

PRESTACIÓN DE SOPORTE TÉCNICO EN LA LÍNEA DE AGUA RESIDUAL –  
BIOGÁS Y BIOMETANO DE LA EMPRESA COMPAÑÍA DE SERVICIOS  
TÉCNICOS INTEGRALES

LUIS JOSÉ DURÁN AGUIRRE

ID: 000280349

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
FLORIDABLANCA

2018

PRESTACIÓN DE SOPORTE TÉCNICO EN LA LÍNEA DE AGUA RESIDUAL –  
BIOGÁS Y BIOMETANO DE LA EMPRESA COMPAÑÍA DE SERVICIOS  
TÉCNICOS INTEGRALES

LUIS JOSÉ DURÁN AGUIRRE

Informe de practica para optar el título de ingeniero ambiental

Directora

PhD. Alexandra Cerón Vivas

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
FLORIDABLANCA

2018

## NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

Floridablanca 02 de octubre de 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres quienes me han apoyado durante toda mi vida en lo más indispensable, a mis hermanos porque me apoyaran primero que otras personas.

Agradezco a mis profesores porque me han orientado en el camino profesional.

Agradezco a mi supervisor y mis colegas porque han pulido mis capacidades.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                                                                                                                         | 11 |
| <b>1. OBJETIVOS</b> .....                                                                                                                         | 12 |
| <b>1.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....                                                                                                                 | 12 |
| <b>1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....                                                                                                            | 12 |
| <b>2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b> .....                                                                                                       | 13 |
| <b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....                                                                                                            | 14 |
| 3.1. Sintetizar una guía de mejores prácticas para la optimización del inóculo.<br>14                                                             |    |
| 3.2. Establecer una hoja de cálculo donde se aprecie las cantidades y el<br>potencial de producción de biogás de sistemas anaerobios.....         | 16 |
| 3.3. Coordinar la planta de tratamiento de aguas residuales de un conjunto<br>residencial en Barrancabermeja. ....                                | 20 |
| <b>4. Actividades complementarias</b> .....                                                                                                       | 26 |
| 4.1. Licitación para la construcción del sistema de tratamiento de aguas<br>residuales de extractora la Gloria. ....                              | 26 |
| 4.2. Operación de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de<br>TRONEX.....                                                     | 28 |
| 4.3. Elaboración de diseños de la planta de tratamiento de aguas residuales<br>para los efluentes de la extractora Aceites Sur de Santander. .... | 30 |
| <b>5. CONCLUSIONES</b> .....                                                                                                                      | 31 |
| <b>6. BIBLIOGRAFIA</b> .....                                                                                                                      | 32 |
| <b>ANEXOS</b> .....                                                                                                                               | 33 |

**LISTAS DE TABLAS**

Tabla 1. Lista de chequeo PTAR .....20

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Imagen 1. Organigrama de CIA STI.....                                  | 13 |
| Imagen 2. Biblioteca de medios de biogás. ....                         | 14 |
| Imagen 3. Dimensionamiento de lagunas de oxidación.....                | 26 |
| Imagen 4. Diseño esquemático presentado al cliente.....                | 27 |
| Imagen 5. Planta de tratamiento de aguas no domesticas de TRONEX. .... | 28 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1. Resumen técnico biogás y biometano .....                    | 34 |
| Anexo 2. Plantilla de generación energética a partir de biogás ..... | 48 |
| Anexo 3. Informe mensual presentado a Vivero Club .....              | 49 |

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** PRESTACIÓN DE SOPORTE TÉCNICO EN LA LÍNEA DE AGUA RESIDUAL – BIOGÁS Y BIOMETANO DE LA EMPRESA COMPAÑÍA DE SERVICIOS TÉCNICOS INTEGRALES

**AUTOR(ES):** Luis José Durán Aguirre

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR(A):** Alexandra Cerón Vivas

### **RESUMEN**

La siguiente práctica empresarial está enfocada en la línea de tratamiento anaerobio de agua residual y el aprovechamiento del subproducto biogás y biometano en la empresa Compañía de servicios técnicos integrales S.A.S, el objetivo principal radica en dar un soporte técnico ambiental que permita impulsar el nuevo servicio que desea sacar al mercado la compañía. La empresa busca con esta nueva línea prestar un servicio más integral, que cumpla con la legislación vigente y disminuya los impactos ambientales, dicho servicio abarca desde el diseño de reactores anaerobios, la adecuada operación, la correcta extracción y disposición de lodos hasta el aprovechamiento energético del subproducto biogás. Debido a esto se busca generar una biblioteca de medios que permita a los trabajadores y los clientes conocer acerca del subproducto, afianzar una plantilla que permita calcular el potencial que tiene cada cliente para generar el biogás y establecer el adecuado coagulante para homogenizar el lodo y secarlo por medio de un tornillo prensa.

### **PALABRAS CLAVE:**

Biogás, biometano, impactos ambientales, aprovechamiento energético

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## **GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** PROVISION OF TECHNICAL SUPPORT IN THE RESIDUAL WATER LINE - BIOGAS AND BIOMETHANE LINE FOR THE SERVICIOS TÉCNICOS INTEGRALES COMPANY

**AUTHOR(S):** Luis José Durán Aguirre

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR:** Alexandra Cerón Vivas

### **ABSTRACT**

This internship is focused on the line of anaerobic treatment of wastewater and exploitation of the byproduct biogas and biomethane in the Servicios Técnicos Integrales company, the main objective is a technical environmental support that allows to drive the new service you want to enter to the market. The company seeks with this new line to provide a more comprehensive service that complies with current legislation and reduces environmental impacts. This service ranges from the design of anaerobic reactors, the proper operation, the correct extraction and disposal of sludge to the use of energy of the biogas byproduct. Due to this, it is sought to generate a media library that allows workers and customers to know about the byproduct, create a spreadsheet that allows to calculate the potential that each client has to generate the biogas and establish the appropriate coagulant to homogenize the mud and dry it by means of a press screw.

### **KEYWORDS:**

Biogas, biomethane, environmental impacts, energy use.

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son definidas como aquellos desechos líquidos provenientes de las diferentes actividades del hombre. Las aguas residuales domesticas provienen de las residencias, los comercios y las instituciones y se encuentran compuestas de excretas humanas y orina, estas aguas las cuales son transportadas en los alcantarillados de los cascos urbanos, poseen bajas concentraciones de contaminantes si son comparadas con los residuos líquidos industriales, RILES, los cuales son generados en las diferentes industrias, como las extractoras de palma de aceite donde se evidencian elevadas concentraciones de contaminantes orgánicos (hasta 25.000 mg/l DBO<sub>5</sub>). Las aguas residuales son tratadas mediante diferentes sistemas: utilizando organismos depuradores aerobios y anaerobios, usando diferentes químicos o sistemas físicos de filtración. En el caso de las extractoras de palma de aceite, para tratar las altas concentraciones de DQO utilizan sistemas de lagunas de oxidación, en las cuales la remoción se realiza eficazmente mediante tratamientos de digestión anaerobia; de esta remoción se obtienen cantidades considerables de Biogás, el cual puede aprovecharse para generar energía eléctrica o usarse a nivel industrial o residencial como fuente de alternativa de combustible energéticamente competente y de bajo costo; el efluente tratado puede aplicarse en la fertilización de plantaciones gracias a que presenta una cantidad aprovechable de nutrientes.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Proporcionar medidas técnicas y ambientales en las líneas de agua residual, biogás, biometano y lodos digestato para los proyectos de la empresa con Compañía de Servicios Técnicos Integrales.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Sintetizar una guía de mejores prácticas para la optimización del inoculo en sistemas anaerobios como fundamento en la optimización y generación de biogás.
- Establecer una hoja de cálculo donde se aprecie las cantidades y el potencial de producción de biogás de sistemas anaerobios en los sectores agrícolas y pecuarios seleccionados por STI.
- Coordinar la planta de tratamiento de aguas residuales de un conjunto residencial en Barrancabermeja.

## 2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

La empresa tiene como razón social Compañía de Servicios Técnicos Integrales, con las siglas STI. Esta tiene sus oficinas en la ciudad de Bucaramanga en la Calle 103 #22<sup>a</sup>- 27, el número de contacto es 6516302 y en su página web <http://www.integralsti.com/> se encuentra toda la información de la empresa y sus experiencias.

Su actividad económica registrada en la DIAN es 7020 Consultoría de Gestión. Los servicios que presta actualmente son: servicios de saneamiento básico, servicios ambientales para el sector de la palma de aceite enfocado en la construcción de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales (STARI) y evaluación, consultoría e interventoría ambiental para el sector privado y el sector público.

La Compañía de Servicios Técnicos Integrales es una organización creada desde el año 2010 por un grupo de profesionales de ámbito multidisciplinario con experiencia en proyectos ambientales de alto impacto. Se encuentra certificada en las normas 9001, 14001 y 18001. Actualmente cuenta con 25 empleados, 9 de estos se encuentran en las oficinas administrativas y 16 restantes se encuentran en campo en los diferentes proyectos de la empresa. La estructura organizacional de STI puede verse plasmado en la imagen 1, donde se prioriza ante todo al cliente. El cargo del practicante es soporte técnico y ambiental al coordinador de proyectos y es supervisado por el ingeniero sanitario y ambiental Andrés Felipe Cruz Rave, con el cargo de gerente general de la empresa.

Imagen 1. Organigrama de CIA STI.



Fuente: Compañía de servicios técnicos integrales.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Sintetizar una guía de mejores prácticas para la optimización del inóculo.

