial	Q454,232.62	Q569,967.70	Q 0.00
Costos de operación (anual)	Q 18,468.24	Q15,858.24	Q 3,614,221.88
Costo energético (anual)	Q8,771.61	Q9,872.65	N/A
Costos de mantenimiento (anual)	Q14,249.57	Q14,968.71	N/A
Ahorro de la eliminación de la extracción de lodos (anual)	Q5,000.00	Q5,000.00	Q 5,000.00
Beneficio del manejo y venta de lodos como abono (anual)	Q49,516.95	Q63,843.24	N/A
VAN	-Q 846,798.85	-Q 877,124.59	-Q 20,392,908.55
Costo/ eficacia (costo por cada m ³ de agua tratado)	Q 16.11 /m ³	Q 17.14 /m ³	N/A
Costo/ beneficio (coeficiente de retorno Quetzal por Quetzal invertido)	0.1200265	0.1207845	N/A

Nota: El flujo de efectivo con el cual se calcularon los VAN, los cuales se realizaron a 10 años y con una TREMA utilizada por la empresa bajo estudio para proyectos del 12%, lo cual puede observarse en las tablas 38 y 39 del anexo.

Tabla 23. Comparación de las diferencias técnicas entre la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA) y la PTAR aerobia de lodos activados propuesta por Ambiotec.

Descripción	PTAR anaerobia propuesta	PTAR de lodos activados ambiotec
<p>Cumplimiento Acuerdo Gubernativo 236-2006</p>	<p>Cumple con los parámetros establecidos hasta 2024</p>	<p>Cumple con los parámetros establecidos hasta 2024, solo si las aguas estudiadas de la tabla 2 de antecedentes se ajustan a los "Principales Parámetros de Referencia Para Aguas Negras Urbanas" de la ilustración 39 del anexo.</p>
<p>Material construcción</p>	<p>Concreto</p>	<p>Concreto</p>
<p>Diseño</p>	<p>Diseñada para 10 años para un caudal pronosticado de 28 m³ / día y en 10 años se tendría que adicionar otro módulo para otros 10 años de tratamiento de aguas. Esta planta está diseñada tomando en cuenta el último estudio de las aguas residuales de la empresa bajo estudio de diciembre de 2018 de la tabla 2 de antecedentes.</p>	<p>Diseñada para un caudal actual de 28 m³ / día y con capacidad de expansión de 50% de la misma a los 10 años sin necesidad de adicionar nada mas, solo aumentar los costos de operación. El diseño de esta está basado en "Principales Parámetros de Referencia Para Aguas Negras Urbanas" de la ilustración 39 del anexo.</p>
<p>Tratamientos</p>	<p>Preliminar: Trampa de grasas / Canal con Rejillas Primario: Sedimentador / Homogenizador Secundario y Terciario: Reactor de Fluidos Ascendentes Cuaternario: Tanque de Desinfección Manejo de Lodos: Digestor de Lodos / Patio secado de Lodos / Venta de sólido seco como fertilizante para jardines.</p>	<p>Preliminar y Primario: Tamizado - Trampa de Grasas Secundario: Tanque Bicameral de Aireación / Sedimentador con Recirculación Lodos Cuaternario: Tanque de Desinfección Manejo de Lodos: Digestor de Lodos / Patio secado de Lodos / Venta de sólido seco como fertilizante para jardines.</p>
<p>Agua final</p>	<p>10,514.10 m³ de aguas tratadas anuales puede reutilizarse para riego de jardines y/o recircularla para inodoros o mingitorios. O bien puede desecharse al alcantarillado sabiendo que cumple con los parámetros establecidos por el acuerdo 236-2006.</p>	<p>10,514.10 m³ de aguas tratadas anuales puede reutilizarse para riego de jardines y/o recircularla para inodoros o mingitorios. O bien puede desecharse al alcantarillado sabiendo que cumple con los parámetros establecidos por el acuerdo 236-2006.</p>

Descripción	PTAR anaerobia propuesta	PTAR de lodos activados ambiotec
Beneficios ambientales	<p>Se estaría dejando de contaminar con los 10,514.10m³ de aguas tratadas anuales al descartarse al alcantarillado público, ya que los procesos con los que actualmente cuentan no son suficientes para el cumplimiento de los parámetros del acuerdo 236-2006 y con esto se evita el daño continuo al este cuerpo de agua a donde desemboca el alcantarillado público su fauna y su flora.</p> <p>También ser estarían reaprovechando y dándole un uso a los 65.00 m³ de lodos tratado al año.</p>	<p>Se estaría dejando de contaminar con los 10,514.10 m³ de aguas tratadas anuales al descartarse al alcantarillado público, ya que los procesos con los que actualmente cuentan no son suficientes para el cumplimiento de los parámetros del acuerdo 236-2006 y con esto se evita el daño continuo al este cuerpo de agua a donde desemboca el alcantarillado público su fauna y su flora.</p> <p>También ser estarían reaprovechando y dándole un uso a los 65.00 m³ de lodos tratado al año.</p>
Tipo de sistema	Anaerobio con reactor de flujo ascendente (RAFA)	Aerobio con sopladores de aire y de lodos activados.
Ventajas y desventajas	<p>Ventajas: Un menor requerimiento energético</p> <p>Desventajas: Su implementación requiere de mucha área superficial.</p>	<p>Ventajas: Requiere de poca área superficial para su implementación.</p> <p>Desventajas: El requerimiento energético puede ser muy elevado.</p>

Nota: Los diagramas de ambas plantas se pueden observar en las ilustraciones 35 y 42, los parámetros utilizados para el dimensionamiento de las PTAR se pueden observar en la tabla 2 de los antecedentes e ilustración 40 del anexo.

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A. COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN PTAR ANAEROBIA Y AEROBIA

Se elaboró un listado de los equipos y herramientas necesarios para la implementación de la PTAR siguiendo las especificaciones y requerimientos que se describen en el megaproyecto, *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*. Posteriormente, se cotizó en varias empresas nacionales y se desarrolló el simulador en Excel que permitió calcular y ordenar los resultados que se describen en este estudio económico. Estas cotizaciones al igual que la descripción del simulador, se encuentran adjuntas en el Anexo. Este estudio económico permite visualizar de forma numérica el alcance del propuesto por el megaproyecto y se contabilizó cada especificación y equipo descrito en el mismo.

Se determinó una inversión inicial de Q.454,232.62 para la implementación de la planta anaerobia de tratamiento de aguas residuales propuesta con RAFA y un costo de operación y mantenimiento anual de Q.123,994.95 lo cual se puede observar en la tabla 22 de resultados.

En contraste, la propuesta de Ambiotec tiene una inversión inicial de Q.569,967.70 para la PTAR aerobia de lodos activados y un costo anual de operación y de mantenimiento de Q.123,205.14 que se encuentra en la tabla 22 de resultados.

Es evidente que la PTAR del megaproyecto requiere una menor inversión inicial que la cotizada por la empresa Ambiotec por Q.115,735.08. Esto demuestra que requiere una inversión inicial menor a la alternativa de 25.48 %, tomando en cuenta que ambas tendrán el mismo tratamiento final de los lodos residuales para su venta como abono para jardines. Este tratamiento consta de un reactor anaerobio digestor para el procesamiento de los lodos y luego se secarán con cal en un patio de secado de lodos con grava y arena, lo cual se puede observar en los antecedentes.

Es posible notar que el costo de operación y mantenimiento anual de la PTAR anaerobia propuesta de RAFA es mayor que la cotizada por la empresa por Q.789.81, lo que indica que operar la propuesta de este estudio requiere un desembolso anual de 0.65% mayor que la alternativa de Ambiotec. Esta variación se da ya que el costo cotizado es un estimado que la empresa externa proporciona. Esta no considera las tasas energéticas reales y al ser de tipo aerobio solo involucra un soplador y no requiere de bombas para mover las aguas dentro del sistema. Por otra parte, éste se calculó tomando en cuenta los “principales parámetros de referencia de aguas negras urbanas” que se observan en la ilustración 40 del anexo y no del último estudio realizado de las aguas a tratar de la empresa bajo estudio que se encuentra en la tabla 2 de los antecedentes. Ya que los rangos de los parámetros urbanos que fueron tomados tienen un menor alcance que los que la empresa necesita (aunque la empresa no tiene residuos de metales pesados ni materiales tóxicos en sus aguas). El

costo operativo de las plantas también difiere porque una PTAR aerobia produce una mayor cantidad de lodos residuales que una PTAR anaerobia y esto afecta directamente la cantidad de cal hidratada necesaria para el tratamiento de estos, como se observa en la ilustración 28 del anexo.

B. BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN PTAR ANAEROBIA Y AEROBIA

A pesar de que una planta de tratamiento de aguas residuales en muchos de los casos, al igual que este, no son un proyecto rentable, son un gasto necesario para cumplir con el ambiente y con el acuerdo gubernativo 236-2006. Se identificó que con la implementación de la PTAR anaerobia con RAFA es posible el tratado de los 12,577.90 kg de lodos producidos anualmente y su venta a Q.2.00 por lb o Q.4.41 por kg como abono natural para jardines y áreas verdes y la obtención anual de Q49,516.95 luego del pago del IVA. Estos lodos pueden reutilizarse ya que la empresa no presenta residuos de metales pesados en sus aguas y tampoco descarta componentes tóxicos a estas aguas.

Agregado a esto, se determinó que la empresa puede ahorrar Q.5,000.00 anuales en la eliminación de la extracción de los lodos por un proveedor, lo que significaría un total de beneficios monetarios anuales de Q.54,516.95 que se observan en la Tabla 22 de resultados; a diferencia de lo que se puede notar para la PTAR de lodos activados cotizada por Ambiotec, con la cual es posible el tratado de los 16,216.95 kg de lodos producidos anualmente y su venta al mismo precio como abono natural para jardines y áreas verdes, así como la obtención anual de Q 63,843.24 luego del pago del IVA. Esta también propone un ahorro anual de Q 5,000.00 por la eliminación de la extracción anual de lodos, ofreciendo un total de beneficios monetarios anuales de Q.68,843.24 que se describen en la tabla 22 de los resultados.

Por otra parte, los beneficios ambientales y para las comunidades cercanas serán los mismos para ambas propuestas puesto que las dos cumplen con los parámetros del acuerdo gubernativo 236-2006. Con esto, se estaría evitando la contaminación del posible efluente de agua (Río Pensativo, Río San Miguel Escobar y Río Achíguate) a donde desemboca el alcantarillado público de Antigua Guatemala. Esto se logrará con el tratado de los 10,514.10 m³ de aguas residuales al año y dándole un uso a los 65.00 m³ de lodos anuales para la PTAR anaerobia de RAFA y 84.87 m³ de lodos anuales para la alternativa de Ambiotec. Por otro lado, las comunidades cercanas que utilizan una posible agua del efluente a donde llegan las aguas, tendrán un agua un poco menos contaminada y eventualmente se irá recuperando el cuerpo de agua tomando en cuenta que todos deben tratar sus aguas a partir del año 2022.

Cumpliendo también con la política ambiental de la empresa, se identificó que en ambas propuestas es posible reutilizar estas aguas finales para el riego de sus jardines y áreas verdes al igual que la implementación de un sistema de reutilización en los inodoros y mingitorios.

C. COSTO/ BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN PTAR ANAEROBIA Y AEROBIA

Luego de la obtención de los valores antes mencionados, fue posible la determinación del costo/eficacia de la PTAR anaerobia propuesta que significaría un costo para la empresa de Q.16.11 por cada m³ de agua tratada. También fue posible determinarlo para la PTAR aerobia presentada por Ambiotec donde costaría Q 17.14 por cada m³ de agua tratada. Como se puede observar se utilizó un costo/eficacia para comparar las alternativas dado que este tipo de proyecto no es rentable como se observa en la Tabla 22 de los resultados con valores menos a 1. Con ello se puede observar que el costo/ beneficio de ambas plantas es muy cercano dado que estas tratarían la misma cantidad de agua anual y los costos de operación de ambas varían en tan solo 0.64% como se mencionó anteriormente. Aunque sí hay un diferencial de Q 1.03 por cada m³ tratado, lo que refleja un menor costo de 6.37 % para la PTAR anaerobia propuesta..

D. COMPARACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PTAR ANAEROBIA Y AEROBIA.

Se determinó que a pesar de que este proyecto si genera ingresos y ahorros para la empresa, no son suficientes para cubrir los egresos, ya que como se puede observar en la Tabla 22 el VAN a 10 años y una TREMA del 12% de la PTAR anaerobia propuesta es de-Q.846,798.85.

Se puede observar que, en la mayoría de los casos, implementar una PTAR es un gasto. Sin embargo, este gasto es necesario para poder cumplir con la Ley y así evitar multas y cierres temporales o permanentes. También es indispensable para poner en acción la política ambiental de la empresa de cuidar el medio ambiente y el uso responsable de los recursos al poder reutilizar el agua que generan y darles un uso a los lodos producidos.

Analizando luego la PTAR aerobia propuesta por Ambiotec, se identificó que es aún mas negativo con un VAN a 10 años y una TMAR de 12% de -Q 877,124.59. Es posible notar que el VAN de la propuesta anaerobia es menos negativa por Q 30,325.74, es decir un 3.58 % menor. Esto como resultado de una mayor inversión inicial que se debe hacer para implementar esta opción. Aunque los ingresos y ahorros son mayores como se comentó anteriormente, no son lo suficientes para recuperar la inversión. Es evidente que este tipo de proyectos no son rentables, sino solo un gasto necesario para cumplir con la ley y en ambos casos deberá ser responsabilidad de producción la apertura de una nueva área llamada Tratado de Residuos y entregar los fondos anuales necesarios para el funcionamiento de la PTAR. Otra opción que se debe de analizar es el poder almacenar los 10,514.10 m³ aguas residuales anuales durante tiempos razonables y contratar los servicios de una empresa externar para su extracción y eliminación responsable. Esto con llevaría una inversión en infraestructura para el almacenaje adecuado y responsable de estas aguas residuales y también traería un gasto fijo para la extracción de las mismas. Podemos observar en la ilustración 50 que la empresa

externa MAPRECO puede prestar el servicio de extraerlas con un costo de Q 4,125.00 por la extracción de 12 m³ de aguas residuales. Tomando esto en cuenta le traería un gasto aproximado de extracción de aguas de Q 3,614,221.88 anual, adicional se debe considerar la inversión para poder almacenar estas aguas. Tomando en cuenta el mismo TREMA del 12% a 10 años nos daría un VAN de – Q 20,392,908.55 tal y como podemos observar en la Tabla 22 de los resultados. Este VAN sería sin incluir la inversión inicial para infraestructura de este proyecto, por lo que al analizarlo a profundidad sería un proyecto aun menos viable.

Se realizó un análisis de sensibilidad para analizar el comportamiento del VAN de ambos proyectos propuestos variando algunas de las variables sensibles, como lo son el costo energético, el sueldo de los trabajadores operando la planta y el costo del mantenimiento. A pesar de que la PTAR aeróbica debió ser más sensible a los gastos energéticos en este no cumple debido a la cantidad de bombas que le implementaron al sistema anaerobio en el megaproyecto. Si observamos la Ilustración 58 del anexo podemos observar que la variable que más afecta nuestro valor actual neto es el salario del personal, por lo que esto podría ser un factor clave al costo / inversión del proyecto. Por otra parte observamos que las reducción o aumento de costos de mantenimiento y el gasto energético no son un factor clave al VAN negativo.

Luego de haber discutido todo lo monetario del proyecto, se debe platicar de las diferencias técnicas entre ambas propuestas. Iniciando con la PTAR aerobia propuesta por Ambiotec la cual no está diseñada de acuerdo con la última medición de aguas residuales realizada por una empresa externa en diciembre de 2018. Esto podría generar un margen de error y no cumplir con los parámetros establecidos en el acuerdo 236-2006, a diferencia de la PTAR anaerobia propuesta que se diseñó tomando como referencia estos datos. Por otra parte, observamos que a pesar de que en ambas propuestas el material de construcción de los equipos / tanques es de concreto, se tiene un diferencial de inversión inicial de Q.115,735.08. Esto se da porque la empresa Ambiotec a esto se dedica por lo que debe tener una ganancia del proyecto, al igual que están implementando una tecnología propia lo cual se estaría pagando con el precio más elevado. Continuando con el diseño de las opciones la planta cotizada por Ambiotec se diseñó para un caudal actual de 28 m³al día, el cual es el caudal pronosticado a 10 años y una posible expansión en 10 años de 50% sin tener que modificar la planta, lo que se puede observar en la ilustración 39. Sin embargo, la situación actual es que el caudal real es de 15.53 m³, por lo que la cotizada por AMBIOTEC está sobre dimensionada por más de un 50%, lo que puede generar un margen de error y que la planta no funcione adecuadamente o no se cumpla con los parámetros establecidos en la Ley.

Debido a que la propuesta del megaproyecto y la cotización realizada por Ambiotec se refieren a dos proyectos de distinta naturaleza, siendo uno aerobio y el otro anaerobio debemos determinar las ventajas y desventajas técnicas de cada proyecto. Un proyecto aerobio tiene como desventaja un requerimiento energético alto debido a los sopladores que se necesitan para oxigenar y darle movimiento a las aguas, pero tienen como ventaja la poca área que ocupa su construcción e implementación. En cambio un proyecto anaerobio es todo lo opuesto, ya que tiene como ventaja el poco requerimiento energético que requieren y

como desventajas las grandes áreas que ocupan ya construidas. Lo cual se puede observar en esta propuesta que aproximadamente necesitaría un área de 105 m² para las 6 etapas propuestas y 14 m² para el patio de secado de lodos. En total esta propuesta requiere de 119 m² para su implementación.

Luego del análisis y comparación de las diferencias técnicas, los beneficios ambientales y sociales, la inversión inicial y los costos anuales de operación y mantenimiento de ambos proyectos se determinó como la opción más viable la de la PTAR anaerobia propuesta con RAFA. Esta decisión se tomó porque requiere una menor inversión inicial, lo cual en la economía actual por la pandemia es de suma importancia. También se consideró los costos operativos anuales de ambas, que en este caso son mayores por 0.64% que la propuesta de Ambiotec, pero a la larga el VAN es menos negativo en 6.37%. Otro punto por lo que se recomienda esta propuesta es porque Ambiotec no consideró el estudio de aguas residuales de la empresa y utilizó un valor teórico, el en el cual algunos parámetros están muy alejados de la realidad para el diseño de la PTAR de lodos activados. También se consideraron las ventajas y desventajas, ya que a pesar de requiere bastante área la empresa tiene suficiente para la construcción de esta y al no requerir sopladores solo unas bombas no tan potentes, su requerimiento energético sería menor. Por último, no se consideró los beneficios ambientales y sociales dado que terminan siendo los mismos en ambas propuestas.

IX. CONCLUSIONES

Se determinó que la inversión inicial y costos de operación y mantenimiento anuales de la PTAR anaerobia propuesta, son de Q.454,232.62 y Q.123,994.951. Asimismo, se identificó que en la PTAR aerobia cotizada por Ambiotec la una inversión inicial y costos operativos anuales son de Q.569,967.70 y Q.123,205.14 respectivamente. Por último se determinó que los gastos de operación anuales de extraer los lodos por medio de una empresa externa es de Q 3,614,221.88.

Se calcularon los beneficios monetarios de la eliminación de la extracción anual de lodos residuales y la venta de estos sólidos tratados en la PTAR anaerobia, donde se obtuvo un total de beneficios de Q.54,516.95. Por otra parte, que para una PTAR aerobia propuesta por Ambiotec se obtienen beneficios por Q 68,843.24. También se identificó que con la implementación de dicha planta se estarían tratando 10,514.10 m³ de aguas residuales.

Se calculó que para la PTAR anaerobia propuesta debe de gastar Q16.11 por cada m³ de aguas residuales tratadas y para la PTAR aerobia propuesta por Ambiotec se requiere un gasto de Q 17.14 por cada m³ de aguas residuales tratadas.

Se determinó que el VAN a 10 años y con una TREMA del 12% de la PTAR anaerobia propuesta con RAFA es de -Q 846,798.85, de la PTAR propuesta por Ambiotec de lodos activados de -Q 877,124.59 y para la extracción de los lodos es de -Q 20,392,908.55. Con lo anterior mencionado se identificó que la propuesta más viable para la empresa es la implementación de la PTAR anaerobia propuesta en este estudio.

X. RECOMENDACIONES

- Determinar los costos de inversión, operativos, beneficios monetarios y no monetarios de la implementación de un sistema de recirculación de las aguas tratadas de la PTAR para su uso en el riego de las áreas verdes y jardines de la empresa al igual que la reutilización en inodoros y mingitorios.
- Proponer un sistema de aprovechamiento del biogás producido durante las distintas etapas del sistema anaerobio y determinar que impacto pudiera tener en el estudio la monetización del biogás (Metano) producido por el sistema anaerobio durante el proceso.
- Proponer otro método más eficiente para el tratamiento de los desechos sólidos (lodos) para el aprovechamiento del área que el actual ocupa y determinar su flujo de efectivo y los beneficios que este podría sumarle al proyecto.
- Analizar un sistema de aprovechamiento y reducción de uso de aguas dentro de la empresa (separar de drenajes de aguas pluviales y aprovechamiento de estas aguas, compra de inodoros y mingitorios, lavamanos y lavaplatos ahorrativos)
- Determinar el impacto de hacer 3 distintas plantas de tratamiento de aguas residuales pequeñas en lugar de unir las 3 salidas de agua y compararlo con el proyecto actual.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Agesic. 2019. *Agesic: Agencia de gobierno electrónico y sociedad de la información*. Último acceso: 15 de 05 de 2019. https://www.agesic.gub.uy/innovaportal/file/3284/1/modelo_para_el_analisis_de_costos_y_beneficios_v20130822.pdf.
- Agua, Alianza por el. 2018. *Pozos de Absorción*. <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/d/d6.html>.
- Arturo. 2012. *Crece Negocios*. 18 de 04. Último acceso: 15 de 05 de 2019. <https://www.crecenegocios.com/el-analisis-costo-beneficio/>.
- Barillas, Gabriela, Jose Barillas, Rucal Jaryleen, Daniela Sarti, y Ximena Figueroa. 2019. *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para una empresa productora de sacos*. Guatemala.
- Berger, Oscar, Juan Dary, y Jorge Arroyave. 2006. *Acuerdo Gubernativo No. 236-2006*. Guatemala, Guatemala.
- Bravo, Dr. Hector. 2011. *CEPAL*. 02. Último acceso: 15 de 05 de 2019. https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/03_analisis_costo_beneficio.pdf.
- Briseño, Hugo. 2006. *Indicadores Financieros*. Zapopan, Jalisco: Editorial Umbral.
- Cáceres, A. 2015. *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que son generadas en el campus Edison Riera km 1 1/2 vía a guano para su reutilización en el riego de áreas verdes*. Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 1973. *Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua*. Organización Muncial de la Salud.
- Comisión Nacional del Agua. 2018. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Reactores anaerobios de flujo ascendente*. México, D.F.
- Congreso de la República de Guatemala. 1992. *Decreto No. 26 - 92*. Guatemala.
- Consultores, Vesco. 2019. *Vesco Consultores*. 27 de 04. Último acceso: 30 de 08 de 2019. <https://www.vesco.com.gt/blog/depreciaciones-y-amortizaciones-para-efectos-fiscales-en-guatemala/>.
- Crites, R., y G. Tchobanoglous. 2002. *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Colombi: McGraw-Hill.

- Cyclus. 2002. *Digestión Anaerobia*. www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-secundario/digestion-anaerobia/.
- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York . 1969. *Manual de Tratamiento de Aguas Negras*. México D.F.: Editorial Limusa.
- Duque, Jannier. 2017. *ABC Finanzas*. 25 de 10. Último acceso: 21 de 04 de 2019. <https://www.abcfianzas.com/administracion-financiera/costos-fijos-y-variables>.
- Fuente, De la. S.F. *Series Temporales: Modelo ARIMA*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Global Water & Energy. 2019. *Descripción de un tratamiento aerobio de aguas residuales*. Bélgica.
- Grael, María. 2018. *Rankia*. 05 de 03. Último acceso: 22 de 04 de 2019. <https://www.rankia.cl/blog/analisis-ipsa/3892041-como-calculas-valor-presente-neto-ejemplos>.
- Jocol, Luis. 2006. *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una industria cárnica alimenticia de Guatemala*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Lier, J. Van. 2010. *Anaerobic Sewage Treatment using UASB Reactors: Engineering and Operational Aspects*. Holanda: Universidad de Tecnología de Delft.
- Mediolanum. 2019. *Banco Mediolanum*. Último acceso: 21 de 04 de 2019. <https://www.bancomediolanum.es/es-ES/inversion/riesgos-inversion.html>.
- Metcalf & Eddy, Inc. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4ª Edición. China: Mc Graw Hill.
- Ministerio de Trabajo y Previsión Social. 2019. *Código de Trabajo de Guatemala: Decreto No. 1441*. Guatemala.
- Ministerio de Trabajo Y Previsión Social. 2020. *Ministerio de Trabajo y Previsión Social*. Último acceso: 10 de 01 de 2020. <https://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/dgt/salario-minimo#2018>.
- Morales, Jimmy, y Sydney Samuels. 2016. *Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*. 11 de 07. Último acceso: 15 de 05 de 2019. <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/4739.pdf>.
- OBS. 2019. *OBS Business School - Universitatde Barcelona: Project Management*. Último acceso: 14 de 04 de 2019. <https://www.obs-edu.com/es/blog-project-management/etapas-de-un-proyecto/elementos-claves-en-el-estudio-economico-de-un-proyecto>.
- . 2019. *OBS BUSINESS SCHOOL*. Último acceso: 21 de 04 de 2019. <https://www.obs-edu.com/es/blog-project-management/causas-de-fracaso-de-un-proyecto/los-costes-variables-elemento-clave-para-la-viabilidad-del-proyecto>.
- OPS. 2005. *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Organización Mundial de la Salud.
- Osorio, Pedro Cisterna, y Daisy Peña. 2018. *bvsde*. Último acceso: 24 de 10 de 2019. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>.

- Ramalho, Rubens Sette. 1996. *Tratamiento de Aguas Residuales*. Reverte.
- Rojas, R. 2002. *Sistemas de tratamiento de aguas residuales*.
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41228623/2002_Sistema_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DSistema_de_tratamiento_de_aguas_residual.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential.
- Sacos Agroindustriales. 2018. *Sacos Agroindustriales*. Último acceso: 20 de 11 de 2019.
<http://www.sacos.com.gt/es/us>.
- Sinnaps. 2019. *SINNAPS*. Último acceso: 21 de 04 de 2019. <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/kpis-financieros>.
- SpenaGroup. 2019. *Safe H2O*. Último acceso: 9 de 03 de 2019. <http://spenagroup.com/tipos-tratamiento-agua-aguas-residuales/#1481575801335-b5f13306-8ed3>.
- TCA. S.F. *TCA software solutions*. Último acceso: 15 de 05 de 2019.
https://www.tcass.com/pdf/Como_analizar_un_buen_analisis_Costo_Beneficio_Riesgo.pdf.
- Tilley, Elizabeth, Christoph Lüthi , Lukas Ulrich, Philippe Reymond, Roland Schertenleib, y Christian Zurbrügg . 2018. *Pozo de Absorción*. 06 de 12. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/uso-yo-disposicion-final/pozo-de-absorcion>.
- Torres, Matías. 2016. *Rankia*. 18 de 11. Último acceso: 22 de 04 de 2019.
<https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>.
- UCM. 2019. *UCM*. Último acceso: 21 de 04 de 2019. <http://ocw.uc3m.es/economia-financiera-y-contabilidad/economia-de-la-empresa/material-de-clase-1/Rentabilidad.pdf>.

XII. ANEXO

A. DATOS CALCULADOS

Ilustración 22. Desglose de costos y cantidades de equipo, obra gris y herramientas para construcción e implementación de la etapa preliminar y primaria de la PTAR anaerobia propuesta en el megaproyecto.