Para dar cumplimiento al objetivo se comenzó por la organización de una biblioteca de medios con toda la información recopilada por la empresa, dicha carpeta se encuentra en digital y físico. En la imagen 2 se observan las diferentes carpetas que se comparten cuando se desea tener acceso a la información del biogás. Contiene las diferentes leyes aplicables a la producción y comercialización de biogás y biometano, informes generados por empresas aliadas y un resumen técnico generado por el practicante. En el resumen se plasmó las explicaciones y las experiencias del Ing. Andres Cruz en el tema del biogás, las guías y parámetros para tener en cuenta, buscando mantener un buen inóculo que genere biogás, los casos y ecuaciones que se han recopilado en los sectores avícola, bovino, porcino y palma de aceite, en donde algunas empresas captan y conducen el biogás, pero con el fin de quemarlo y disminuir las emisiones de metano.

Con esto se buscó compilar toda la información para que esta estuviera asequible y que pueda servir de guía a los empleados que ingresen a trabajar en esta línea. Para que la guía se encontrara más completa, se incluyó otro capítulo denominado generalidades del biogás, en este se resumió principalmente como se encuentra compuesto usualmente, la explicación de la digestión anaerobia y los diferentes indicadores que afectan la formación en donde se destaca la relación carbono/nitrógeno, los tiempos de retención de los reactores a diferentes temperaturas y el pH sugerido. Este capítulo se realizó utilizando artículos científicos y el libro “El manual del biogás”.

Imagen 2. Biblioteca de medios de biogás.

|                                                                                     |                                   |                      |                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------|
|  | 1. ARRANQUE DE LAGUNAS            | 1/06/2018 1:34 p.m.  | Carpeta de archivos |
|  | 2. PRODUCCION DE LODOS            | 1/06/2018 1:34 p.m.  | Carpeta de archivos |
|  | 3. BIOGAS                         | 19/06/2018 12:46 ... | Carpeta de archivos |
|  | 4. BIOMETANO                      | 19/06/2018 12:49 ... | Carpeta de archivos |
|  | 5. SEMINARIOS Y CONGRESOS         | 1/06/2018 1:34 p.m.  | Carpeta de archivos |
|  | 6. LEGISLACIÓN BIOGAS Y BIOMETANO | 1/06/2018 1:34 p.m.  | Carpeta de archivos |
|  | 7. PLANTILLA BIOMETHAN            | 3/07/2018 6:26 p.m.  | Carpeta de archivos |
|  | 8. ALIANZAS ER-BR                 | 20/06/2018 5:06 p.   | Carpeta de archivos |
|  | 9. RESUMEN TÉCNICO                | 10/07/2018 3:29 p.   | Carpeta de archivos |

Fuente: el autor.

El potencial energético del aprovechamiento del biogás es tan alto que según la resolución 240 de la CREG en Alemania, se generaron 24 millones de MW/h en 2013, lo que equivale al 41% del consumo de energía eléctrica en Colombia en 2014.

Como se observa en el Anexo 1 - resumen técnico, el cual fue elaborado por el autor, y en las experiencias recopiladas en la biblioteca de medios, el potencial de autosuficiencia energética de las empresas colombianas es muy alto, especialmente en los sectores nombrados anteriormente. Las características climáticas de Colombia permiten que la actividad metanogénica se presente de forma más rápida y al mantener buenas prácticas en los biodigestores como extracción de lodos, ajuste de pH, recirculación interna y una entrada de sustrato constante a las concentraciones a las cuales se adaptó el inóculo, la producción de biogás debería estar en una fase óptima.

Actualmente son pocas las empresas que tienen adaptado su sistema de tratamiento para comenzar a generar energía, no se cuenta con una legislación que les obligue cumplimiento y anteriormente no contaban con incentivos que motivaran a realizar este tipo de inversiones. Hoy en día, según Fedepalma (2017) se cuenta con la valorización de los bonos de carbono y con la ley 1715 la cual ofrece beneficios tributarios a quienes inviertan en energías renovables.

3.2. Establecer una hoja de cálculo donde se aprecie las cantidades y el potencial de producción de biogás de sistemas anaerobios.

Para dar comienzo a una plantilla que determinara la cantidad aproximada de biogás y biometano que se genera en los reactores donde la empresa realizara diagnósticos, se recopilaron cálculos, ecuaciones y constantes reunidas en campo por el supervisor en las plantaciones de palma de aceite y por los aliados de STI en Brasil, los cuales manejan diferentes reactores anaerobios para aprovechamiento de biogás en los sectores bovino, porcino y avícola.

La hoja de cálculo del potencial del biogás contiene, como se observa en la imagen 3, cantidad de biogás aproximada por día y por hora, la energía eléctrica generada al introducir el gas en un motor con determinada eficiencia eléctrica, los ahorros energéticos dependiendo al valor del kW en la zona y por último si se conoce la concentración de metano en el biogás, cuanto biometano puede ser producido en refinado. Para esto hay que introducir datos de entrada típicos dependiendo del sector donde se usa, estos devuelven la información mencionada anteriormente.

Imagen 3. Plantilla de potencial de biogás.

Sector palma



#### Datos de entrada

|                                        |        |           |
|----------------------------------------|--------|-----------|
| QAR                                    | 624    | m3/d      |
| Far                                    | 0,65   | m3/TonRFF |
| Cp                                     | 40     | TonRFF/hr |
| Hp                                     | 24     | hr/d      |
| Dias de operación de la planta por mes | 20     | dias/mes  |
| [DQO] Entrada                          | 87.090 | mg/l      |
| [DQO] Salida                           | 0      | Kg/m3     |
| % Remoción                             | 80%    |           |
| %CH <sub>4</sub> Biogas                | 60%    |           |
| %CO <sub>2</sub> Biogas                | 32%    |           |

#### Constantes

|                                                           |       |                                             |
|-----------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------|
| Generacion de CH <sub>4</sub> por cada Kg de DQO removido | 0,315 | m3 CH <sub>4</sub> /kgDQO <sub>remov.</sub> |
| Poder calorico CH <sub>4</sub>                            | 9960  | Kcal/m3CH <sub>4</sub>                      |
| Poder calorico CH <sub>4</sub>                            | 11,55 | KWh                                         |

### RESULTADOS

#### CARGAS

|                    |        |       |
|--------------------|--------|-------|
| [DQO] Entrada      | 87     | Kg/m3 |
| Carga [DQO]        | 54.344 | Kg/d  |
| Carga [DQO] Salida | 10.869 | Kg/d  |
| Kg DQO removida    | 43.475 | Kg/d  |

#### BIOGAS

|                           |        |      |
|---------------------------|--------|------|
| Biogás Generado Calculado | 22.825 | m3/d |
| Biogás Generado Calculado | 951    | m3/h |

#### ENERGIA

|                                             |       |               |
|---------------------------------------------|-------|---------------|
| Poder calorico Biogás                       | 5.976 | Kcal/m3biogás |
| Poder calorico Biogás                       | 6,93  | KWH           |
| Eficiencia Electrica del Motor a Biogás     | 30%   |               |
| Energia generada por m3 de biogas consumido | 2,08  | KWh/m3        |
| Energia Generada Estimada                   | 1.978 | KWh           |

#### AHORROS ENERGETICOS

|                                       |                |          |
|---------------------------------------|----------------|----------|
| Consumo real de energia de la planta  | 800            | KWh      |
| Valor costo del KW/Hr                 | \$ 378         | \$/kw    |
| Horas de operación de la planta x día | 24             | hr/día   |
| Dias de operación de la planta x mes  | 20             | dias/mes |
| Ahorro estimado por hora              | \$ 302.400     | \$/hr    |
| Ahorro estimado por día               | \$ 7.257.600   | \$/dia   |
| Ahorro estimado por mes               | \$ 145.152.000 | \$/mes   |

## VENTA DE ENERGIA A LA RED

|                                                        |               |          |
|--------------------------------------------------------|---------------|----------|
| Excedente de energia prevista a la red                 | 1.177,79      | KWh      |
| Precio estimado de venta de energia al comercializador | \$ 150        | \$/kw    |
| Horas de operación de la planta x día                  | 24            | hr/dia   |
| Dias de operación de la planta x mes                   | 20            | dias/mes |
| Ingresos x venta de energia a la red x mes             | \$ 84.801.072 | \$/mes   |

## BIOMETANO

### Biometano

|                                               |                |        |
|-----------------------------------------------|----------------|--------|
| Perdida estimada en la Biorrefineria          | 5%             | m3/d   |
| Biometano Generado                            | 542            | m3/h   |
| Biometano Generado por día                    | 13.010         | m3/d   |
| Precio de Venta del Biometano al distribuidor | 600            | \$/m3  |
| Ingresos por día                              | \$ 7.805.995   | \$/dia |
| Ingresos por mes                              | \$ 156.119.903 | \$/mes |
| Precio de compra de Biogás                    | \$ 50          | \$/m3  |
| Precio de compra de Biogás por mes            | \$ 22.824.547  | \$/mes |

## CO2

|                                         |               |        |
|-----------------------------------------|---------------|--------|
| Perdida estimada en la Biorrefineria    | 5%            | m3/d   |
| CO2 Generado por hora                   | 289           | m3/h   |
| CO2 Generado por día                    | 6.939         | m3/d   |
| Precio de Venta del CO2 al distribuidor | 300           | \$/m3  |
| Ingresos por día                        | \$ 2.081.599  | \$/dia |
| Ingresos por mes                        | \$ 41.631.974 | \$/mes |

## Otros Indicadores

|                                                               |         |                  |
|---------------------------------------------------------------|---------|------------------|
| Produccion de Biogas por Tonelada de RFF                      | 20,0    | m3 Biogás/TonRFF |
| Biogás estimado con indicador experimental                    | 800     | m3/h             |
| Biogás Generado Calculado                                     | 951     | m3/h             |
| Producción de Biogas por Tonelada de RFF Estimado             | 23,78   | m3 Biogás/TonRFF |
| Porcentaje de Cercania con respecto al indicador experimental | 118,88% |                  |

## Tomando Datos del Motor

|                                         |     |             |
|-----------------------------------------|-----|-------------|
| Generacion electrica del motor (REAL)   | 260 | KWh         |
| Consumo de biogas del motor             | 130 | m3biogas/hr |
| %CH4 Biogas                             | 60% |             |
| Eficiencia Electrica del Motor a Biogás | 30% |             |

|                                             |       |        |
|---------------------------------------------|-------|--------|
| Energia generada por m3 de biogas consumido | 2,0   | KWh/m3 |
| Poder Calorifico                            | 6,67  | KWh    |
| %CH4 Biogas                                 | 57,70 | %      |

|                  |        |      |
|------------------|--------|------|
| Energia Deseada  | 1000   | KWh  |
| Biogas necesario | 480,85 | m3/h |

Palma | Sacrificio pollo | Gallinaza | Porcino | Bovino

Fuente: el autor.