	Equipo	Descripción	Unidades	Empresa	Precio	Total
PRELIMINAR Y PRIMARIO	Tanque Homogenizador	Con volúmen de 5.08 m ³ , 1.36 m de largo, profundidad de 1.36 a 1.5 m (10%) y 2.73 m de ancho (Plástico)	1	Arquitecto	Q 10,336.82	Q 10,336.82
	Trampa de Grasas	De fondo plano, volúmen de 0.055 m ³ , altura de 0.66 m, largo 0.60 m y ancho de 0.60 m y una cubierta con malos olores en la salida con espesor de 60 mm.	1	Arquitecto	Q 1,076.37	Q 1,076.37
	Canal	Altura 0.801m y 0.4 m ancho y 0.5 m de largo con rejillas	2	Arquitecto	Q 2,955.18	Q 5,910.37
	Rejillas	De 8 barras con 45º de inclinación de 10 mm de ancho, 31.5 mm de profundidad y 37.5 mm entre barras	2	Arquitecto	Q 600.00	Q 1,200.00
	Sedimentador Intermitente	Ancho 1.3 m, largo 3 m, con profundidad de 0.60 m a 0.70 m (10%), con pantalla difusora 40 agujeros de 0.075 cm y un área de 0.17 m ² a 0.6 m de la entrada con salida de espumas. Vertededor tipo thompson triangular de 0.035 m de altura.	2	Arquitecto	Q 10,581.45	Q 21,162.90
	Válvula de Compuerta	Válvula de compuerta con actuador neumático	1	Revama	Q 7,716.00	Q 7,716.00
	Tubería PVC	diámetro 2" para despues de las rejillas 160 PSI	2	Ferreteria Mastil	Q 63.36	Q 126.72
	Tubería PVC	diámetro 2" para trampa de grasas 160 PSI	2	Ferreteria Mastil	Q 63.36	Q 126.72
	Tubería PVC	diámetro 1" para homogenizador 160 PSI	2	Ferreteria Mastil	Q 26.46	Q 52.92
	Tubería PVC	diámetro de 2" para sedimentador 160 PSI	2	Ferreteria Mastil	Q 63.36	Q 126.72
	Base	De concreto para toda la planta de de 91.27 m ²	1	Arquitecto	Q 25,095.51	Q 25,095.51
	Codos PVC	Codos PVC 90 grados diámetro 2"	6	NOVEX	Q 6.35	Q 38.10
	Tee PVC	Diámetro 2"	3	NOVEX	Q 8.85	Q 26.55
	Válvula de Bola PVC	Válvula de Bola diámetro 2"	4	NOVEX	Q 50.00	Q 200.00
	TOTAL					

Nota: Cálculo de costos de equipos y accesorios para la fase preliminar y primaria de la propuesta anaerobia.

Ilustración 23. Desglose de costos y cantidades de equipo, obra gris y herramientas para construcción e implementación de la etapa secundaria y terciaria de la PTAR anaerobia propuesta en el megaproyecto.

	Equipo	Descripción	Unidades	Empresa	Precio	Total	
SECUNDARIO Y TERCIARIO	Reactor de reducción de DBO	Tanque cilíndrico con volumen de 8.9 m ³ , de 5 m de altura y 1.514 m de diámetro	1	Arquitecto	Q 13,321.25	Q 13,321.25	
	Válvula de Globo	Válvula manual del 2" de Globo de bronce	1	Ferreteria Mastil	Q 1,248.42	Q 1,248.42	
	Tubería PVC	diámetro 1" 160 PSI	2	Ferreteria Mastil	Q 26.46	Q 52.92	
	Válvula de Cheque	diámetro 1" de bronce	1	NOVEX	Q 70.00	Q 70.00	
	Bomba Centrífuga GLONG	Bomba de 0.5 HP para mover las aguas del homogenizador al tanque de flujo ascendente	1	Hidrosistemas	Q 467.00	Q 467.00	
	Manguera de proceso	Manguera flexible para el manejo del metano diámetro 1" Vinyl reforzado	15	NOVEX	Q 21.00	Q 315.00	
	Válvula de Cheque	diámetro 1/2" de bronce horizontal	1	NOVEX	Q 180.00	Q 180.00	
TOTAL						Q 15,654.59	

Nota: Cálculo de costos de equipos y accesorios para la fase secundaria y terciaria de la propuesta anaerobia.

Ilustración 24. Desglose de costos y cantidades de equipo, obra gris y herramientas para construcción e implementación de la etapa cuaternaria de la PTAR anaerobia propuesta en el megaproyecto.

	Equipo	Descripción	Unidades	Empresa	Precio	Total	
CUATERNARIO	Reactor de desinfección	Tanque Cilíndrico de volumen de 0.88 m ³ , con una altura de 1.651 m y un	1	Arquitecto	Q 2,354.75	Q 2,354.75	
	Tanque Almacenamiento	Tanque Cilíndrico Con una capacidad de 25 Galones para almacenar solución de hipoclorito	1	Grupo Polytec	Q 200.00	Q 200.00	
	Bomba Dosificadora Peristáltica STENNER	Para un flujo de 0.6174 gal/día o 2.3339 L/ día Econ VX E10VXA	1	COMERRSA EWS	Q 2,950.00	Q 2,950.00	
	Tanque de Almacenamiento	Tanque Rototec para evitar gases en la bomba	1	ROTOTEC	Q 710.00	Q 710.00	
	Tubería PVC	Diámetro de 3/4" para conectar tanque de DBO y DQO a tanque desinfección 250 PSI	2	Ferretería Mastil	Q 19.08	Q 38.16	
	Tubería PVC	Diámetro de 1/2" para la salida del tanque de desinfección (1/4") 315 PSI	2	Ferretería Mastil	Q 14.70	Q 29.40	
	Tubería PVC	Diámetro de 1/2" automática por medio de sensores para salida del tanque de desinfección (1/4")	2	Ferretería Mastil	Q 14.70	Q 29.40	
	Válvula de Bola	Válvula de bronce de diámetro de 3/4" Para antes y después de conexión de dosificación	1		Q 7,000.00	Q 7,000.00	
	Válvula de Globo	Diámetro de 3/4" para conectar la tubería de ambos tanques y la bomba dosificadora de hipoclorito de sodio	2	Ferretería Mastil	Q 270.28	Q 540.55	
	Tee PVC	Codos de 90 grados de 3/4" de diámetro para conectar tanque de DBO a tanque de desinfección	1	Ferretería Mastil	Q 1.39	Q 1.39	
	Codos PVC	Reductor PVC de 3/4" a 1/2" para conectar tubería de 3/4" a 1/2"	3	Ferretería Mastil	Q 1.13	Q 3.39	
	Reductor PVC	Bomba de 0.5 HP para mover las aguas del homogenizador al tanque de flujo ascendente	1	Ferretería Mastil	Q 0.85	Q 0.85	
	Bomba Centrífuga GLONG	Diámetro de 1" para succión bomba	1	Hidrosistemas	Q 467.00	Q 467.00	
	Tubería PVC		2	Ferretería Mastil	Q 26.46	Q 52.92	
	TOTAL					Q 14,377.81	

Nota: Cálculo de costos de equipos y accesorios para la fase cuaternaria de la propuesta anaerobia.

Ilustración 25. Desglose de costos y cantidades de equipo, obra gris y herramientas para construcción e implementación de la etapa de manejo y tratado de lodos de la PTAR anaerobia propuesta en el megaproyecto.

	Equipo	Descripción	Unidades	Empresa	Precio	Total	
Manejo de Lodos	Tanque digestor	Con un volumen de 10.44 m ³ , 2.24 m de altura y 2.67 m de diámetro y un cono	1	Arquitecto	Q 14,046.52	Q 14,046.52	
	Patio de secado	De concreto con un área de 11.58 m ² y paredes de 0.90 m de altura 3.40 y ancho de 3.40	1	Arquitecto	Q 11,367.43	Q 11,367.43	
	Tubería PVC	Diámetro 1/2" para conectar del sedimentador a la bomba de lodos y sacar los lodos del sedimentador 315 PSI	5	Ferretería Mastil	Q 14.70	Q 73.50	
	Tubería PVC	Diámetro 1/2" para conectar del biodigestor a la bomba de lodos 315 PSI	2	Ferretería Mastil	Q 14.70	Q 29.40	
	Tubería PVC	Diámetro 1/2" para conectar la bomba con el biodigestor y bomba a patio de lodos (3/8") 315 PSI	4	Ferretería Mastil	Q 14.70	Q 58.80	
	Válvula de Globo	Válvula manual del 1/2" de globo de bronce	2	Ferretería Mastil	Q 212.84	Q 425.68	
	Válvula de Globo	Válvula manual del 1/2" de globo de bronce (3/8")	2	Ferretería Mastil	Q 212.84	Q 425.68	
	Carretas de carga	carretas para transporte de lodos a patio de secado de mano bajo perfil A,G	2	Ferretería Mastil	Q 264.35	Q 528.70	
	Palas planas	palas cuadradas para trabajar y movilizar los lodos largos	2	Ferretería Mastil	Q 58.65	Q 117.30	
	Manguera de proceso	Manguera flexible para el manejo del metano diámetro 1" Vinyl reforzado	10	NOVEX	Q 21.00	Q 210.00	
	Tee PVC	Tee de 1/2" para conectar la salida de ambos sedimentadores y unificarlos para la bomba extractora de lodos	1	Ferretería Mastil	Q 1.06	Q 1.06	
	Codos PVC	Codos de 45 grados de PVC de 1/2" de diámetro	2	Ferretería Mastil	Q 1.68	Q 3.36	
	Codos PVC	Codos de 45 grados de PVC de 1/2" de diámetro (3/8")	4	Ferretería Mastil	Q 1.68	Q 6.72	
	Uniones Universales PVC	Uniones universales PVC de 1/2"	2	Ferretería Mastil	Q 5.22	Q 10.44	
	Uniones Universales PVC	Uniones universales PVC de 1/2" (3/8")	2	Ferretería Mastil	Q 5.22	Q 10.44	
	Bomba Blackstone	Bomba Blackstone para 19 L/h	2	Hanna Instrument	Q 4,003.67	Q 8,007.34	
	Techo para Patio de Lodos	Techo para cubrir el patio de secado de lodos, de madera y lámina plástica para evitar corrosión del ácido sulfhídrico	1	Arquitecto	Q 18,000.00	Q 18,000.00	
	Quemador de gases	Quemador de biogas producido	1	Alibaba	Q 7,700.00	Q 7,700.00	
	TOTAL					Q 61,022.38	

Nota: Cálculo de costos de equipos y accesorios para la fase del manejo de lodos producidos de la propuesta anaerobia.

Ilustración 26. Desglose de costos y cantidades herramientas para la capacitación del personal de la planta para el manejo correcto del agua y desecho correcto de materias para evitar problemas en la PTAR anaerobia propuesta en el megaproyecto.

	Equipo	Descripción	Unidades	Empresa	Precio	Total
Educación	Rótulos Seguridad Industrial	Rótulos de seguridad industrial tamaño doble carta full color PVC de 3mm con 4 agujeros	25	Alquimia	Q 84.00	Q 2,100.00
						Q -
	TOTAL					Q 2,100.00

Nota: Cálculo de costos de accesorios para la fase de educación de la propuesta anaerobia.

Ilustración 27. Desglose de costos y cantidad de metros lineales de movimiento de tierras e instalación de nuevo sistema de drenaje para reconectar todas las salidas de agua a la PTAR.

	Equipo	Descripción	Unidades	Empresa	Precio	Total
Conexión de Tubería	Reconexión de tuberías (metro lineal)	Reconexión de tuberías, movimiento de tierras y cajas de union de la planta	514	Arquitecto	Q 518.00	Q 266,252.00
	TOTAL					Q 266,252.00

Nota: Cálculo de costos de movimiento de tierras e instalación de un nuevo sistema de drenajes para conectar todas las salidas hacia la PTAR anaerobia.

Tabla 24. Costos de inversión inicial PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).

Proceso	Inversión inicial (Q)
Tratamiento preliminar y primaria	Q73,195.71
Tratamiento secundario y terciario	Q15,654.59
Tratamiento cuaternario	Q14,377.81
Tratamiento de lodos	Q61,022.38
Educación buenos usos	Q2,100.00
Reconexión de tuberías	Q266,252.00
TOTAL	Q454,232.62

Nota: Inversión necesaria para implementar y poner marcha la planta de tratamiento de aguas residuales anaerobia propuesta en el megaproyecto.

Tabla 25. Costos anuales de operación PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).

Proceso	Descripción	Costo anual (Q)
Tratamiento preliminar y primaria	N/A	Q0.00
Tratamiento secundario y terciario	Enzima Enziplus para el tratado de las aguas.	Q2,610.00
Tratamiento cuaternario	Hipoclorito de sodio al 5% para la desinfección de las aguas.	Q5,700
Tratamiento de lodos	Cal hidratada / piedrín / arena para el tratado de los lodos.	Q10,158.24
TOTAL		Q18,468.24

Nota: Costos anuales de operación por etapa necesarios para el funcionamiento adecuado de la planta de tratamiento de aguas residuales anaerobia propuesta en el megaproyecto.

Tabla 26. Costos anuales de mano de obra de la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).

Cantidad	Descripción	Costo anual (Q)
1	Operario turno 12 horas diurno	Q82,505.54
TOTAL		Q82,505.54

Nota: Costos anuales de mano de obra necesaria para el funcionamiento adecuado de la planta de tratamiento de aguas residuales anaerobia propuesta en el megaproyecto.

Tabla 27. Costos anuales energéticos de la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).

Proceso	Descripción	Consumo energético anual (KWh)	Costo anual (Q)
Tratamiento preliminar y primario	1 bomba de diafragma blackstone 18 L/h	1,752.00	Q1,349.48
Tratamiento secundario y terciario	N/A	0.00	Q0.00
Tratamiento cuaternario	1 bomba centrífuga GLONG 0.5 HP / bomba dosificadora	3,504.00	Q2,698.96
Tratamiento de lodos	1 bomba de diafragma blackstone 18 L/h	6,132.00	Q4,723.17
TOTAL		11,388.00	Q8,771.61

Nota: Costos anuales energéticos por etapa necesarios para el funcionamiento adecuado de la planta de tratamiento de aguas residuales anaerobia propuesta en el megaproyecto.