Esta tabla permitió a los encargados de tuberías de la empresa tener una idea de cuanto sería el potencial de cada proyecto donde se necesitaba licitar, con este potencial se calculó el tamaño de la tubería que debía cotizarse. De igual forma sirvió para calcular el potencial de generación energética y así saber si la planta extractora sería autosuficiente teóricamente.

La plantilla sirvió como base para la generación de una nueva hoja de cálculo que puede apreciarse en el anexo 2, la cual facilitó calcular con mayor detalle el producido mensual de biogás a partir de cuantos frutos procesaban mensualmente. Esta nueva plantilla tiene más información como los kwh que consumen mensualmente y los contrasta con los generados por la combustión del biogás, lo que es importante debido a que permitió saber cuántos meses se tenía exceso de energía y cuantos había deficiencia y debía tomarse de la red, mostrando como respuesta el porcentaje de ahorro energético.

### 3.3. Coordinar la planta de tratamiento de aguas residuales de un conjunto residencial en Barrancabermeja.

En la segunda semana del mes de junio se comenzó con la supervisión de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del conjunto residencial Parque Vivero Club. Se realizó una visita el 6 de junio con el objetivo de conocer la planta, al operario y recopilar los datos *in situ* del mes. La siguiente semana se estudiaron los informes realizados por el anterior supervisor, el tipo de tratamiento que informa el manual de operación y las obligaciones por parte del supervisor establecidas en el contrato con el cliente, las cuales son:

- Realizar una (1) visita mínima al mes.
- Contactar con el laboratorio especializado para tomar un muestreo al mes donde se determinarán las siguientes variables:
  - DQO
  - DBO<sub>5</sub>
  - Sólidos suspendidos totales
  - Grasas y aceites
  - Nitrógeno amoniacal
  - Surfactantes
  - Fósforo total
  - Ortofosfatos
- Realizar un informe mensual donde se analicen las variables, se propongan soluciones y se resuma el estado de la planta al cliente.
- Dar apoyo en relación con la asesoría en la compra e instalación de equipos de bombeo y aireación.
- Suministrar al operario de los elementos que se requieran para la correcta operación de la planta.

El 29 de junio se realizó otra visita para realizar un diagnóstico más real de la situación de la planta, se tomaron datos *in situ* del mes de junio y como se visualiza en la tabla 1, se llenó una lista de chequeo.

Tabla 1. Lista de chequeo PTAR

|                 |                                             |  |
|-----------------|---------------------------------------------|--|
| CODIGO: GG-F-05 | <b>CHECK LIST PARA VISITA<br/>A PLANTAS</b> |  |
| VERSION: 01     |                                             |  |

| FA: 14/06/2018                               |             |              | <br>Lo Hacemos Posible                        |
|----------------------------------------------|-------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre del Cliente                           | VIVERO CLUB |              |                                                                                                                                  |
| Fecha de visita                              | 29/06/2018  |              |                                                                                                                                  |
| DESCRIPCION                                  | CHECK       | Calificación | Observación                                                                                                                      |
| PLANTA FISICA                                |             |              |                                                                                                                                  |
| Inspección de los tanques o pozos de entrada | OK          | 3            | Las rejillas están funcionando bien, sin embargo, la caída de agua genera malos olores de los cuales se ha quejado la comunidad. |
| Inspección de la bomba de entrada            | OK          | 3            | No hay bomba de entrada, el agua llega por gravedad y realiza descarga superficial en el tanque.                                 |
| Inspección de tanque de homogenización       | OK          | 4            | El operario sugiere que se necesita adecuar un serpentín para mejor funcionalidad del coagulante.                                |
| Redes de distribución                        | OK          | 3            | La comunicación entre tanques se observa taponada por lodos                                                                      |
| Válvulas y accesorios                        | OK          | 2            | Hay varios tableros y válvulas descompuestas.                                                                                    |
| Bombas internas de la planta                 | OK          | 5            | La bomba funciona adecuadamente y hay otra en standby                                                                            |
| Sistema de aireación                         | OK          | 0            | No hay presencia de blowers y se desconoce el estado de los aireadores                                                           |
| Reactor                                      | OK          | 2.5          | Es un sistema fisicoquímico peor el sistema biológico aerobio no está en funcionamiento                                          |
| Descarga de agua del sistema                 | PENDIENTE   |              | Debido a vecinos no hay forma de revisar el estado de la descarga                                                                |
| Sistema de purgas de lodos                   | OK          | 3            | Hay 3 tanques que no se pueden desocupar por purga.                                                                              |

|                                                                |          |    |   |                                                             |
|----------------------------------------------------------------|----------|----|---|-------------------------------------------------------------|
| Sistema de tratamiento de lodos                                | de de    | OK | 3 | Los lechos son demorados pero es un método más económico    |
| <b>DOCUMENTACION</b>                                           |          |    |   |                                                             |
| <b>Operativa</b>                                               |          |    |   |                                                             |
| Carpeta de informes de visitas                                 | de de    | OK | 5 | Se llevó una carpeta con los informes actualizados del 2018 |
| Carpeta de análisis de aguas de laboratorio                    | de de de | OK | 5 |                                                             |
| Estado de bitácora                                             | de       | OK | 5 |                                                             |
| Revisión del formato de la visita anterior.                    | del de   | OK | 0 | No hay                                                      |
| Formato de control de insumos Aplicados                        | de de    | OK | 5 |                                                             |
| Formato de Calibración de equipos                              | de de    | OK | 0 | No hay                                                      |
| Formato de control - revisión y mtto de equipos                | de de    | OK | 0 | No hay                                                      |
| Formato de control diario de parámetros de aguas superficiales | de de    | OK | 5 |                                                             |
| Formato de control del mantenimiento de la PTAR.               | de del   | OK | 0 | No hay                                                      |
| Formato de control diario de parámetros PTAR,                  | de de    | OK | 5 |                                                             |

|                                                                                     |           |   |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---|--------|
| Formato de registro de monitoreo y análisis de laboratorio.                         | OK        | 0 | No hay |
| Formato de solicitudes del cliente.                                                 | OK        | 0 | No hay |
| Formato del estado de dotación, EPP, papelería, elementos de comunicación, botiquín | OK        | 0 | No hay |
| Formato de incidentes y accidentes                                                  | OK        | 0 | No hay |
| <b>Normativa</b>                                                                    |           |   |        |
| Carpeta de legislación aplicable                                                    | OK        | 0 | No hay |
| Permisos Legales vigentes                                                           | PENDIENTE |   |        |
| Notificaciones de la autoridad ambiental                                            | PENDIENTE |   |        |
| Respuestas de notificaciones.                                                       | PENDIENTE |   |        |
| <b>Procedimientos Técnicos</b>                                                      |           |   |        |
| Procedimiento de operación y mtto de la PTAR                                        | OK        | 0 |        |
| Procedimiento de toma de muestras                                                   | OK        | 0 |        |
| Procedimiento de calibración de equipos                                             | OK        | 0 |        |
| Revisión de conceptos                                                               | OK        | 0 |        |

|                                                                                                                                                                                                                                     |            |                            |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------|-----------------|
| técnicos al operario.                                                                                                                                                                                                               |            |                            |                 |
| Matriz ambiental                                                                                                                                                                                                                    | OK         | 0                          |                 |
| Matriz SISO                                                                                                                                                                                                                         | OK         | 0                          |                 |
| Planos de la planta                                                                                                                                                                                                                 | OK         | 0                          |                 |
| Diseños de la planta.                                                                                                                                                                                                               | OK         | 0                          |                 |
| Nota                                                                                                                                                                                                                                |            |                            |                 |
| En la casilla CHECK solo se coloca un OK en caso de realizar la revisión, en caso de por cualquiera causa no hacerlo se debe colocar un PENDIENTE. Las calificaciones de este formato son de 0 a 5. Siendo 0 Muy malo y 5 Excelente |            |                            |                 |
|                                                                                                                                                                                                                                     |            |                            |                 |
| <b>Nombre del Consultor</b>                                                                                                                                                                                                         | LUIS DURÁN | <b>Nombre del Operador</b> | MIGUEL QUIÑONEZ |
| <b>Firma de Consultor</b>                                                                                                                                                                                                           |            |                            |                 |

Fuente: el autor

La planta presenta problemas en el sistema de aireación y en la purga de lodos. La tubería de purga presenta una avería en los primeros tanques donde se encuentra la trampa de grasas y se adiciona el coagulante, las válvulas no pueden abrirse y esto causa colmatación de lodos. Se decidió aplicar el coagulante en el siguiente tanque y así evitar que estos se colmaten con la misma celeridad que en el tanque donde la válvula esta averiada, sin embargo esto no funcionó muy bien debido a que el tiempo de contacto del coagulante con el agua no fue suficiente para que se formara más floc, por tanto, se regresó a lo anterior.

Para agilizar la purga, se decidió sacar de los lechos de secado el lodo con más prontitud y por ende con mayor humedad, sin embargo, ALBEDO SAS quien se encarga de disponer de estos lodos, no tiene problema en recibirlos así. Los resultados se apreciaron a los días de realizar el cambio, los sólidos sedimentables y los demás solidos disminuyeron. No obstante, la DQO y la DBO aún se encontraban en incumplimiento.