Tabla 28. Costos anuales de mantenimiento de la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).

Descripción	Costo anual (Q)
Costo de mantenimiento	Q14,249.57

Nota: Costos anuales de mantenimiento necesario para el funcionamiento adecuado de la planta de tratamiento de aguas residuales anaerobia propuesta en el megaproyecto.

Tabla 29. Beneficios monetarios de la implementación de la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).

Descripción	Ahorro anual (Q)
Ahorro de la eliminación de la extracción de 16 m ³ de lodos del pozo de absorción	Q5,000.00
Tratado, manejo y venta de lodos de la PTAR como abono para jardines	Q49,516.95
TOTAL	Q54,516.95

Nota: Beneficios monetarios calculados de la implementación de la PTAR anaerobia propuesta.

Tabla 30. Beneficios no monetarios de la implementación de la PTAR anaerobia propuesta de reactor de flujo ascendente (RAFA).

Descripción	Cantidad
Descarte de aguas residuales tratadas al alcantarillado público	10,514.10 m ³ /año
Lodos tratados para su venta como abono para jardines	65.00 m ³ /año
Sólidos obtenidos luego del tratado de los lodos para su venta como abono	12,577.90 kg/año

Nota: Beneficios no monetarios identificados de la implementación de la PTAR anaerobia propuesta.

Tabla 31. Beneficios monetarios de la implementación de la PTAR aerobia de lodos activados propuesta por Ambiotec.

Descripción	Ahorro anual (Q)
Ahorro de la eliminación de la extracción de 16 m ³ de lodos del pozo de absorción	Q5,000.00
Tratado, manejo y venta de lodos de la PTAR como abono para jardines	Q63,843.24
TOTAL	Q68,843.24

Nota: Beneficios monetarios calculados de la implementación de la PTAR aerobia propuesta por Ambiotec

Tabla 32. Beneficios no monetarios de la implementación de la PTAR aerobia de lodos activados propuesta por Ambiotec.

Descripción	Cantidad
Descarte de aguas residuales tratadas al alcantarillado público	10,514.10 m ³ /año
Lodos tratados para su venta como abono para jardines	84.87 m ³ /año
Sólidos obtenidos luego del tratado de los lodos para su venta como abono	16,216.95 kg/año

Nota: Beneficios no monetarios identificados de la implementación de la PTAR anaerobia propuesta por Ambiotec.

Tabla 33. Costos de inversión inicial de la PTAR de lodos activados propuesta por Ambiotec.

Descripción	Costo inversión inicial (Q)
Construcción e implementación PTAR	Q215,552.00
Reconexión de tuberías	Q266,252.00
Tratamiento de lodos	Q61,022.38
TOTAL	Q569,967.70

Nota: Inversión necesaria para implementar y poner marcha la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia propuesta por Ambiotec.

Tabla 34. Costos anuales de operación de la PTAR de lodos activados propuesta por Ambiotec.

Proceso	Descripción	Costo anual (Q)
Tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario	Enzimas para el tratado de aguas	Q2,800.00
Tratamiento cuaternario	Pastillas de cloro hipoclorito de calcio	Q2,000.00
Tratamiento de lodos	Cal hidratada / piedrín / Arena	Q11,058.24
TOTAL		Q15,858.24

Nota: Costos anuales de operación por etapa necesarios para el funcionamiento adecuado de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia propuesta por Ambiotec.

Tabla 35. Costos anuales de mano de obra de la PTAR de lodos activados propuesta por Ambiotec.

Cantidad	Descripción	Costo anual (Q)
1	Operario Turno 12 horas diurno	Q82,505.54
TOTAL		Q82,505.54

Nota: Costos anuales de mano de obra necesaria para el funcionamiento adecuado de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia propuesta por Ambiotec.

Tabla 36. Costos anuales energéticos de la PTAR de lodos activados propuesta por Ambiotec.

Proceso	Descripción	Costo anual (Q)
Tratamiento secundario	Sopladores para aireación	Q3,800.00
Manejo de lodos	2 bombas de diafragma Blackstone 18 L/h / 1 Antorcha de biogás	Q6,072.65
TOTAL		Q9,872.65

Nota: Costos anuales energéticos por etapa necesarios para el funcionamiento adecuado de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia propuesta por Ambiotec.

Tabla 37. Costos anuales de mantenimiento de la PTAR de lodos activados propuesta por Ambiotec.

Descripción	Costo anual (Q)
Costo de Mantenimiento	Q14,968.71

Nota: Costos anuales de mantenimiento necesario para el funcionamiento adecuado de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia propuesta por Ambiotec.

Ilustración 28. Determinación de los caudales anuales de lodos producidos para ambas propuestas de PTAR.

Datos				Anaerobio		Aerobio	
Flujo Actual	Flujo a 10 años			Sólidos Sedimentables	Sólidos Sedimentables		
0.1798 L/s	0.3334 L/s			7.5 mL/L	10 mL/L		
15.5347 m3/día	28.8058 m3/día			Sólidos Suspendidos	Sólidos Suspendidos		
5,670.1728 m3/año	10,514.1024 m3/año			330 mg/L	130 mg/L		
PTAR Aerobia				PTAR Aerobia			
Flujo Actual (L/s)	Sólidos Sed. (mL/s)	Sólidos Sed. (m3/día)	Sólidos Sed. (m3/ semestral)	Lodos Totales (m3/año)	Sólidos Totales (kg/año)	Cal Diaria (kg/día)	
0.3334	3.33	0.29	42.06	84.8677936	16,216.95	8.37	
Flujo Actual (L/s)	Sólidos Sus. (mg/s)	Sólidos Sus. (Kg/día)	Sólidos Sus. (m3/ semestral)				
0.3334	43.34	3.74	0.3774872				
PTAR Anaerobia				PTAR Anaerobia			
Flujo Actual (L/s)	Sólidos Sed. (mL/s)	Sólidos Sed. (m3/día)	Sólidos Sed. (m3/ semestral)	Lodos Totales (m3/año)	Sólidos Totales (kg/año)	Cal Diaria (kg/día)	
0.3334	2.5005	0.22	31.5423072	65.00108788	12,577.90	6.49	
Flujo Actual (L/s)	Sólidos Sus. (mg/s)	Sólidos Sus. (Kg/día)	Sólidos Sus. (m3/ semestral)				
0.3334	110.022	9.51	0.958236738				

Nota: Cálculo de la cantidad de sólidos producidos durante el tratamiento de las aguas a partir de los caudales de agua y de las dos distintas PTAR analizadas.

Ilustración 29. Estudio de precio en el mercado nacional de abono natural broza.

Broza en El Mercado					
Empresa	Presentación	Unidades	Costo	Costo por libra	
Botanik		15 lb	Q 9.75	Q	0.65
Café Escalonia		25 lb	Q 13.00	Q	0.52
Caoba Farms		50 lb	Q 60.00	Q	1.20
		60 lb	Q 70.00	Q	1.17
Mayaflora, S.A.		15 lb	Q 10.00	Q	0.67
		40 lb	Q 40.00	Q	1.00
			PROMEDIO	Q	0.87

Nota: Estudio de precios de distintos abonos naturales de broza en los distintos viveros nacionales.

Ilustración 30. Estudio de precio en el mercado nacional de abono natural lombricompost.

Lombricompost en El Mercado						
Empresa	Presentación	Unidades	Costo	Costo por libra		
Botanik		10 lb	Q 29.50	Q		2.95
Café Escalonia		20 lb	Q 38.00	Q		1.90
Maxiagro		220.46 lb	Q 170.00	Q		0.77
Del Paraíso		4 lb	Q 20.00	Q		5.00
El Pilar		15 lb	Q 15.00	Q		1.00
Superb		25 lb	Q 25.00	Q		1.00
		100 lb	Q 85.00	Q		0.85
					PROMEDIO	1.92

Nota: Estudio de precios de distintos abonos naturales de lombricompost en los distintos viveros nacionales.

Ilustración 31. Determinación del costo unitario de abono producido del tratamiento de los lodos anuales.

Costos Abono de Lodos		
Descripción	Costo Anual	
Energía	Q	2,698.96
Cal Hidratada	Q	3,400.00
Grava	Q	4,408.48
Arena	Q	2,349.76
TOTAL	Q	12,857.20
Bolsas de para llenado de abono	Q	6,932.37
TOTAL	Q	19,789.57
Producción de Lodos Anual (Lb/año)	Costos por Libra	
27,729.49		0.713665077

Nota: Cálculo del costo unitario de abono producido durante el proceso de tratamiento de aguas residuales.

Ilustración 32. Determinación del costo/ beneficio del tratamiento de las aguas residuales en la PTAR anaerobia propuesta con RAFA.

PTAR Anaerobia con RAFA	
Volumen de Agua Tratado	
28.81	m3/día
10,514.10	m3/año
876.18	m3/mes
Costos de Inversión Inicial	
Q454,232.62	Quetzales
Q45,423.26	Anual en 10 Años
Costos de Operación	
Q123,994.95	Anuales
Q1,239,949.54	Total en 10 años
Costos Beneficio Tratamiento Agua	
Q16.11	Q/m3 Agua
0.0621	m3 de agua tratados/Q

Nota: Cálculo del costo beneficio del tratamiento de las aguas residuales por medio de la PTAR anaerobia propuesta.

Ilustración 33. Determinación del costo/ beneficio del tratamiento de las aguas residuales en la PTAR aerobia propuesta por Ambiotec.

PTAR Aerobia Lodos Activados Ambiotec	
Volumen de Agua Tratado	
28.81	m3/día
10,514.10	m3/año
876.18	m3/mes
Costos de Inversión Inicial	
Q569,967.70	Quetzales
Q56,996.77	Anual en 10 Años
Costos de Operación	
Q123,205.14	Anuales
Q1,232,051.43	Total en 10 años
Costos Beneficio Tratamiento Agua	
Q17.14	Q/m3 Agua
0.0583	m3 de agua tratados/Q

Nota: Cálculo del costo beneficio del tratamiento de las aguas residuales por medio de la PTAR aerobia propuesta por Ambiotec.

Tabla 38. Flujo de efectivo de la PTAR anaerobia propuesta en el megaproyecto de reactor de flujo ascendente (RAFA).

Flujo de Efectivos PTAR Propuesta											
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Venta de Lodos	Q0.00	Q49,516.95	Q49,516.95	Q49,516.95	Q49,516.95	Q49,516.95	Q49,516.95	Q49,516.95	Q49,516.95	Q49,516.95	Q49,516.95
Manejo de Lodos	Q0.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00
AHORROS	Q0.00	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95
Inversión Inicial	-Q454,232.62	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Mano de Obra	Q0.00	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54
Costos Manejo de Lodos	Q0.00	-Q10,158.24	-Q10,158.24	-Q10,158.24	-Q10,158.24	-Q10,158.24	-Q10,158.24	-Q10,158.24	-Q10,158.24	-Q10,158.24	-Q10,158.24
Costos de Operación	Q0.00	-Q8,310.00	-Q8,310.00	-Q8,310.00	-Q8,310.00	-Q8,310.00	-Q8,310.00	-Q8,310.00	-Q8,310.00	-Q8,310.00	-Q8,310.00
Costos Mantenimiento	Q0.00	-Q14,249.57	-Q14,249.57	-Q14,249.57	-Q14,249.57	-Q14,249.57	-Q14,249.57	-Q14,249.57	-Q14,249.57	-Q14,249.57	-Q14,249.57
Energía	Q0.00	-Q8,771.61	-Q8,771.61	-Q8,771.61	-Q8,771.61	-Q8,771.61	-Q8,771.61	-Q8,771.61	-Q8,771.61	-Q8,771.61	-Q8,771.61
EGRESOS	-Q454,232.62	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95
BALANCE											
(+) Ahorro	Q0.00	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95	Q54,516.95
(-) Costos	-Q454,232.62	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95	-Q123,994.95
FLUJO											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	-Q454,232.62	-Q69,478.01	-Q69,478.01	-Q69,478.01	-Q69,478.01	-Q69,478.01	-Q69,478.01	-Q69,478.01	-Q69,478.01	-Q69,478.01	-Q69,478.01
VAN											
	-Q846,798.85										
TREMA											
	12.00%										

Nota: Flujo de efectivo de la inversión, costos de operación y mantenimiento anual, beneficios con un VAN a 10 años con un TREMA de 12% para la PTAR Anaerobia Propuesta por el Megaproyecto

Tabla 39. Flujo de efectivos de la PTAR de lodos activados propuesta por Ambiotec.

Flujo de Efectivos PTAR Propuesta											
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Venta de Lodos	Q0.00	Q63,843.24	Q63,843.24	Q63,843.24	Q63,843.24	Q63,843.24	Q63,843.24	Q63,843.24	Q63,843.24	Q63,843.24	Q63,843.24
Manejo de Lodos	Q0.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00
AHORROS	Q0.00	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24
Inversión Inicial	-Q569,967.70	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Mano de Obra	Q0.00	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54	-Q82,505.54
Costos Manejo de Lodos	Q0.00	-Q11,058.24	-Q11,058.24	-Q11,058.24	-Q11,058.24	-Q11,058.24	-Q11,058.24	-Q11,058.24	-Q11,058.24	-Q11,058.24	-Q11,058.24
Costos de Operación	Q0.00	-Q4,800.00	-Q4,800.00	-Q4,800.00	-Q4,800.00	-Q4,800.00	-Q4,800.00	-Q4,800.00	-Q4,800.00	-Q4,800.00	-Q4,800.00
Costos de Mantenimiento	Q0.00	-Q14,968.71	-Q14,968.71	-Q14,968.71	-Q14,968.71	-Q14,968.71	-Q14,968.71	-Q14,968.71	-Q14,968.71	-Q14,968.71	-Q14,968.71
Energía	Q0.00	-Q9,872.65	-Q9,872.65	-Q9,872.65	-Q9,872.65	-Q9,872.65	-Q9,872.65	-Q9,872.65	-Q9,872.65	-Q9,872.65	-Q9,872.65
EGRESOS	-Q569,967.70	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14
BALANCE											
(+) Ahorro	Q0.00	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24	Q68,843.24
(-) Costos	-Q569,967.70	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14	-Q123,205.14
FLUJO											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	-Q569,967.70	-Q54,361.91	-Q54,361.91	-Q54,361.91	-Q54,361.91	-Q54,361.91	-Q54,361.91	-Q54,361.91	-Q54,361.91	-Q54,361.91	-Q54,361.91
VAN											
	-Q877,124.59										
TREMA											
	12.00%										

Nota: Flujo de efectivo de la inversión, costos de operación y mantenimiento anual, beneficios con un VAN a 10 años con un TREMA de 12% para la PTAR Aerobia propuesta por Ambiotec.