Con el objetivo de solucionar la problemática de la DQO, se realizó una reunión con el cliente, en la cual se le explico que la tecnología en su planta es un sistema fisicoquímico y con pulimiento aerobio, por ende, se necesitaba la aireación para remover el resto de carga orgánica contaminante. Se prepararon varias cotizaciones de blowers y se informó de otras reparaciones que implicaba la compra de estos. Para fortuna del cliente, cuando se realizó la primera visita se efectuó una

inspección de todos los equipos y tableros presentes en la PTAR, se encontró que existían dos blowers que si no llegasen a cumplir con proveer la aireación necesaria, por lo menos servirían para probar que el resto del sistema estuviera en funcionamiento como las tuberías y los difusores de membrana HDPE.

El sistema de aireación se terminó de instalar el 20 de septiembre, este se encuentra en fase de pruebas y de configuración de tiempos de encendido y apagado. La reparación de la purga de lodos está agendada para el día 30 de octubre el cual es el día que se le realizará mantenimiento a la planta.

En anexo 3 se puede apreciar uno de los informes que se entregaban al cliente mensualmente con el seguimiento de su planta.

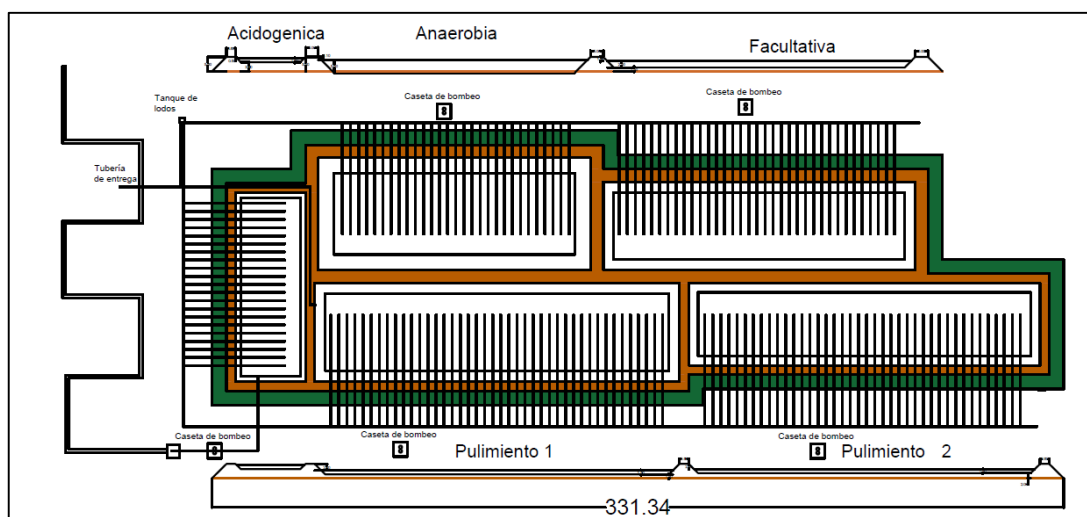
#### 4. Actividades complementarias

##### 4.1. Licitación para la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales de extractora la Gloria.

Se presentó una propuesta económica, en donde a partir de términos de referencia, los cuales especificaban el número y las dimensiones de lagunas que requerían, la cantidad de tuberías de purgas de extracción que proyectaban, la calidad del agua y entre otros datos, se debía calcular el costo, el tiempo y el flujo de caja de la construcción de este Sistema de tratamiento de Aguas Residuales Industriales (STARI). Se apoyó en el diseño conceptual con el dimensionamiento de cada digestor en autocad, como se observa en la imagen 3 y 4, se calcularon los movimientos de tierra que eran necesarios, la cantidad de tubería de purga, los metros cuadrados de geomembrana y geotextil no tejido que eran necesarios, la cantidad de concreto de un canal de entrada, se verificaron tiempos de retención hidráulica, se calculó el caudal de la planta extractora con datos de la extractora.

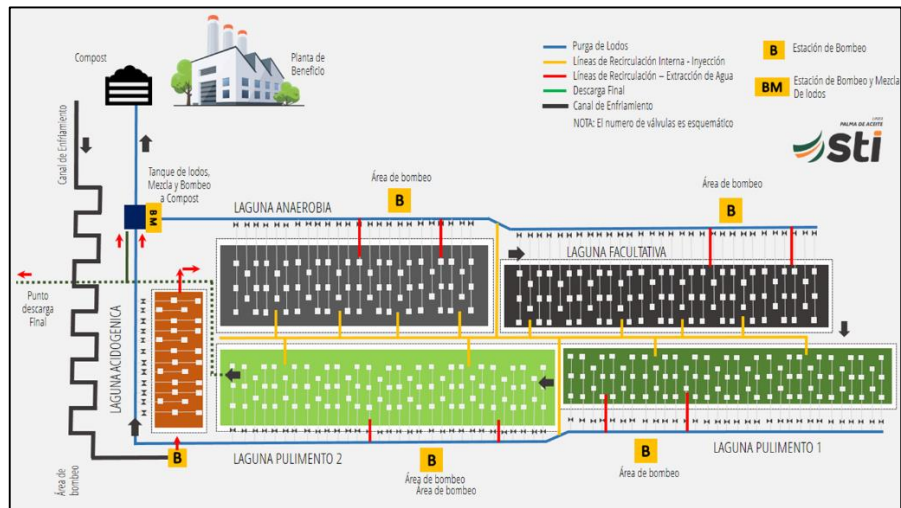
Se presentó al cliente la oferta junto con sugerencias de modificación de algunos ítems en los términos de referencia con el objetivo de disminuir costos, tales como cambiar las tuberías de purga de lodos rectas por espigas de pescado e implementar un sistema de recirculación para mover el agua de cada laguna de oxidación. Este último se sugirió puesto que se piensa siempre en dejar todo el sistema adaptado para que algún día sea carpado para captar biogás y conducirlo a un motogenerador, de igual forma se dejaron los espacios para el carpado.

Imagen 3. Dimensionamiento de lagunas de oxidación.



Fuente: el autor

Imagen 4. Diseño esquemático presentado al cliente



Fuente: STI S.A.S

#### 4.2. Operación de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de TRONEX

A finales del mes de agosto se comenzó con un contrato como operadores de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales no Domesticas (PTARnD) de la empresa TRONEX en Medellín. En esta empresa se actuó como coordinador ambiental, con la función de prestar apoyo al técnico en aguas encargado de operar la planta y generar informes mensuales del tratamiento, en la imagen 5 se observa un esquema de la planta.

Esta planta consta de una trampa de grasas, un tanque de recepción de agua, un tanque para tratamiento fisicoquímico y sedimentado de 1.5 metros cúbicos, un tanque con aireación para tratamiento biológico y finalmente un tanque de contacto para cloro, que por rebose llega a una tubería que conecta con el alcantarillado. El sistema trabaja por baches de 1 metro cúbico y la carga orgánica proviene del lavado de las instalaciones y los vehículos de la fábrica, por tanto, la carga es variable y se debe estar realizando por cada bache una prueba de jarras.

El comienzo de la operación se complicó, puesto que no se contaba con un manual de operación. Debido a lo anterior, el constructor decidió aportar un mes de acompañamiento, en el cual se ayudó al operador a obtener la dosis de coagulante que fuera la más cercana a las distintas cargas que llegan, se obtuvo la dosis optima de polímero aniónico y de potasa caustica, la cual sirve para subir el pH y permite que el coagulante actúe mejor. Se determinaron los tiempos que debía permanecer el agua en la planta para se presentara la mayor sedimentación posible.

Imagen 5. Planta de tratamiento de aguas no domesticas de TRONEX.



Fuente: TRONEX

#### 4.3. Elaboración de diseños de la planta de tratamiento de aguas residuales para los efluentes de la extractora Aceites Sur de Santander.

Aceites Sur de Santander es una extractora que se encuentra en fase de construcción y esta debe arrancar junto con un sistema de tratamiento. Para este contrato se realizó en la primera fase, un diseño conceptual de los reactores que se van a construir, para esto se utilizaron datos de como aumenta la carga orgánica del afluente a medida que la extractora va creciendo, los factores de agua residual dependiendo de la tecnología que se piensa instalar, como la fase aun se encuentra en marcha, el dimensionamiento de estos reactores puede ser modificado.

Se visitó el lote para indicar al ingeniero encargado del estudio del suelo, donde deberían realizarse los sondeos. Se realizó un reconocimiento en campo de los posibles puntos de vertimiento y se estudió otras alternativas para realizar el vertimiento, tales como fertirriego; evaporación y condensación del efluente para uso en caldera. Para cada alternativa se generó un informe con la respectiva normatividad colombiana, los casos de éxito y fracaso en Colombia, las memorias de cálculo para conocer cuánto del efluente podemos distribuir entre las alternativas y un cálculo rápido de los posibles costos de operación de estas.

## 5. CONCLUSIONES

Con la ayuda de la base de datos de la empresa y con la actividad de organizarla, se recogió la suficiente información para poder generar una guía completa donde hay experiencias, imágenes y videos que permitirán entrenar a la persona encargada para que mantenga en buenas condiciones el inoculo y se aumente potencialmente la generación de biogás.

El establecimiento de una hoja de cálculo le otorgó al equipo comercial una herramienta para mostrarle al prospecto, el potencial energético que tenía el reactor anaerobio de su PTAR.

La plantilla de biogás sirvió como base para la generación de una nueva hoja de cálculo más avanzada, la cual se nutrió con datos reales mes a mes para tener más certeza de cuanto biogás se generaba y si este era suficiente para aconsejar una inversión buscando ahorro energético a través de motores a biogás.

Durante los meses de práctica, se buscó como ingeniero ambiental que la planta de tratamiento, la cual se estaba coordinando, cumpliera con la legislación vigente, que el cliente no reportara inconformidad de vectores, malos olores y problemas con la autoridad ambiental.