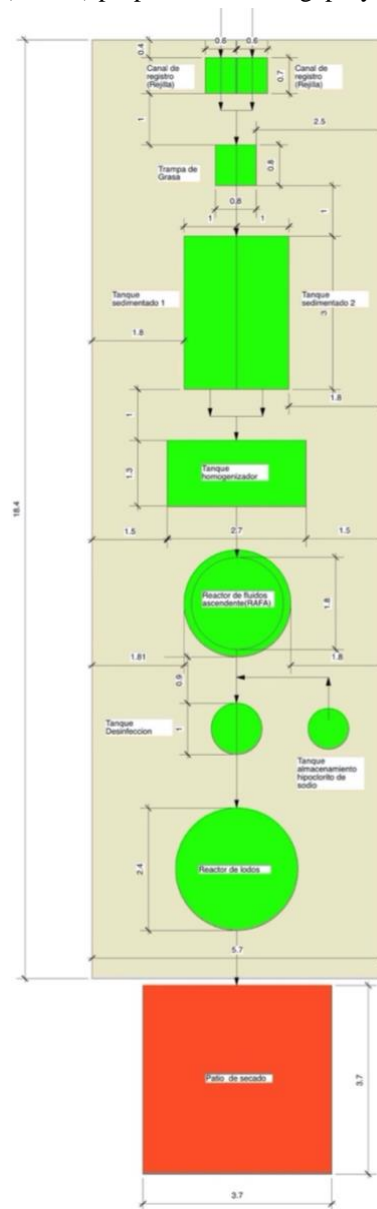
Ilustración 34. Flujo de efectivo de la extracción de lodos anual por medio de la contratación del servicio de MAPRECO.

Flujo Efectivo Extracción de Lodos por Empresa Externa											
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Venta de Lodos	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Manejo de Lodos	Q0.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00
AHORROS	Q0.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00
Inversión Inicial	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Extracción de Lodos	Q0.00	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88
	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
EGRESOS	Q0.00	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88
BALANCE											
(+) Ahorro	Q0.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00
(-) Costos	Q0.00	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88	-Q3,614,221.88
FLUJO											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	Q0.00	-Q3,609,221.88	-Q3,609,221.88	-Q3,609,221.88	-Q3,609,221.88	-Q3,609,221.88	-Q3,609,221.88	-Q3,609,221.88	-Q3,609,221.88	-Q3,609,221.88	-Q3,609,221.88
VAN											
	-Q20,392,908.55										
TREMA											
	12.00%										

Nota: Flujo de efectivo del gasto anual de la extracción de las aguas residuales por medio de una empresa externa con un VAN a 10 años con un TREMA de 12%.

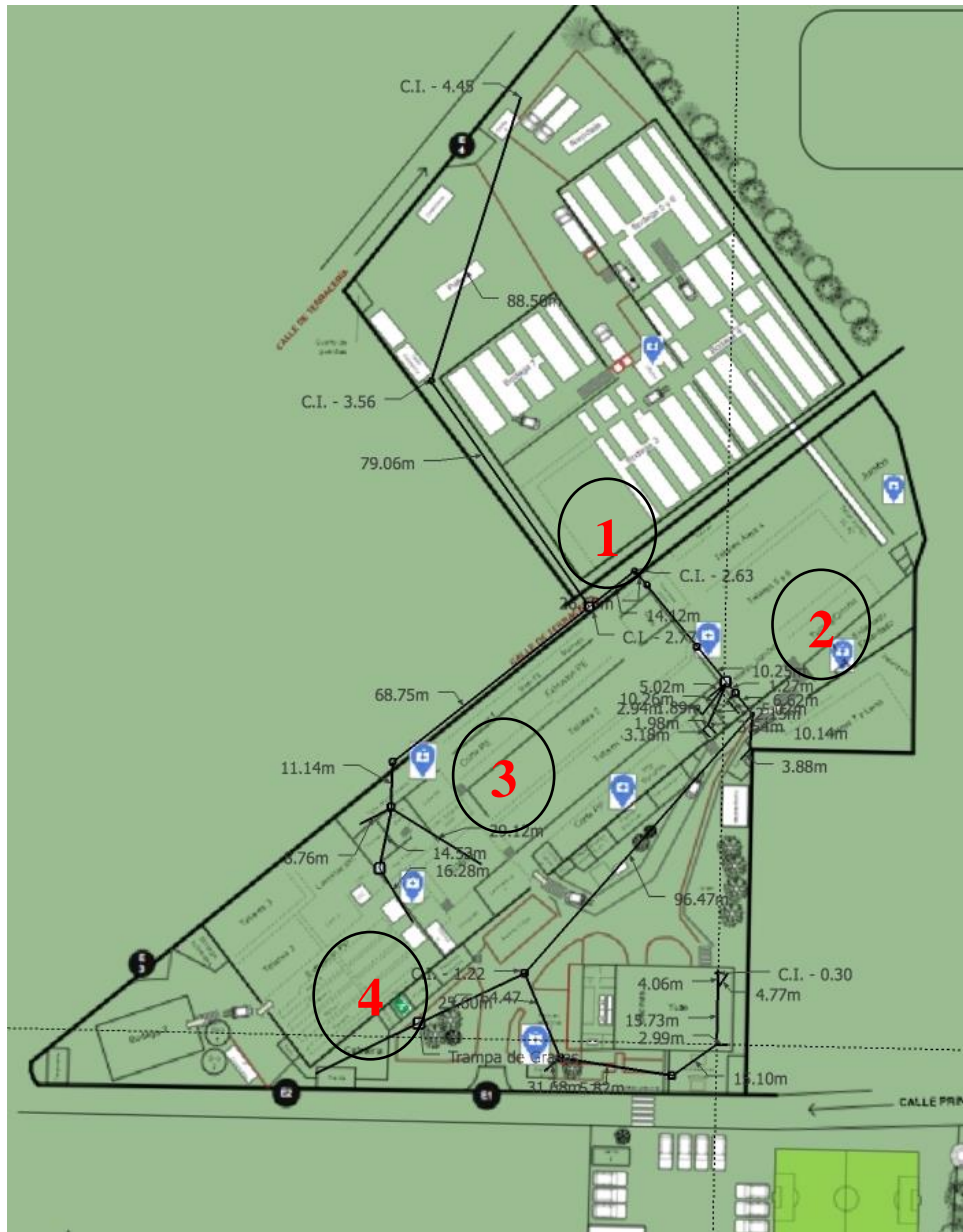
B. DIAGRAMAS

Ilustración 35. Esquema de posición y distancias de la PTAR anaerobia de reactor de flujo ascendente (RAFA) propuesta en el megaproyecto.



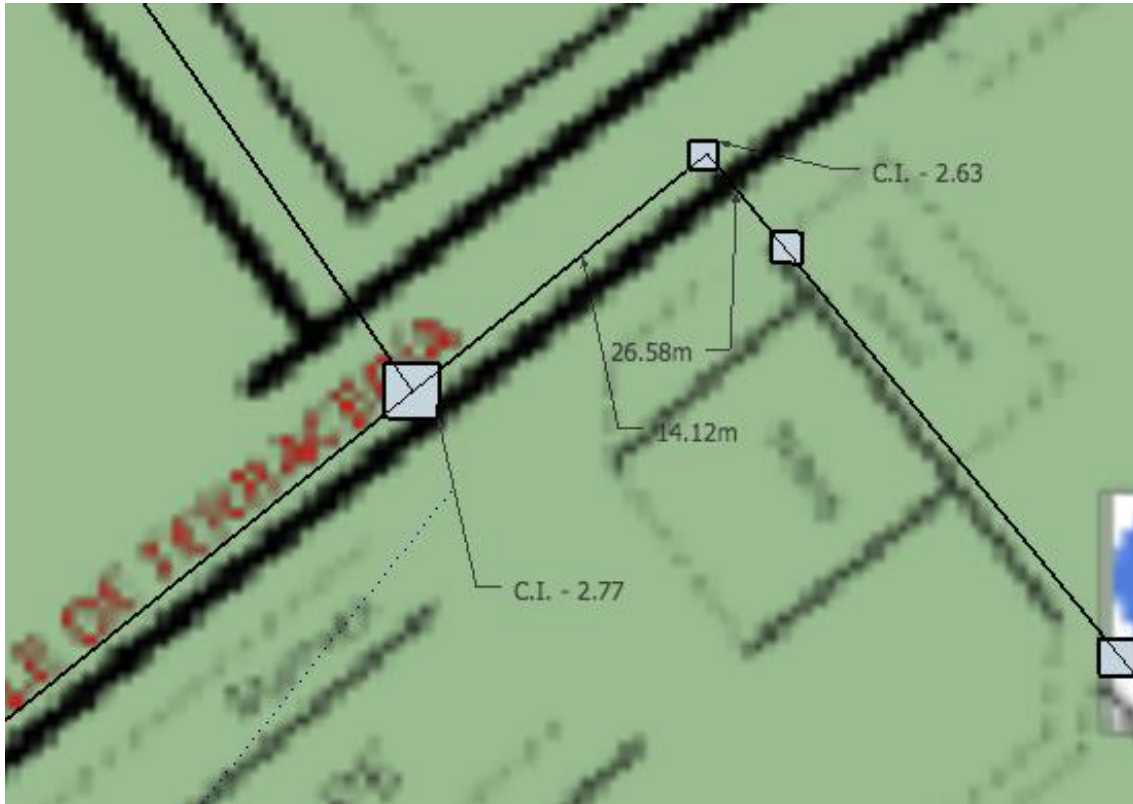
Nota: Elaboración propia, propuesta de como podría quedar instalada la PTAR anaerobia en el área propuesta por la empresa bajo análisis.

Ilustración 36. Esquema de la tubería para la re conexión de salidas de aguas de la empresa hacia la planta de tratamiento de aguas residuales.



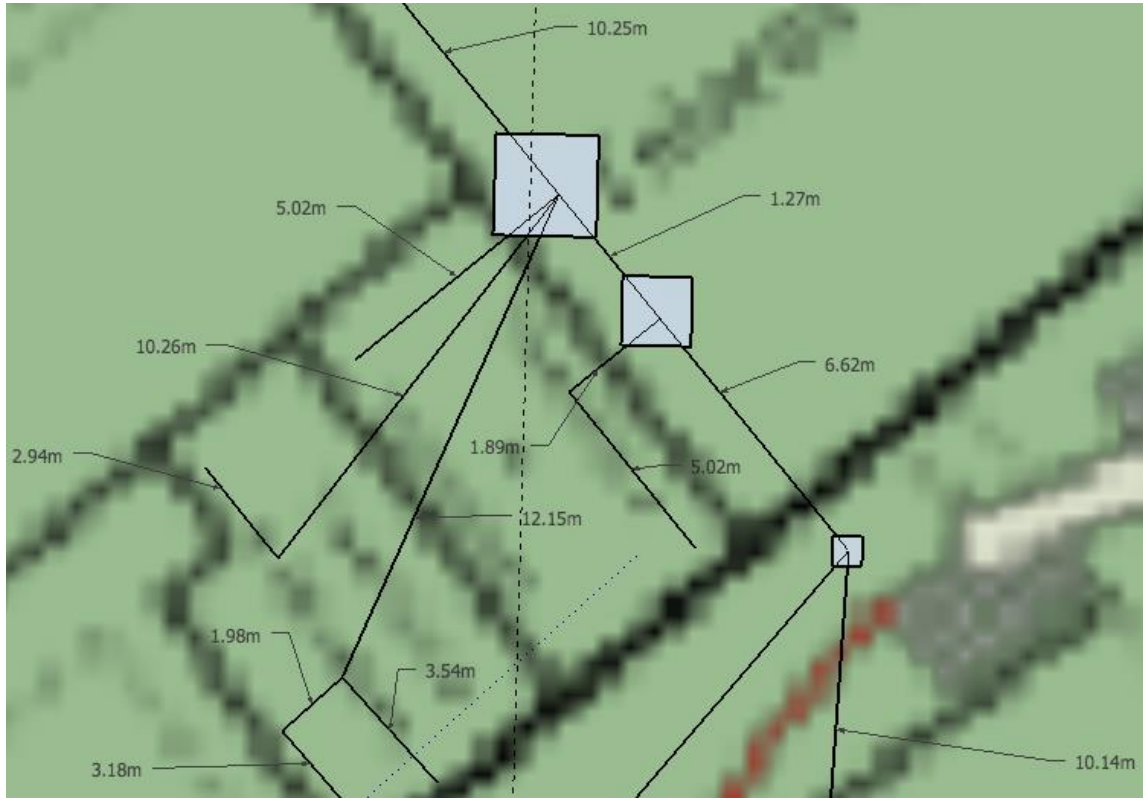
Nota: Elaboración propia, Esquema de los 4 puntos de reconexión de tuberías para unificación de aguas residuales a la PTAR.

PUNTO 1: Expansión del esquema de conexión de tuberías.