## 6. BIBLIOGRAFIA

FEDEPALMA. Procedimiento e incentivos para la generación y venta de energía eléctrica renovable de la agroindustria de palma de aceite en Colombia. Bogotá D.C, 2017. ISBN 978-958-8676-90-2.

Compañía de servicios técnicos integrales, [en línea] [www.integralsti.com](http://www.integralsti.com)

Bontempo, G., Maciejczyk, M., Wagner, L., Findeisen, C., Fischer, M. Hofmann, F. Biogas - safety first!. 2016.

Varnero Moreno, M.. Manual de Biogás. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2011, pp.11-48.

Resolución 0631 de 2015. Diario Oficial No. 49486, Bogotá, Colombia, 18 de abril de 2015.

Resolución 240 de 2016. La Comisión de Regulación de Energía y Gas, Bogotá, Colombia, 06 de diciembre de 2016.

Garcia, J. Manejo de efluentes de plantas extractoras. Centro de investigación en palma de aceite. Santafé de Bogotá, D.C. 1996. P 14-19.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Resumen técnico biogás y biometano

## Contenido

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN.....                                                                | 3  |
| CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL BIOGÁS.....                                        | 3  |
| 1. Digestión anaerobia.....                                                      | 3  |
| 2. El biogás.....                                                                | 4  |
| 3. Indicadores de formación de biogás.....                                       | 5  |
| 3.1. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N).....                                       | 5  |
| 3.2. Consumo de agua.....                                                        | 6  |
| 3.3. Tiempos de retención.....                                                   | 6  |
| 3.4. PH.....                                                                     | 7  |
| 4. Formación y optimización del inóculo para generación de biogás. ....          | 7  |
| CAPÍTULO 2: PALMA DE ACEITE.....                                                 | 7  |
| 1. Determinación de caudal de extractora de palma de aceite.....                 | 7  |
| 2. Carga orgánica de agua residual industrial extractora de palma de aceite..... | 8  |
| 2.1. Carga removida.....                                                         | 9  |
| 3. Producción de biogás en palma.....                                            | 9  |
| 4. Energía eléctrica producida por el biogás.....                                | 9  |
| 5. Otros indicadores.....                                                        | 10 |
| CAPÍTULO 3: PLANTAS DE SACRIFICIO.....                                           | 11 |
| CAPÍTULO 4: PORCICULTURA.....                                                    | 11 |
| CAPÍTULO 5: BOVINOS.....                                                         | 12 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                                                | 14 |

#### Listado de tablas

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Características generales del biogás .....                                                        | 4  |
| <b>Tabla 2.</b> Correlación de materiales con la producción de biogás y la relación carbono/nitrógeno.....        | 5  |
| <b>Tabla 3.</b> Parámetros físicoquímicos del agua residual industrial planta extractora de aceite de palma ..... | 8  |
| <b>Tabla 4.</b> Estimativo de producción de biogás por sistema porcino .....                                      | 11 |
| <b>Tabla 5.</b> Indicadores de producción de biogás .....                                                         | 13 |

## INTRODUCCIÓN

El siguiente documento es una recopilación de la información técnica levantada por BME a través de los años. Esta investigación se ha conseguido por medio de artículos científicos, libros especializados, datos experimentales obtenidos por aliados como ER-BR y STI. Este documento es **confidencial** de BIOMETHAN ENERGY y es usado para instrucción de su personal.

## CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL BIOGÁS

El siguiente capítulo busca establecer bases técnicas acerca del biogás, el biometano, la degradación anaerobia y el cuidado y la optimización del inóculo en los reactores.

### 1. Digestión anaerobia

Este es un proceso que realizan microorganismos para degradar materiales orgánicos, este proceso se realiza en ausencia de oxígeno ya que estos organismos biológicos pueden verse afectados o inhibidos. Debido a la ausencia de  $O_2$ , estos usan el  $CO_2$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$  como aceptor de electrones y por ende la oxidación anaerobia tiene como producto el biogás. Según (M Varnero, manual del biogás, 2011) "En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico".

## 2. El biogás

Este gas está compuesto principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ), Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), sin embargo por otros aceptores de electrones contiene impurezas como sulfuro de hidrogeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), con olor penetrante característico de la ambientes anaerobios, y gas nitrógeno ( $\text{N}_2$ ). En la Tabla 1 se observa algunas características del biogás recopiladas de (M Varnero, manual del biogás, 2011), quien cita a (Deublein y Steinhauser, 2008).

Tabla 1. Características generales del biogás

|                         |                                                                 |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Composición             | 55 – 70%<br>30 – 45%<br>Trazas de otros gases                   |
| Contenido energético    | 6.0 – 6.5 kW h/ m <sup>3</sup>                                  |
| Equivalente combustible | 0.60 – 0.65 L petróleo/m <sup>3</sup> biogás                    |
| Límite de explosión     | 6 – 12 % de biogás en el aire                                   |
| Temperatura de ignición | 650 – 750 °C (con el contenido de $\text{CH}_4$ mencionado)     |
| Presión crítica         | 74 – 88 atm                                                     |
| Temperatura crítica     | -82.5°C                                                         |
| Densidad normal         | 1.2 kg m <sup>-3</sup>                                          |
| Olor                    | Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible) |
| Masa molar              | 16.043 kg kmol <sup>-1</sup>                                    |

Fuente: Deublein y Steinhauser (2008)

Para la formación de biogás y en especial del metano hay las siguientes etapas:

- I. Hidrólisis
- II. Etapa fermentativa o acidogénica
- III. Etapa acetogénica
- IV. Etapa metanogénica

Para la explicación individual de cada una de estas se sugiere revisar la biblioteca de medios donde recalca los microorganismos responsables de cada etapa, las reacciones químicas presentes, los metabolitos y la importancia de cada etapa. Los microorganismos metanogénicos pueden ser considerados como los más importantes dentro del consorcio de microorganismos anaerobios, ya que son los responsables de la formación de metano y de la eliminación del medio de los productos de los grupos anteriores, Se ha demostrado que un 70% del metano producido en los reactores anaeróbicos se forma a partir de la descarboxilación de ácido acético.

### 3. Indicadores de formación de biogás

#### 3.1. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

El carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimentación de las bacterias metanogénicas. El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para la formación de nuevas células. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima de estos dos elementos en la materia prima se considera en un **rango de 30:1 hasta 20:1**.

Relación **> 35:1** la descomposición **es más lenta** debido a la baja formación de células.

Relación **< 8:1** se **inhibe actividad bacteriana** por formación de amonio.

**Tabla 2.** Correlación de materiales con la producción de biogás y la relación carbono/nitrógeno.

| Materiales         | C/N  | % Sólidos totales | Disponibilidad Kg/día   | Volumen de biogás |            |
|--------------------|------|-------------------|-------------------------|-------------------|------------|
|                    |      |                   |                         | m³/kg húmedo      | m³/día/año |
| Residuos animales  |      |                   |                         |                   |            |
| Bovinos            | 25:1 | 13.4 – 56.2       | 10                      | 0.04              | 0.4        |
| Equinos            | 50:1 | 19 – 42.9         | 10                      | 0.04              | 0.4        |
| Ovinos             | 35:1 |                   | 1.5                     | 0.05              | 0.075      |
| Porcinos           | 16:1 | 15 – 49           | 2.25                    | 0.06              | 0.135      |
| Caprinos           | 40:1 | 83 – 92           | 2                       | 0.05              | 0.1        |
| Ovejas             |      | 32 – 45           |                         |                   |            |
| Conejos            | 23:1 | 34.7 – 90.8       | 0.35                    | 0.06              | 0.021      |
| Gallinas           | 23:1 |                   |                         |                   |            |
| Patos              | 47:1 |                   |                         |                   |            |
| Pavos              | 50:1 |                   |                         |                   |            |
| Aves               |      | 26 – 92           | 0.18                    | 0.08              | 0.014      |
| Excretas humanas   | 3:1  | 17                | 0.4                     | 0.06              | 0.025      |
| Residuos vegetales |      |                   | Cantidad residuo Ton/ha | m3/Ton            | m3/ha      |
| Paja trigo         | 87:1 | 88.0 – 90.0       | 3.3                     | 367               | 1200       |
| Paja cebada        | 90:1 |                   | 3.6                     | 388               | 1400       |
| Paja arroz         | 67:1 | 88.8 – 92.6       | 4                       | 352               | 1400       |
| Paja avena         | 55:1 |                   |                         |                   |            |

|                   |       |             |     |     |      |
|-------------------|-------|-------------|-----|-----|------|
| Rastrojos de maíz | 53:1  | 77.0        | 6.4 | 514 | 3300 |
| Leguminosas       | 28:1  | 60.0 – 80.0 |     |     |      |
| Porotos           | 38:1  |             | 3.2 | 518 | 1650 |
| Habas             | 29:1  |             | 4   | 608 | 1400 |
| Hortalizas        | 17:1  | 10.0 – 15.0 |     |     |      |
| Tomate            | 12:1  |             | 5.5 | 603 | 3300 |
| Cebolla           | 15:1  |             | 7   | 514 | 3600 |
| Tubérculos        | 20:1  | 10.0 – 20.0 |     |     |      |
| Papas             | 20:1  |             | 10  | 606 | 6000 |
| Betarragas        | 23:1  |             | 12  | 501 | 6000 |
| Hojas secas       | 41:1  | 50.0        |     |     |      |
| Aserrín           | 730:1 | 74.0 – 80.0 |     |     |      |

Fuente: Varnero y Arellano, 1991.

### 3.2. Consumo de agua

Experimentalmente se ha demostrado que una carga en **digestores semicontinuos no debe tener más de un 8% a 12 % de sólidos totales** para asegurar el buen funcionamiento del proceso, a diferencia de los digestores **discontinuos, que tienen entre un 40 a 60% de sólidos totales.**

#### Dilución de carga

$$\%S.T = \frac{1 \text{ kg excreta} * \%S.T \text{ excreta fresca}}{1 \text{ kg excreta} + \text{agua agregada (litros)}}$$

$$Wagua = \frac{1 \text{ kg excreta} * \%S.T \text{ excreta fresca}}{\%S.T} - 1 \text{ kg excreta}$$

%S.T: carga diluida que se desea en decimales.

%S.T excreta fresca: Valor del recuadro en decimales

### 3.3. Tiempos de retención

Las bacterias necesitan un cierto tiempo, dependiendo del residuo, para degradar la materia orgánica, la temperatura es un factor importante que acelera este proceso, para países como Colombia que tienen un clima tropical los TRH son entre **30 a 40 días.**

### 3.4. PH

El pH puede afectar la generación de biogás y la composición del mismo, en valores de pH bajos los organismos metanogénicos se ven inhibidos y por tanto la formación de metano es muy pobre y este repercute en la disminución del poder energético del gas. En cuanto a composición valores elevados de pH favorecen la formación de amoníaco, el cual disminuirá la formación de nuevas células.

## 4. Formación y optimización del inóculo para generación de biogás.

Cuando se requiere arrancar y estabilizar un reactor anaerobio un método eficiente es buscar en la región un biodigestor con características similares, se extrae el lodo de este y se añade al nuevo reactor hasta que se adapte a la carga, sin embargo si en la región no se encuentra con un inóculo capaz de degradar la materia orgánica se debería criar uno, en el siglo XXI es poco probable que pase esta situación, ya que en el sector se encuentran ubicadas varias plantas extractoras con reactores estabilizados donde se puede adquirir el inóculo. Para que el inóculo se adapte y se reproduzca correctamente se debe alimentar adecuadamente, las cargas orgánicas iniciales deben ser bajas, la bibliografía afirma que de 0.25 Kg DQO/m<sup>3</sup>/día, se deja 20 días con esta carga para una correcta adaptación el pH debe estar mayor a 6.5, si este parámetro se cumple se incrementa el COV de DQO en un 20%. En caso de que el pH disminuya de 6.5 el flujo debe pasar directo a las siguientes lagunas y si continúa bajo debe adicionarse cal. Se debe estar realizando pruebas de sólidos totales, si estos llegan a ser superiores a 10.000 mg/L la laguna debe ser purgada. La laguna anaerobia no debe recibir directo toda la carga como mínimo debe haber una laguna antes donde se disminuya la temperatura y se desaceite el AR. Tampoco es necesario la adición de nutrientes como nitrógeno y fósforo ya que se corre con el riesgo de eutrofización. Si se desea optimizar el inóculo de un reactor en funcionamiento es necesario estar midiendo los parámetros de Sólidos totales y de pH e instalar un sistema de bombeo que me permita recircular desde diferentes niveles del reactor los lodos y el agua residual.

## CAPÍTULO 2: PALMA DE ACEITE

### 1. Determinación de caudal de extractora de palma de aceite

El caudal de aguas residuales industriales de una planta extractora está compuesto por tres variables, las cuales son:

$$Q_{ar} = F_{ar} * C_p * \frac{H_p}{día} \left[ \frac{m^3}{día} \right]$$

- **Factor de agua residual (Far):** Este se da en las unidades (m<sup>3</sup>/ Ton RFF), se encuentra compuesto por dos factores.

$$Far = Fac * \% descarga \left[ \frac{m^3}{Ton RFF} \right]$$

- Factor consumo de agua: Esta es una constante de las extractoras de palma de aceite las cuales usan 1.0 – 1.2 (m<sup>3</sup> agua/ Ton RFF).
- % descarga: se encuentra en un rango entre 80 % - 90 %

Entonces el factor de agua residual se encuentra entre los 800 – 1080 (Lt / Ton RFF).

- **Capacidad de procesamiento (Cp):** Esta variable depende del tamaño de la planta extractora, usualmente las plantas tienen una capacidad de procesar 20, 40, 60 [Ton RFF/Hora].
- **Horas de proceso por día (Hp/d):** De igual forma que la variable anterior puede ser diferente para cada planta, comúnmente las plantas trabajan [20 Horas/día].

Siendo así, una planta extractora puede tener las siguientes condiciones: Far= 0.8 m<sup>3</sup>/Ton RFF; Cp= 20 Ton/hr; Hp/d= 20.

Siguiendo la fórmula de Qar, la planta tendría que tratar un caudal de **320 m<sup>3</sup>/d**.

## 2. Carga orgánica de agua residual industrial extractora de palma de aceite

La Carga Másica o Carga Orgánica es el producto de la concentración de un determinado contaminante por el caudal, en un lugar determinado (kg DBO<sub>5</sub> o DQO / día).

$$Carga = Q * [C] \left[ \frac{m^3}{d} * \frac{kg}{m^3} \right]$$

Las plantas extractoras siempre han presentado grandes concentraciones de contaminantes orgánicos en el agua residual, siendo esto un reto para las diferentes empresas del sector tratar sus efluentes para preservar el medio ambiente y cumplir con la legislación vigente.

**Tabla 3.** Parámetros fisicoquímicos del agua residual industrial planta extractora de aceite de palma

| Parámetro             | Valor         | Unidad               |
|-----------------------|---------------|----------------------|
| DQO                   | 70000 -110000 | mg O <sub>2</sub> /L |
| DBO                   | 35000 -55000  | mg O <sub>2</sub> /L |
| Cloruros              | 2000          | mg Cl/L              |
| Hidrocarburos totales | 200           | mg/L                 |
| Solidos suspendidos   | 70000         | mg/L                 |
| %solidos              | 1-3           | %                    |

Fuente: STI S.A.S

La carga orgánica es de gran importancia en la producción de biogás y biometano, debido a que entre mayor sea la carga másica y el porcentaje de remoción de esta mayor es la producción de biogás y por ende de biometano.

Experimentalmente se ha llegado a la siguiente constante: **1 Kg DQO removido – 0.315 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>**, por cada kilogramo de DQO que sea removido se producen 0.315 metros cúbicos de metano y por tanto aproximadamente 0.525 metros cúbicos de biogás.

### 2.1. Carga removida

Para obtener este valor se puede llegar de dos maneras:

- Realizando la diferencia entre la carga de entrada y la carga de salida (Centrada – Csalida)
- Conociendo el porcentaje de remoción del sistema de tratamiento se realiza la siguiente operación ( $C_e - \%R * C_e$ )

## 3. Producción de biogás en palma

Conociendo la carga removida de DQO del sistema de tratamiento se obtiene rápidamente el volumen de biogás producido por cada biodigestor donde haya actividad de bacterias metanogénicas (Bacterias anaerobias).

Para obtener el volumen de biogás se usa la siguiente formula:

$$Volumen\ Biogás = (Q_{ar} * [DQO]_e - Q_{ar} * [DQO]_s) * \frac{0.315}{\%CH_4\ Biogás} \left[ \frac{m^3}{d} \right]$$

$$Volumen\ Biogás = (C_e - C_s) * \frac{0.315}{\%CH_4\ Biogás} = (C_e - \%R * C_e) * \frac{0.315}{\%CH_4\ Biogás} \left[ \frac{m^3}{d} \right]$$

$$Volumen\ metano = (C_e - C_s) * 0.315 = (C_e - \%R * C_e) * 0.315 \left[ \frac{m^3}{d} \right]$$

- Q<sub>ar</sub>: Caudal de agua residual (m<sup>3</sup>/d)
- [DQO]: Concentración de DQO (Kg/m<sup>3</sup>)
- C<sub>e</sub>: Carga de entrada (Kg/d)
- C<sub>s</sub>: Carga de salida (Kg/d)
- %R: Eficiencia de remoción del reactor (%)

## 4. Energía eléctrica producida por el biogás

El biogás al estar compuesto en su mayor parte de metano el cual es un combustible que en presencia de oxígeno se oxida para producir una combustión la cual libera energía. El gas natural y el biometano tienen

un poder calorífico de 9960 Kcal o 11.55 KWhr por cada metro cubico de metano, por ende el biogás al tener entre un 60 % y un 75 % de CH<sub>4</sub> tiene un poder calorífico aproximado entre 6.93 KWh/m<sup>3</sup> y 8.66 KWh/m<sup>3</sup>.

Al introducir este combustible en un motor acondicionado podemos generar energía suficiente para abastecer una planta extractora o venderla a la red nacional. Los motores a biogás generan energía eléctrica y térmica, esta última es la más desaprovechada. La eficiencia eléctrica de los motores a biogás aumenta a medida que el motor produzca más energía, en otras palabras los motores pequeños tienen eficiencias eléctricas entre 19 % al 25%, mientras que los motores más grandes pueden tener eficiencias eléctricas del 26 % hasta un 35 %.

El índice de generación de un motor se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_{gb} = \frac{\text{energía producida (KW/h)}}{\text{biogás consumido (m}^3\text{/h)}}$$

Y la eficiencia eléctrica del motor se obtiene usando la formula anterior, así:

$$\%E_{\text{Electrica}} = \frac{\frac{\text{energía producida } \left(\frac{KW}{h}\right)}{\text{biogás consumido } \left(\frac{m^3}{h}\right)}}{\text{Poder Calorifico del biogas } \left(\frac{KW}{m^3}\right)} * 100$$

Un ejemplo de este ejercicio se puede realizar con los siguientes valores:

Un motor SANIA produce 211 KW/h consumiendo 97 m<sup>3</sup>/h de biogás el cual tiene una concentración de metano del 65%. ¿Cuál es la eficiencia eléctrica de este motor?