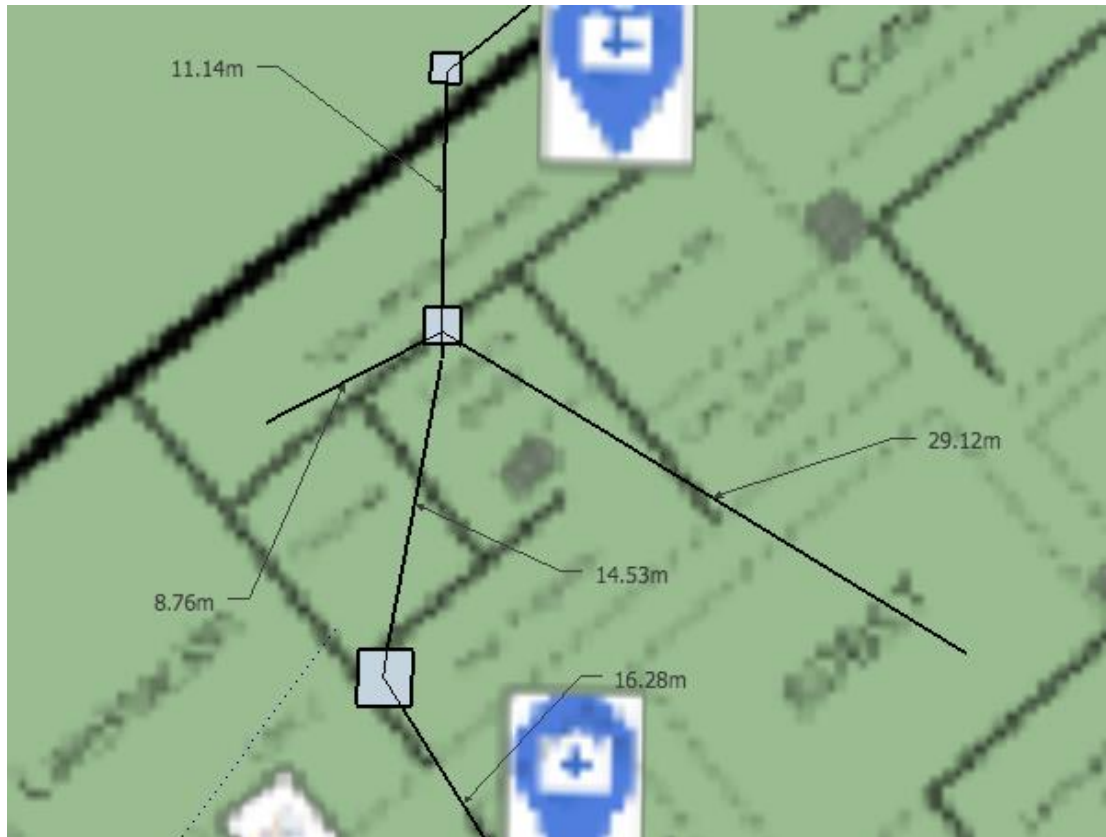
Nota: Elaboración propia, acercamiento del punto 1 de reconexión de tuberías.

PUNTO 2. Expansión del esquema de conexión de tuberías.



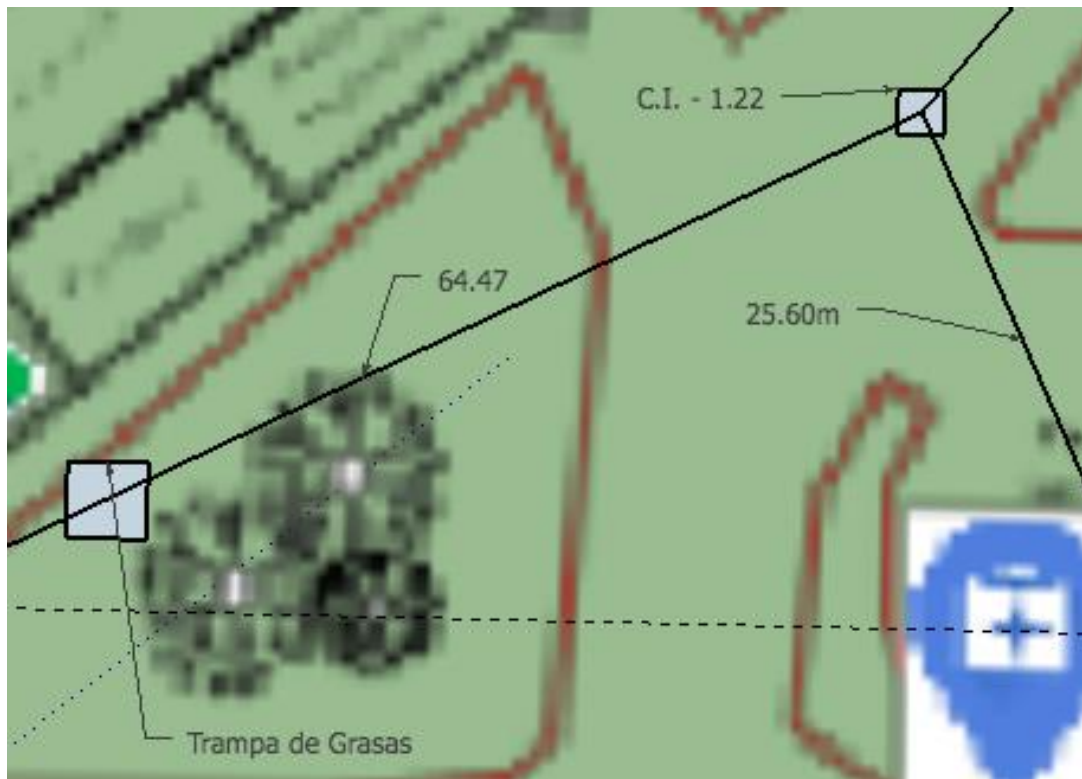
Nota: Elaboración propia, acercamiento del punto 2 de reconexión de tuberías.

PUNTO 3. Expansión del esquema de conexión de tuberías.



Nota: Elaboración propia, acercamiento del punto 3 de reconexión de tuberías.

PUNTO 4. Expansión del esquema de conexión de tuberías.



Nota: Elaboración propia, acercamiento del punto 4 de reconexión de tuberías.

C. COTIZACIONES

Ilustración 37. Cotización de rótulos para el buen uso y las buenas prácticas dentro de la fábrica de ALQUIMIA.

Branding
Publicidad estratégica
Identidad Corporativa
Diseño Editorial
Diseño de Empaques
Digital



Guatemala 31 julio 2019

Gracias por considerar a Alquimia en su proyecto, a continuación se describe la propuesta financiera.

25 ROTULOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

25 rótulos de Seguridad Industrial, tamaño doble carta, full color, tiro, en material PVC de 3mm, con 4 agujeros cada uno.

Tiempo de entrega, 3 días hábiles, una vez recibido el anticipo.

Forma de pago 50% de anticipo y 50% contra entrega.

El cliente proporciona los artes finales correspondientes.

Q 1,875.00 más impuestos

calidades]

Ilustración 38. Cotización de la inversión inicial y los costos de operación y mantenimiento PTAR de lodos activados propuesta por AMBIOTEC.

Presupuesto

Planta de tratamiento de lodos activados (A, B, C, D y E), según descripción:

Q. 215,552.00 IVA INCLUIDO

Actividad	Gasto Anual
Energía Eléctrica	Q 3,800.00
Extracción de lodos 1 vez al año	Q 7,200.00
Enzimas	Q 2,800.00
Pastillas de cloro	Q 2,000.00
Total	Q 15,800.00

Condiciones de venta

Incluye:

- Todos los componentes de la planta de tratamiento (A, B, C, D y E), según descripción en concreto.
- Instalación del sistema.
- Presencia de un técnico especialista durante la instalación de la planta de tratamiento, dirección de obras, puesta en marcha y capacitación del personal encargado de su mantenimiento.
- Manual de instalación, uso y mantenimiento.

No incluye:

- Todo lo que no ha sido mencionado anteriormente.

Validez de la oferta: 60 días desde la fecha de emisión

Plazo de entrega: 30 días hábiles.

Formas de pago: 40 % anticipo 40% al finalizar obra civil y 20 % instalación de equipos y puesta en marcha.

Ilustración 39. Cotización del mantenimiento, material de fabricación y garantías de la PTAR de lodos activados propuesto por AMBIOTEC.

Mantenimiento de nuestra planta de tratamiento

Nuestras plantas, de sistema totalmente biológico, aseguran un bajo coste de mantenimiento.

El soplante de aire, de bajo consumo, permite un notable ahorro de energía eléctrica respecto a otros sistemas (solamente 1.2 kW de potencia eléctrica total instalada). La limpieza del tanque de tamizado-trampa de grasas depende de la cantidad de grasas y de materiales no biodegradables presentes en las aguas residuales y en condiciones normales es de una a tres veces por año. Los lodos

AMBIOTEC S.A. PBX: 2305 5353
marioguerra@ambiotec-sa.com
www.ambiotec-sa.com



Soluciones ambientales

extraídos, al ser totalmente activos y estabilizados, no desprenden malos olores. El sistema de desinfección final, en caso de ser utilizado, necesita solamente la reposición de las pastillas de hipoclorito de calcio (cloro sólido).

Nuestra planta de tratamiento no necesita más mantenimiento.

Materiales de fabricación

Los depósitos están fabricados en concreto.

Garantía de los componentes de nuestras plantas

Los tanques que componen nuestros sistemas están garantizados durante 10 años contra la corrosión perforante. Para los demás componentes (soplantes, difusores, cuadro eléctrico, etc.) la garantía será de un año.

Garantizamos además los parámetros de vertido según las normas del acuerdo gubernativo 236-2006 de fecha 5 de mayo de 2006, del reglamento de descarga y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos (límites máximos permisibles para el año 2024).

Ilustración 40. Cotización de las características y parámetros de referencia de la PTAR de lodos activados propuesto por AMBIOTEC.

Según la información facilitada se tratara un caudal de 28.04 metros cúbicos.

Proponemos una planta de tratamiento compacta, de lodos activados, compuestas por un pretratamiento con tanque multifunción de tamizado-trampa de grasas, un tratamiento secundario con tanque bicameral de aireación y sedimentación secundaria con recirculación de lodos y finalmente un tanque de desinfección y toma de muestras.

NOTAS IMPORTANTES:

- La planta de tratamiento propuesta está diseñada para poder aumentar su rendimiento de hasta el 50% sin necesidad de realizar ningún tipo de obra, ni aumentar su consumo eléctrico, solamente añadiendo en el compartimento de oxidación biológica de la planta un exclusivo material plástico de muy elevada superficie específica (510 m²/m³) que facilita el soporte y desarrollo de las bacterias aeróbicas.
- Con esta planta de tratamiento **garantizamos la completa ausencia** de olores, gracias a la oxigenación de las aguas negras y a las juntas de neopreno antiácido instaladas sobre las tapas de nuestros depósitos.
- Nuestro sistema incluye también un **tanque de desinfección y toma de muestra** final que permite una desinfección total del agua antes de su vertido y en cualquier caso de necesidad, además de facilitar la toma de muestras para los análisis.
Con este sistema de desinfección con cloro sólido (hipoclorito de calcio), es posible la reutilización del agua tratada para riego u otros usos similares.

PRINCIPALES PARÁMETROS DE REFERENCIA PARA AGUAS NEGRAS URBANAS

Parámetros	Concentración (mg/l)	
	Media	Débil
DBO5 A 20°C.....	300	170
DQO.....	500	250
Sólidos totales.....	700	350
Sólidos disueltos totales.....	320	250
Sólidos disueltos minerales (fijos).....	200	145
Sólidos disueltos orgánicos (volátiles).....	120	105
Sólidos suspendidos totales.....	380	220
Sólidos suspendidos minerales (fijos).....	130	70
Sólidos suspendidos orgánicos (volátiles).....	250	150
Sólidos sedimentables (ml/l).....	10	5
Nitrógeno total (N).....	40	20
Fósforo total (P).....	10	6
Aceites y grasas.....	100	50

Si las aguas que debemos tratar se ajustan a las características habituales de aguas residuales urbanas, cuyo valor medio se refleja en la tabla anterior, podemos garantizarle la calidad del agua tratada por nuestra PTAR, según los parámetros vigentes en Guatemala y correspondientes al acuerdo gubernativo 236-2006 de fecha 5 de mayo de 2006, del reglamento de descarga y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos.

Se cumplirá con los límites máximos permisibles para el año 2024

Ilustración 41. Cotización de la descripción del proceso de la PTAR de lodos activados propuesto por AMBIOTEC.

Descripción del proceso

Las aguas fecales son conducidas por el colector bajante hasta el tanque de tamizado-trampa de grasas, este tanque tiene la función de retener los materiales sólidos gruesos y no biodegradables presentes en las aguas residuales urbanas. Estos materiales podrían comprometer el buen funcionamiento de los componentes instalados a continuación, dificultando sobre todo la distribución del aire y creando problemas a la recirculación de lodos. Además este exclusivo tanque de tamizado es muy polivalente; tiene también la función de separador de grasas desarenador, sedimentador primario y clarificador y solamente requiere de una a cuatro operaciones de limpieza por año (respecto a la limpieza mínima semanal de una arqueta de desbaste).

Posteriormente las aguas residuales tratadas en el proceso anterior, pasan al primer compartimento del tanque de lodos activados. En este compartimento se realiza un proceso de reacción aeróbica con oxidación de la materia orgánica. Este proceso se obtiene gracias a la inyección de oxígeno por mediación de un soplante de bajo consumo y de unos difusores de microburbujas con membrana en EPDM. Podemos así asegurar la formación rápida y constante de las colonias de bacterias aeróbicas encargadas de digerir y transformar las sustancias orgánicas presentes en el agua y garantizar su perfecto funcionamiento.

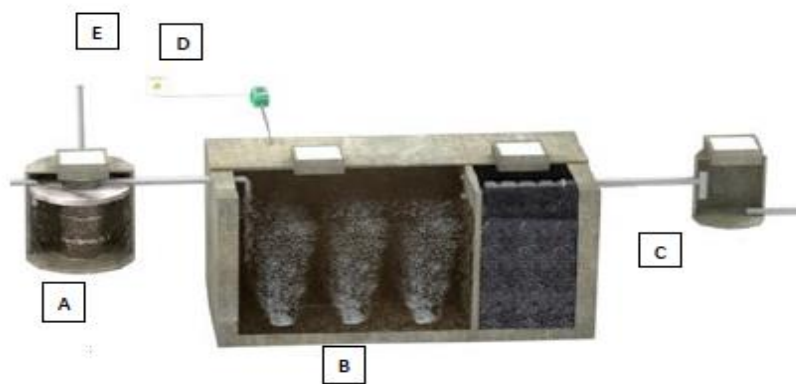
A continuación las aguas residuales oxidadas y prácticamente depuradas pasan al segundo compartimento de sedimentación secundaria. En este compartimento los lodos activos estabilizados sedimentan hacia el fondo y una parte importante de ellos, es recirculada al tanque anterior de oxidación, por mediación de un sistema de AIR LIFT (efecto "Venturi") que permite la recirculación de los lodos utilizando dos soplantes de aire de muy bajo consumo (100 w cada uno), sin necesidad de utilizar bombas u otros elementos electromecánicos.

Este proceso resulta necesario para garantizar una mezcla homogénea de los lodos activos oxidados y estabilizados, con los lodos procedentes del tanque de tamizado, que todavía no han sido oxidados. De esta forma se facilita y acelera el proceso de oxidación biológica, garantizando los resultados de depuración.

Al final de la planta de tratamiento se instalará un tanque para desinfección y toma de muestras. El tanque incluye un sistema de desinfección con pastillas de hipoclorito de calcio (cloro solido). Este tanque ha sido especialmente diseñado para facilitar las tomas de muestras para los análisis. Además dispone de un sistema exclusivo de vaciado total. Esta características evita el riesgo de falsear las muestras con posibles impurezas debidas al estancamiento de las aguas residuales.

Ilustración 42. Cotización del diagrama de la PTAR de lodos activados propuesto por AMBIOTEC.

Esquema de la planta de tratamiento propuesta



Legenda

- A - Tanque Tamizado
- B - Tanque de lodos activados
- C - Tanque de desinfección y toma de muestras
- D - Soplantes de aire
- E - Cuadro eléctrico

Ilustración 43. Cotización de algunas ventajas de la implementación de la PTAR de lodos activados propuesto por AMBIOTEC.

Algunas ventajas de nuestras plantas de tratamiento

Difusores de aire de microburbujas.

Difusores de aire de microburbujas \varnothing 32 cm., con membrana EPDM de 8.300 micro poros, caudal de aire hasta 6 m³/h, cuerpo en ABS con válvula de retención. Posibilidad de funcionamiento de forma discontinua (auto limpiantes).



Soplantes de aire de bajo consumo

Dimensiones: Alto 23 cm. x Ancho 20 cm. x Largo 27 cm. Peso: 7,5 Kg.

Soplantes de aire de membrana, de bajo consumo (100 W y 220 V), muy silencioso (aprox. 48 dB), caudal de 9 m³/h. Funcionamiento en continuo sin engrases ni mantenimiento.

Cuadro eléctrico de protección y control.

Cuadro eléctrico completo grado de protección IP55, con interruptor magneto térmico general, guardamotor regulable de alta sensibilidad y reloj con temporizador. Todos los materiales están fabricados en la UE.

Lecho móvil fluidizado

Lecho móvil fluidizado para aumentar el rendimiento de nuestras plantas de tratamiento en caso de necesidad. Se añade al compartimento de oxidación y está compuesto por material plástico de dimensiones muy reducidas (\varnothing 15mm) y de elevada superficie específica (hasta 510 m²/m³). Este exclusivo material aumenta la superficie específica de adhesión de las bacterias y consecuentemente la capacidad de tratamiento de nuestras plantas de tratamiento de **hasta un 50%**, sin necesidad de realizar ningún tipo de obra, ni aumentar su consumo eléctrico.



Ilustración 44. Cotización de bomba dosificador de hipoclorito de sodio de COMERRSA

  		FECHA: 23/01/2016 COMPañIA: Unifon ATENCIÓN: Ma TELÉFONO: 405 NIT: NH COTIZACIÓN: CO	
---	--	---	--

DUCTO	DESCRIPCIÓN	PLISTA	TOTAL
	DOSIFICADORA STENNER ECON VX	GTQ.2.950.00	GTQ.2.950.00
		TOTAL	GTQ.2.950.00

CONDICIONES

Pago contra entrega. Precios En quetzales Iva incluido con una validez de 30 días .
EWS-Comerssa

Ilustración 45. Cotización de enzima Enziplus para el tratado de las aguas de CORPORACIÓN ALKEMY.

José Andrés: ¡Buenas tardes! He realizado la consulta respecto al uso de enzimas en reactores anaeróbicos; y afirman que hay caso de aplicaciones; sin embargo hacen el comentario que en estos reactores, la bacteria crece de manera "espontánea" por aireación, y que el uso de alguna carga microbiana, sería para acelerar la degradación de la materia orgánica. De todas maneras consulte la disponibilidad de este producto que se utiliza en fosas sépticas y me informan que se encuentra en polvo, se denomina ENZIPLUS; tiene un costo estimado la libra de Q. 190.00; la dosificación para fosas sépticas es de 1 Lb para 4 a 5 metros cúbicos de la fosa. Si existe interés, puedo consultar si es posible la venta de una pequeña cantidad.


Atte.

Ing. Guillermo Castaneda Castro.

GERENCIA REGIONAL DE EQUIPAMIENTO DE AGUA.

CORPORACIÓN ALKEMY, S.A.

Ilustración 46. Cotización de materiales varios de construcción (tuberías, accesorios, y materiales de construcción de FERRETERÍA EL MÁSTIL.



El Mástil

EL MASTIL
Avenida La Recolección No. 2 Antigua Guatemala, Sacatepéquez
Teléfono: 78321789, 78734999
NIT: 8390611-8 Emisión: 27/09/19 8:30:07 TELEMERCA3

PROFORMA: R01PR1132798

27/09/19

Facturar a: 02Q795 MARCO VINICIO MORALES PORTILLO CARRETERA A EL SALVADOR LOTE 7 KM 21.5 LOTIFICACION MONTE PI 01000 GUATEMALA Antigua Guatemala NIT 600787-2 Tels.: Fax:	Enviar a: MARCO VINICIO MORALES PORTILLO CARRETERA A EL SALVADOR LOTE 7 KM 21.5 L OTIFICACION MONTE PINASCO ZONA 0 GUATEMA 01000 GUATEMALA Antigua Guatemala
--	---

CANTIDAD	CODIGO	CODIGO	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	TOTAL
90.00	MT	3826	TUBO PVC 315 PSI 1/2 (METRO)	2.45011	220.51
18.00	MT	756	TUBO PVC 250 PSI 3/4" (METRO)	3.18	57.24
84.00	MT	762	TUBO PVC 160 PSI 2" (METRO)	10.56	887.04
6.00	UN	2191	CODO PVC AP 1/2*45 S/R	1.68	10.08
3.00	UN	642	CODO PVC AP 3/4*90 S/R	1.13	3.39
1.00	UN	740	TEE PVC S/R 1/2" AP	1.06	1.06
1.00	UN	741	TEE PVC S/R 3/4" AP	1.39	1.39
4.00	UN	2257	UNION UNIVERSAL PVC 1/2" S/R	5.22	20.88
1.00	UN	2801	RED. PVC B 3/4 A 1/2" AP S/R	.85	0.85
2.00	UN	2195	LLAVE GLOBO R/W 3/4"	270.275	540.55
4.00	UN	2194	LLAVE GLOBO R/W 1/2"	212.84	851.36
1.00	UN	4163	LLAVE GLOBO R/W 2"	1,248.42	1,248.42
1.00	UN	4144	CARRETILLA DE MANO BAJO PERFIL A.G.	264.35	264.35
2.00	UN	1257	PALA CUADRADA C/LARGO CLASIC/COMBAT	58.65	117.30
38.00	UN	18182	CAL HORCALSA 20KG	29.96	1,138.48
3.00	M3	19141**	MT3 ARENA DE RIO	124.98667	374.96
3.00	M3	19671**	MT3 PIEDRIN 1/2	239.36	718.08
2.00	UN	S05	FLETE ANTIGUA	50.00	100.00
				TOTAL	Q 6,555.94

SEIS MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y CINCO CON 94/100 QUETZALES

Observaciones:

Ilustración 47. Cotización de materiales varios de construcción (tuberías, accesorios, y materiales de construcción de FERRETERÍA EL MÁSTIL.



EL MASTIL
Avenida La Recolección No. 2 Antigua Guatemala, Sacatepéquez
Teléfono : 78321789, 78734999
NIT: 8390611-5 Emisión: 25/09/19 10:34:32 TELEMERCA1

PROFORMA: R01PR1132525

25/09/19

Facturar a: 02Q795
MARCO VINICIO MORALES PORTILLO
CARRETERA A EL SALVADOR LOTE 7
KM 21.5 LOTIFICACION MONTE PI
01000 GUATEMALA
Antigua Guatemala NIT 600787-2
Tels: , Fax:

Enviar a:
MARCO VINICIO MORALES PORTILLO
CARRETERA A EL SALVADOR LOTE 7 KM 21.5 L
OTIFICACION MONTE PINASCO ZONA 0 GUATEMA
01000 GUATEMALA
Antigua Guatemala

CANTIDAD	CODIGO	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	TOTAL
6.00	M3 19141**	MT3 ARENA DE RIO	124.99	749.94
24.00	UN 18182	CAL HORCALSA 20KG	29.96	719.04
6.00	MT 762	TUBO PVC 160 PSI 2" (METRO)	10.56	63.36
6.00	MT 755	TUBO PVC 160 PSI 1 (METRO)	3.92	23.52
7.00	UN 3666	LLAVE COMP RAW 2	707.95	4,955.65
1.00	UN 1481	LLAVE BOLA ITAP ITALIANA 1	88.03	88.03
1.00	UN 742	TEE PVC S/R 1" AP	2.54	2.54
2.00	UN 4144	CARRETILLA DE MANO BAJO PERFIL A.G.	264.35	528.70
2.00	UN 1257	PALA CUADRADA C/LARGO CLASICO/COMBAT	58.65	117.30
SIETE MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y OCHO CON 08/100 QUETZALES			TOTAL	Q 7,248.08

Observaciones:

PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO
** Indica que no hay existencia en estos momentos

Ilustración 48. Cotización bomba para el movimiento de los lodos de HANNA INSTRUMENTS.

Q3,958.67 GTQ	Bombas dosificadoras Blackstone cantidad	<input type="text" value="1"/>	Q3,958.67 GTQ
----------------------	--	--------------------------------	----------------------

[Actualizar carrito](#)

Total del carrito

Subtotal	Q3,958.67 GTQ
-----------------	----------------------

Envío	Precio fijo: Q45.00 GTQ
--------------	--------------------------------

Las opciones de envío se actualizarán durante el pago.

Total	Q4,003.67 GTQ
--------------	----------------------

Ilustración 49. Cotización Hipoclorito de Sodio al 5% para desinfección de HIDROSISTEMAS.



PBX: 24985252

GUATEMALA, 23 DE SEPTIEMBRE 2019 COTIZACION. 09/19/2445

SEÑORES.

UNIVERSIDAD DEL VALLE GUATEMALA. ATN. MARCOS MORALES.

PRESUPUESTO: SUMINISTRO DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 5%.

DESCRIPCION:

55 GALONES DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 5% DE CLORO.	Q.	750.00
V/ SERVICIO DE TRANSPORTE A ANTIGUA GUATEMALA.	Q.	250.00
PRECIO TOTAL.	Q.	1.000.00

**** EL PRECIO DEL CLORO NO INCLUYE ENVASE, ES SOLAMENTE EL CLORO.**

**** SE NECESITA TENER UN TONEL DE 55 GLS. PARA TRASEGAR EL CLORO**

**** FORMA DE PAGO: CONTADO.**

**** TIEMPO DE ENTREGA. INMEDIATA.**

**** TIEMPO DE GARANTIA. NO TIENE**

**** COTIZACION VALIDA. 08 DIAS.**

**** SI SU PAGO ES CON CHEQUE FAVOR DE EMITIRLO A NOMBRE DE HYDROSOLAR S.A.**

Ilustración 50. Cotización enzima Biozyme 8000 para el tratado de las aguas de JUMASA.



Guatemala, 30 de abril de 2019

Jose Andrés Barillas
Universidad del Valle de Guatemala
Presente

Estimado Sr. Barillas,

Es un gusto saludarles de JUMASA, empresa dedicada al tratamiento de agua potable, residual y pluvial con la visión de fortalecer una economía circular en Guatemala.

Por este medio presentamos la cotización para nuestro producto Biozyme 8000, producto en polvo cargado de enzimas y bacterias para degradar la materia orgánica y grasa, con la utilidad de eliminar malos olores, disminuir DBO y DQO, evitar taponamientos en tuberías, entre otros beneficios para el tratamiento de agua residual. A continuación, los detalles:

Para tratamiento de agua ordinaria:

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
1	Libra de Biozyme 8000	Q500.00	Q500.00

*Instrucciones de aplicación adjuntas

Cualquier consulta, estamos a las órdenes.

Atentamente,
Marcela Arrivillaga
Investigación y desarrollo



Ilustración 51. Cotización extracción de lodos de MAPRECO.



Mapreco Sociedad Anónima
7a avenida 2-42 Zona 9
Telefonos: 23891010 Fax: 23891020

Presupuesto:
FOSA-001022

Cliente: (SYHA) CRISTIAN ROSSI	Fecha: 27 de Septiembre de 2019
NIT:	
Dirección: Ciudad Guatemala, Guatemala	
Correo: crossi.uvg.edu.gt / marco.morales96@gmail.com	Atención: Cristian Rossi
Teléfono: 40556260	
Condiciones de pago: ANTICIPADO	

INFORMACIÓN DE LA FOSA
Ubicación de la Fosa: FABRICA ENTRE ANTIGUA GUATEMALA Y CIUDAD VIEJA

Código	Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Total
33002	1	Limpieza de Fosa Séptica hasta 12 Metros Cúbicos	Q. 4,125.00 Q.	4,125.00

Ilustración 52. Cotización de válvulas de cobre y tubería de vinyl NOVEX.