Entonces usando la fórmula propuesta anteriormente calculamos la solución.

$$\%E_{\text{Electrica}} = \frac{\frac{211 \left(\frac{KW}{h}\right)}{97 \left(\frac{m^3}{h}\right)}}{11.55 * 0.65 \left(\frac{KW}{m^3}\right)} * 100 = 28.9 \%$$

**La eficiencia eléctrica del motor es 29 %.**

## 5. Otros indicadores

Un indicador que resume varias ecuaciones y se asemeja a valores en campo es el siguiente: 1 Ton RFF/h puede producir entre 20 a 30 metros cúbicos de biogás, por ende en una planta donde su capacidad es de 20 Ton RFF/h su producción de biogás será aproximada entre 400 a 600 m<sup>3</sup>/h de biogás.

En resumen los reactores que tratan las aguas residuales de las extractoras de palma de aceite tienen un enorme potencial para la producción de Biogás, debido a esto la conversión de este en biometano como combustible verde y renovable traería altos beneficios medio ambientales y económicos para la compañía, varias veces más que la generación energética.

### **CAPÍTULO 3: PLANTAS DE SACRIFICIO**

Las plantas de sacrificio de pollos es un campo donde no se han conseguido indicadores de cuanto biogás se puede llegar a producir, solo se conoce que manejan cargas altas de DQO, sin embargo es debido a su alto caudal ya que la concentración de DQO es 20 veces más baja de la manejada en palma de aceite.

Para manejar este campo actualmente se realizan estimativos con los valores de palma de aceite, pero esto puede variar enormemente debido a la relación carbono/nitrógeno, los tiempos de retención de los reactores, entre otros indicadores explicados en el CAPÍTULO 1: generalidades del biogás.

### **CAPÍTULO 4: PORCICULTURA**

Esta es la actividad que incluye la crianza, alimentación y comercialización de los cerdos. Esta actividad varía de acuerdo al sistema de producción, los cuales son: Unidad de producción de desmamados, unidad de producción de lechones, de terminación y ciclo completo. Dependiendo al sistema hay mayor o menor producción de biomasa y cantidad de biogás por kg de residuo.

Gracias a los aliados brasileiros se ha recopilado la siguiente tabla de indicadores:

**Tabla 4.** Estimativo de producción de biogás por sistema porcino

| SISTEMA DE PRODUCCIÓN                                        | REFERENCIA | BIOGÁS (m3/d) |       |
|--------------------------------------------------------------|------------|---------------|-------|
|                                                              |            | SANSUY        | ER-BR |
| Unidad de producción de lechones y desmamados                | Por matriz | 0.5           | 0.6   |
| Unidad de producción de lechones y crecimiento               | Por matriz | 0.6           | 0.8   |
| Unidad de producción de lechones + crecimiento + terminación | Por matriz | 1.2           | 1.2   |
| Terminación y recría                                         | Por cerdo  | 0.3           | 0.4   |
| Terminación/ vacío sanitario                                 | Por cerdo  | 0.2           | 0.3   |
| Crecimiento 6 kg a 22 kg                                     | Por cerdo  | 0.01          | 0.01  |

Fuente: Víctor Elsner (ER-BR) 2018

Para el correcto aprovechamiento de estos residuos los animales deben encontrarse confinados y así dirigir las excretas a los reactores. El indicador más general es una producción de 0.2 m3/animal/día de biogás.

Para la construcción de los reactores, se tiene como indicador que 1 cerdo produce 120 Lt/día de agua residual y un promedio de 2.83 kg/día. Al conocer que 30 días son el TRH para una adecuada digestión anaerobia, se puede conocer el volumen del reactor mediante la siguiente formula.

$$Vol\ reactor = Caudal\ AR * TRH\ (m3)$$

Las ecuaciones de generación de energía, cantidad de biometano, entre otras dependen de la composición del biogás (porcentaje de metano).

## CAPÍTULO 5: BOVINOS

Los bovinos, al igual que los porcinos, también se encuentran separados por tipo de crianza, entre estos se encuentra los bovinos lecheros y los de corte.

Para bovinos de corte, consideramos una producción cerca de 0,7 a 1,0 biogás / animal / día y para bovinos lecheros la producción está en 1,0 a 1,2 m³ biogás / animal / día. Estos valores son encontrados en campo.

La producción de agua residual se encuentra en 0.064 m3/ animal / día para bovinos lecheros y 0.044 m3/animal / día para bovinos de corte. Los Kg estiércol/día/animal están 23,587.

A continuación, se adjunta una tabla resumen de indicadores de producción de biogás compartida por ER-BR de sus mediciones de campo.

Tabla 5. Indicadores de producción de biogás

| ESTIMATIVAS PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS                                                                                                                                            |               |                   |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|-----------|
| SISTEMA DE PRODUÇÃO                                                                                                                                                            | Referência    | BIOGÁS M3 POR DIA |           |
|                                                                                                                                                                                |               | SANSUY            | ER-BR     |
| SUINOCULTURA                                                                                                                                                                   |               |                   |           |
| UPL até Desmame (6 kg)                                                                                                                                                         | Por Matriz    | 0,5               | 0,6       |
| UPL + Creche (22 kg)                                                                                                                                                           | Por Matriz    | 0,6               | 0,8       |
| UPL + Creche + Terminação                                                                                                                                                      | Por Matriz    | 1,2               | 1,2       |
| Terminação / Recria                                                                                                                                                            | Por Suino     | 0,3               | 0,4       |
| Terminação / vazio sanitário                                                                                                                                                   | Por Suino     | 0,2               | 0,3       |
| Creche 6 kg a 22 kg                                                                                                                                                            | Por Suino     | 0,01              | 0,01      |
| BOVINOS                                                                                                                                                                        |               |                   |           |
| BOVINO DE LEITE                                                                                                                                                                | Por Vaca      | 0,9 a 1,2         | 0,9 a 1,2 |
| BOVINO DE CORTE                                                                                                                                                                | Por Boi       | 0,7 a 1,0         | 0,7 a 1,0 |
| AVICULTURA                                                                                                                                                                     |               |                   |           |
| Ave de Postura 100g/dia dejetos                                                                                                                                                | Por Ave       | 0,0065            | 0,01      |
| MANDIOCA                                                                                                                                                                       |               |                   |           |
| FECULARIA                                                                                                                                                                      | 1 TONELADA    | ?                 | 30        |
| 1 TONELADA DE MANDIOCA = 36 M3 DE BIOGÁS = 6,1 m3 de lenha<br>1 M3 DE EFLUENTE (MANUPUEIRA) PRODUZ 5 M3 DE BIOGÁS<br>1 M3 DE LENHA = 566 kg / 1 M3 DE BIOGÁS = 1,5 kg de lenha |               |                   |           |
| OUTRAS BIOMASSAS                                                                                                                                                               |               |                   |           |
| Lixo organico (aterro)                                                                                                                                                         | 1 Kg          | ?                 | 0,12      |
| Vinhaça (1m3 alcool = 12m3 vinha                                                                                                                                               | 1 m3          | ?                 | 9         |
| ETE (boa captação e reator)                                                                                                                                                    | Por Habitante | ?                 | 0,03      |

Fuente: Victor Elsner (ER-BR) 2018



## BIBLIOGRAFÍA

Varnero Moreno, M. (2011). Manual de Biogás. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO),

García, J. Manejo de efluentes de plantas extractoras. Centro de investigación en palma de aceite. Santafé de Bogotá, D.C. 1996.

Bontempo, G., Maciejczyk, M., Wagner, L., Findeisen, C., Fischer, M. and Hofmann, F. (2016). Biogas - safety first!.

Varnero, M.T. y Arellano, J. 1990. Aprovechamiento racional de desechos orgánicos. Ministerio de Agricultura (FIA). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Informe Técnico. Santiago, Chile.

## Anexo 2. Plantilla de generación energética a partir de biogás



| DATOS INICIALES - EXTRACTORA                                   |                                                        |         |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------|
| Producción Unitaria de Efluente                                | m <sup>3</sup> /TFF                                    | 0,8     |
| DOO Afluente:                                                  | mg/L                                                   | 68.000  |
| Capacidad Efectiva de producción                               | Ton/hora                                               | 13,33   |
| % de Metano en el Biogás                                       | %                                                      | 0,85    |
| % de CO <sub>2</sub> en el Biogás                              | %                                                      | 0,25    |
| % eficiencia de Remoción                                       | %                                                      | 0,85    |
| Días de operación de la extractora por mes (promedio año)      | días/mes                                               | 26,00   |
| Horas máximas de procesamiento de la extractora (promedio año) | hrs/día                                                | 24      |
| Producción de FRUTA máxima - AÑO 2016                          | Ton RFF/Año                                            | 229.137 |
| días de generación de biogás al mes                            | días/mes                                               | 28      |
| horas de generación de biogás al día                           | hrs/día                                                | 24      |
| m <sup>3</sup> de Metano / (kg DOO removido / día)             | m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / kg DOO removido / día | 0,315   |

| Toda la planta extractora      |                               |         |         |         |         |         |           |         |         |         |
|--------------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| DESCRIPCION                    | UNIDADES                      | ENE     | FEB     | MAR     | NOV     | DIC     | Total     | Max     | Min     | Prom    |
| Procesamiento Mensual de Fruto | TONR FFF/MES                  | 22.033  | 20.927  | 21.072  | 15.448  | 15.421  | 229.137   | 22.706  | 13.100  | 19.095  |
| Producción Mensual de Efluente | m <sup>3</sup> AR/Mes         | 17.626  | 16.742  | 16.858  | 12.358  | 12.337  | 183.310   | 18.165  | 10.480  | 15.276  |
| Producción Mensual de Biogás   | m <sup>3</sup> biogás/mes     | 493.729 | 468.945 | 472.194 | 346.168 | 345.563 | 5.134.643 | 508.810 | 293.553 | 427.887 |
| Producción Horaria de Biogás   | m <sup>3</sup> biogás/hora    | 735     | 696     | 703     | 515     | 514     |           | 757     | 437     | 637     |
| Producción Horaria de Metano   | m <sup>3</sup> biogás/TON RFF | 22,4    | 22,4    | 22,4    | 22,4    | 22,4    |           | 22      | 22      | 22      |