The image shows a screenshot of the NOVEX online shopping cart. The header features the NOVEX logo with the tagline "¡Más que una ferretería!" and a search bar containing the text "Busca tu producto". Below the header, the page is titled "Carro de compras" and includes a prominent blue button labeled "PROCEDER A PAGAR".

The cart contains two items:

- Item 1:** CHEQUE VERTICAL ITALIA 2". SKU#11757. Quantity: 1. Price: Q215.00.
- Item 2:** MANGUERA DE VINYL REFORZADO DE 1. SKU#12520. Quantity: 18. Price: Q126.00.

At the bottom of the cart, there is a coupon code "10DESC" with an "APLICAR" button. A vertical sidebar on the right side of the cart items is labeled "Sugerencias".

Item	SKU	Quantity	Price
CHEQUE VERTICAL ITALIA 2"	SKU#11757	1	Q215.00
MANGUERA DE VINYL REFORZADO DE 1	SKU#12520	18	Q126.00
SUBTOTAL			Q341.00
GASTOS DE ENVIO			Q0.00
TOTAL			Q341.00

Ilustración 53. Cotización de válvulas de compuerta con actuador neumático de doble efecto obstrucción de REVAMA.



Guatemala, 02 de octubre del 2019

Atención:

Req.

Estimado(a): Marco Morales

Por medio de la presente me dirijo a usted para presentarle la información y Precios de nuestros Productos en la siguiente Cotización:

CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO Total
1	Válvula de cuchilla de 2" cuerpo y disco acero inoxidable con Actuador neumático doble efecto	Q.7,716.00	Q.7,716.00
	TOTAL		Q.7,716.00

Ilustración 54. Cotización de tonel almacenamiento de agua plástico de ROTOTEC.



Guatemala 1 de Octubre del 2019.

Señores
MARCO MORALES
Ciudad

Estimado Señor Morales,

Mucho gusto de saludarle, de acuerdo a su solicitud, le estamos enviando la cotización de nuestros **TANQUES PARA AGUA ROTOTEC.**

Cantidad solicitada: 1 unidad de Tanques para agua de 450 litros (código 450PN) en color negro compacto con capa blanca por dentro, fabricados en polietileno lineal, con ANTIBACTERIAL.

TANQUES PARA AGUA 1100 Litros

Precio unitario de lista: Q. 710.00

Total de la Proforma: Q. 710.00

El precio anterior es válido únicamente por la compra de 1 unidades o más e incluye:

1. 12% de IVA.
2. Transporte dentro del perímetro de la capital a convenir.
3. Valvula y varilla de ½"
4. Filtro de ½" con cartucho lavable, no necesita repuesto.
5. Llave de paso de ½".
6. Tapadera de doble pared totalmente roscada.

Forma de Pago: depósito en las siguientes cuentas Monetarias a nombre de **Rototec, S.A.**, para realizar la fabricación del producto.

Banco Industrial Cuenta # 018-009062-3

Banco Banrural Cuenta # 3-445-48826-5

Banco G&T Cuenta # 18-0087107-9

Ilustración 55. Cotización de bombas de centrífugas de HIDROSISTEMAS.



Cotización No. **COT04031** Guatemala 02 octubre 2019
 Estimado (a) **CONSUMIDOR FINAL** Correo:
 Proyecto: Telefono:
 Por este medio le brindo un cordial saludo y al mismo tiempo me complace presentarle la siguiente cotización.

Codigo	Producto	Cantidad	Precio Unitario	Total
01-01-0018	GPM-60, BOMBA PERIFERICA GLONG 0.5HP	1	467.00	467.00
---Ultima Línea---				
			Total:	467.00

OBSERVACIONES:

- Cualquier trabajo o accesorio adicional que no este contemplado en este presupuesto tendrá un costo adicional.
- En nuestras instalaciones no se considera: romper, zanjar, llevar la tubería de un lugar al cuarto de bombas, fundir, etc.







Garantía: ***1 Año de garantía sobre desperfectos de fabrica en equipo.**
 Forma de Pago: **75% de Anticipo y 25% contra entrega.**
 Lugar de Entrega: **En proyecto.**
 Instalación:
 Vigencia de Oferta: **15 Días Hábiles.**
 Cheques a nombre **HYDROSOLAR, S.A.**

Agradecemos por tomar en cuenta a nuestra entidad para presentar una propuesta sobre suministro e instalación del equipo que requiere, cualquier duda o comentario estamos en disponibilidad de resolverlos.

En espera de noticias. quedamos a sus ordenes.

Ilustración 56. Cotización de distintas tuberías y válvulas de cheque.

PROCEDER A PAGAR

	VÁLVULA CHECK HORIZONTAL DE 1/2 PULGADA. SKU#11748 1  Q185.00
	CHEQUE VERTICAL ITALIA 1" SKU#11753 1  Q70.00
	TUBO PVC DE 160 PSI, 1 PULGADA. SKU#12263 1  Q26.50

Sugerencias












CUPÓN	10DESC	 APLICAR
SUBTOTAL	Q281.50	
GASTOS DE ENVIO	Q0.00	
TOTAL	Q281.50	

Ilustración 57. Cotización de accesorios de PVC (codos, tee y válvulas de paso).

PROCEDER A PAGAR

	<p>CODO PVC SIN ROSCA, 2" A 90°</p> <p>SKU#12134</p> <p><input type="text" value="6"/> </p> <p></p> <p style="text-align: right;">Q38.10</p>
	<p>TEE PVC SIN ROSCA DE 2 PULGADAS.</p> <p>SKU#12258</p> <p><input type="text" value="3"/> </p> <p></p> <p style="text-align: right;">Q26.55</p>
	<p>VÁLVULA DE BOLA DE PVC PASO TOTAL, 2".</p> <p>SKU#11870</p> <p><input type="text" value="4"/> </p> <p></p> <p style="text-align: right;">Q200.00</p>
<p>CUPÓN <input type="text" value="10DESC"/>  APLICAR</p>	
<p>SUBTOTAL Q264.65</p> <p>GASTOS DE ENVIO Q0.00</p> <p>TOTAL Q264.65</p>	

[Sugerencias](#)

Rubro	Total	% Depreciación	Depreciación
Edificios, construcciones e instalaciones adheridas a inmuebles y sus mejoras	Q 88,324.86	5.00%	Q 4,416.24
Herramientas	Q 576.79	25.00%	Q 144.20
Mobiliario y Equipo	Q 9,783.34	20.00%	Q 1,956.67
Maquinaria y Vehículos	Q -	20.00%	Q -
Equipos de computación, incluyendo programas	Q -	33.33%	Q -
Bienes otros	Q 1,875.00	10.00%	Q 187.50
*los % de depreciación se obtuvieron del Artículo 19. Del decreto 26-92 Ley del ISR		TOTAL	Q 6,704.61

b. Mano de obra

- 1) Dirigirse a la pestaña llamada “Mano de Obra”



- 2) Determinar los salarios por hora que tendrán los empleados, el horario de entrada y de salida de los mismo y este calculará las horas de trabajo y el sueldo semanal. Esto se debe repetir dependiendo del horario que tengan los trabajadores en la primera parte que dice Horario Semana 1 para Diurno, Horario Semana 2 para Mixto y Horario Semana 3 para Nocturno.

Horario	Salario Hora	Horario Semana 1		Horas	St
Diurna	Q 11.27	06:00	14:00	08:00	C
Mixta	Q 12.88				
Nocturna	Q 15.03				

MANO DE OBRA TURNO A
MANO DE OBRA TURNO B

- 3) Luego bajar un poco al recuadro siguiente donde solo se debe de modificar la cantidad de empleados que se tendrán en ese horario y si se tendrán % de aumento anuales. Y esto en TURNO A para Diurno, TURNO B para Mixto y TURNO C para nocturno.

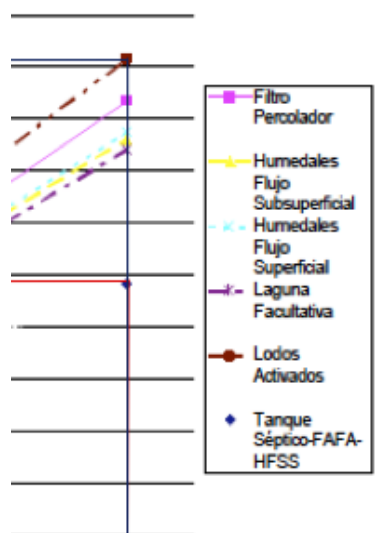
MANO DE OBRA TURNO A	
Número de trabajadores	1
Salario Semanal	Q 631.12
Bono Incentivo	Q 58.33
Salario Mensual Total	Q 689.45
Semanas de Trabajo	52
% Aumento Año 1	0%
% Aumento Año 2	0%
% Aumento Año 3	0%
% Aumento Año 4	0%
% Aumento Año 5	0%
% Aumento Año 6	0%
% Aumento Año 7	0%
% Aumento Año 8	0%
% Aumento Año 9	0%
% Aumento Año 10	0%
% Bono 14	8.33%
% Aguinaldo	8.33%
% Vacaciones	4.66%
% IGSS, IRTA e INTECAP	12.67%
% Pasivo Laboral	8.33%
% Prestaciones TOTAL	42.32%

c. Mantenimiento

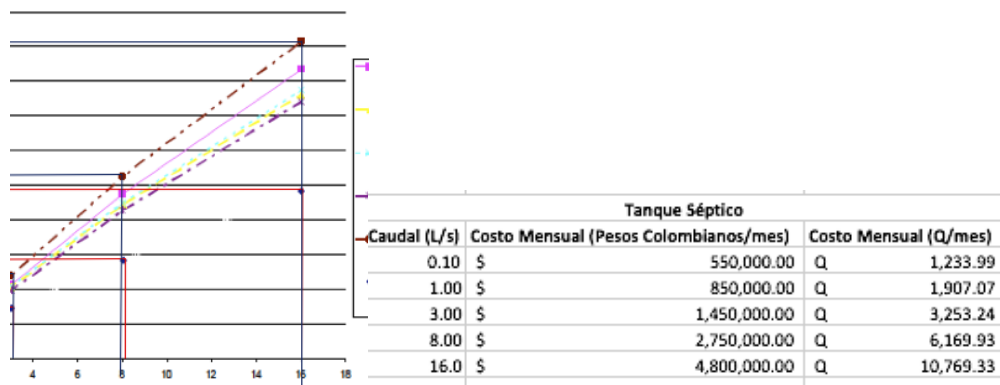
- 1) Dirigirse a la pestaña llamada “Mantenimiento”



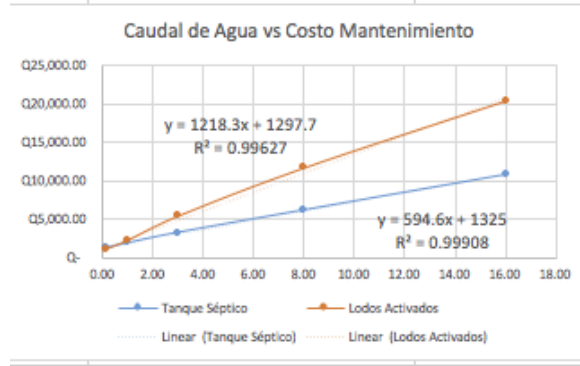
- 2) Determinar cual de los estudios se asimila a la planta que se esta analizando.



- 3) Luego analizar los puntos para poderlos colocar en la tabla del lado.



- 4) Luego graficar el costo mensual de mantenimiento y operación y graficarlo para obtener una línea de tendencia y una ecuación e interpolar para el flujo de agua que se espera trabaje la PTAR propuesta.



- 5) Con la ecuación de la tendencia que se tiene calcular para el flujo deseado y con ello calcular el % esperado que costará el mantenimiento y con eso se obtiene cual será el gasto mensual de mantenimiento y se debe multiplicar por 12 para determinar el costo anual

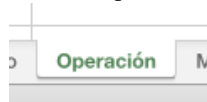
Caudal (L/s)	Costo Mensual (Q/mes)				
0.3 Q	1,503.38	Séptico			
0.3 Q	1,663.19	Lodos			
Q	1,583.29		79.16 Q	Propuesta	
Q	1,663.19		83.16 Q	AMBIOTEC	Q 997.91

- 6) Este valor anual se debe de colocar desde el año 1 a 10 en la tabla inferior.

Año 0	Año 1	Año 2	A
Q -	Q 949.97	Q 949.97	Q

d. Operación

- 1) Dirigirse a la pestaña llamada "Operación"



- 2) De nuevo al igual que "Equipos y Depreciación" esta se divide dependiendo del tratamiento de la planta. En este colocar el producto necesario, la empresa de obtención, cantidad de producto que se estará obteniendo (presentación de este), el costo y el simulador calculará el costo anual del producto a comprar y se copiará en la tabla anual inferior a esto.

f. Flujo de Efectivo

- 1) Dirigirse a la pestaña llamada “Flujo Efectivos”



- 2) En esta parte solo debe de cambiarse el TMAR con el que se desea trabajar y automáticamente se calculará el VAN

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Venta de Lodos	Q0.00	Q94,277.05	Q94,277.05	
Manejo de Lodos	Q0.00	Q49,500.00	Q49,500.00	
AHORROS	Q0.00	Q143,777.05	Q143,777.05	
Inversión Inicial	-Q114,442.18	Q0.00	Q0.00	
Mano de Obra	Q0.00	-Q197,571.93	-Q197,571.93	
Costos de Operación	Q0.00	-Q21,168.24	-Q21,168.24	
Costos Mantenimiento	Q0.00	-Q949.97	-Q949.97	
Energía	Q0.00	-Q7,894.45	-Q7,894.45	
EGRESOS	-Q114,442.18	-Q227,584.58	-Q227,584.58	
BALANCE				
(+) Ahorro	Q0.00	Q143,777.05	Q143,777.05	
(-) Costos	-Q114,442.18	-Q227,584.58	-Q227,584.58	
FLUJO				
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
	-Q114,442.18	-Q83,807.54	-Q83,807.54	
VAN				
	-Q587,973.46			
TREMA				
	12.00%			

E. GRÁFICOS

Ilustración 58. Análisis de sensibilidad del aumento y reducción al 50% de los costos operativos de ambas PTAR.