| LAGUNA ANAEROBIA No 3                        |                               |         |         |         |         |         |           |         |        |         |
|----------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|--------|---------|
| DESCRIPCION                                  | UNIDADES                      | ENE     | FEB     | MAR     | NOV     | DIC     | Total     | Max     | Min    | Prom    |
| Producción Mensual de Efluente (Laguna No 3) | m <sup>3</sup> /Mes           | 5.875   | 5.581   | 5.619   | 4.119   | 4.112   | 61.103    | 6.055   | 3.493  | 5.092   |
| Producción Mensual de Biogás                 | m <sup>3</sup> biogás/mes     | 164.576 | 156.315 | 157.398 | 115.389 | 115.188 | 1.711.548 | 169.603 | 97.851 | 142.629 |
| Producción Horaria de Biogás                 | m <sup>3</sup> /hr            | 264     | 251     | 252     | 185     | 185     | 229       | 272     | 157    | 229     |
| Producción de Biogás / Producción de fruto   | m <sup>3</sup> biogás/TON RFF | 22,4    | 22,4    | 22,4    | 22,4    | 22,4    |           |         |        |         |

| DESCRIPCION                                 | UNIDAD                    | ENE     | FEB     | MAR     | NOV     | DIC     | Total     | Max     | Min     | Prom    |
|---------------------------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| Generación de energía                       |                           |         |         |         |         |         |           |         |         |         |
| Producción de Biogás                        | m <sup>3</sup> biogás/mes | 164.576 | 156.315 | 157.398 | 115.389 | 115.188 | 1.711.548 | 169.603 | 97.851  | 142.629 |
| Generación de Energía                       | KW-MES                    | 362.626 | 344.423 | 346.809 | 254.248 | 253.804 | 3.774.207 | 373.702 | 215.604 | 314.267 |
| Generación potencial de Energía por hora    | KW/hr                     | 581     | 552     | 556     | 407     | 407     | 6.044     | 599     | 346     | 504     |
| Número de motores requeridos (ERBR 260 KWH) | Unidad                    | 2,2     | 2,1     | 2,1     | 1,6     | 1,6     |           | 2,30    | 1,33    | 1,94    |
| Consumo energético de la planta 2016        | KW/hr                     | 670,03  | 664,57  | 614,65  | 763,79  | 682,27  | 7.194     | 764     | 331     | 599     |

| ESCENARIO 1 -Producción únicamente de la energía de autoconsumo     |                    |         |         |         |           |           |           |          |         |         |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|---------|---------|
|                                                                     |                    | ENERO   | FEBRERO | MARZO   | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | SUMATORIA | MAX      | MIN     | PROM    |
| Capacidad de Generación del Motor                                   | KW-HR              | 260     | 260     | 260     | 260       | 260       |           | 260      | 260     | 260     |
| # de motores                                                        | Unidad             | 2       | 2       | 2       | 2         | 2         | 24        | 2        | 2       | 2       |
| Energía generada por mes (motor)                                    | KW- MES            | 324.480 | 324.480 | 324.480 | 324.480   | 324.480   | 3.893.760 |          |         |         |
| Energía necesaria para autoconsumo en EXTRACTORA + PLANTA DE BIOGAS | KW- MES            | 406.512 | 385.128 | 361.236 | 332.416   | 300.472   | 3.807.734 | 406.512  | 212.824 | 317.311 |
| Abastecimiento energético con motores a biogás                      | %                  | 80%     | 84%     | 90%     | 96%       | 106%      |           | 152%     | 80%     | 106%    |
| Biogás consumido por los motores                                    | m <sup>3</sup> /hr | 236     | 236     | 236     | 236       | 236       | 2.832     | 2.832,00 | 236,00  | 236,00  |
| Biogás exceso para quema                                            | m <sup>3</sup> /hr | 28      | 15      | 16      | -51       | -51       | -89       | 36       | -79     | -7      |
| Consumo de biogás de los motores vs el disponible                   | %                  | 89%     | 94%     | 94%     | 100%      | 100%      | 11        |          |         |         |
|                                                                     |                    | 147.264 | 147.264 | 147.264 | 115.389   | 115.188   | 1.621.485 |          |         |         |

Anexo 3. Informe mensual presentado a Vivero Club

## **INFORME AMBIENTAL No 14 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS**

PARQUE RESIDENCIAL VIVERO CLUB  
BARRANCABERMEJA



JUNIO DE 2018



## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN .....                                                        | 3  |
| 1    FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y HALLAZGOS TÉCNICOS ..... | 3  |
| 2    CONTROL CALIDAD DEL VERTIMIENTO .....                                | 6  |
| 2.1    Parámetros de control medidos en el sitio .....                    | 6  |
| 2.2    Parámetros de control medidos en Laboratorio (SIHSA Ltda.) .....   | 9  |
| 3    PLAN DE ACCIÓN A SEGUIR .....                                        | 10 |
| ANEXOS .....                                                              | 12 |

### INTRODUCCIÓN

El presente informe resume el seguimiento ambiental llevado a cabo para el mes de JUNIO DE 2018, con relación al seguimiento ambiental del sistema de tratamiento de aguas residuales Domesticas del Parque Residencial Vivero Club ubicado en la ciudad de Barrancabermeja, y cuya operación es responsabilidad de nuestra organización, la Compañía de Servicios técnicos Integrales S.A.S, y su manejo es realizado por el Técnico Miguel Quiñonez, empleado de la organización. Teniendo en cuenta lo anterior en el siguiente informe se consolida todo lo evidenciado en la Planta de Tratamiento y se generan algunas observaciones, recomendaciones y mejoras a tener en cuenta para el correcto tratamiento de agua.

### 1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y HALLAZGOS TÉCNICOS

Se realizó la visita de seguimiento ambiental a la PTAR del condominio y se observó lo siguiente:

- Las labores de pintado por parte del operario están a un 95% de concluir, se suspendieron por agotamiento del insumo por parte del proveedor, sin embargo se espera para el siguiente mes finalizar esta labor. El aseo de la planta (lavado de las instalaciones) ha concluido en un 100%.

**Imagen 1.** Instalaciones de la PTAR pintadas.





- Así mismo como se observa en la Imagen 1, hay equipos no funcionales que actualmente están acumulados y estos pueden ser vendidos por chatarra.
- Se realizara la compra por parte de STI de la teja que tiene la función de proteger los blowers de la lluvia y los rayos ultravioleta.

**Imagen 2.** Tejas bajo pasarela.



- Para acelerar el purgado de lodos, se decidió extraer de los lechos de secado el lodo con un poco más de humedad, gracias a que ALBEDO puede hacer disposición de estos así.
- Para dar solución a la problemática de los malos olores reportada por la comunidad del conjunto residencial, se consideró la opción de alargar el tubo afluente y que realice la descarga bajo agua para evitar el golpe que genera los malos olores, sin embargo para que esto sea factible se realizara una campaña de concientización enfocada en disminuir la cantidad de residuos no

degradables que se arrojan al sanitario. Con lo anterior se estudiara si es posible realizar la adecuación.

- Debido a los altos valores reportados en el mes de mayo como lo fue el del parámetro solidos suspendidos totales donde a la entrada de la PTAR se encontró en 109 mg/L y en el efluente en 159 mg/L, se realizó un estudio buscando la causa de esta anomalía y esto fue lo que se encontró:

En los tanques 1,2 y 3 hay acumulación de lodos residuales (ver imagen 3), por tanto estos flotan a la superficie y logran pasar a los siguientes tanques donde el agua debería estar más clarificada, pero debido a una avería en las válvulas de la purga de lodos (ver imagen 4), no es posible extraer el lodo salvo cuando este sube a la superficie.

**Imagen 3.** Tanque # 3 Colmatado de lodos.



**Imagen 4.** Purga de extracción de lodos Averiada.



En el informe pasado se mencionó que posiblemente la causa fuera acumulación de lodos por falta de purga, tiempo de retención hidráulica disminuida o una mala dosificación al momento del muestreo, en el plan de seguimiento se describe las acciones que se tomaron para mejorar esto.

## 2 CONTROL CALIDAD DEL VERTIMIENTO

### 2.1 Parámetros de control medidos en el sitio

Se realizó medición diaria de parámetros como: Caudal, pH, Solidos sedimentables y Temperatura y los resultados de estas mediciones se promedian para verificar el cumplimiento de la normatividad vigente y comparar con meses anteriores.

**Tabla No 1.** Resultados promedio parámetros medidos en el sitio, PTAR Vivero Club.

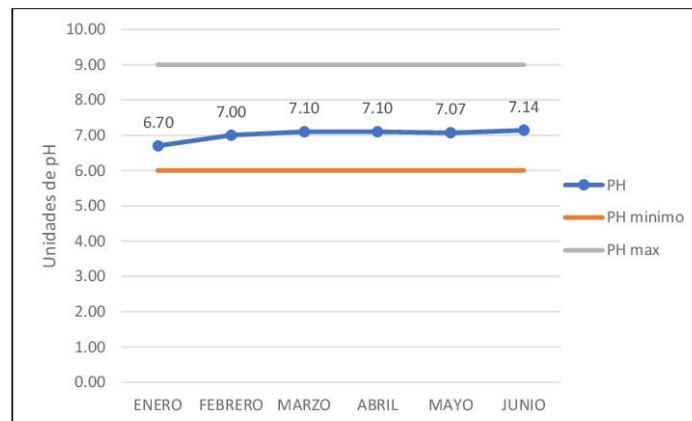
| AÑO | FECHA | PARAMETROS INSITU |      |      |                                   |      |                  |       |
|-----|-------|-------------------|------|------|-----------------------------------|------|------------------|-------|
|     |       | CAUDAL<br>(LPS)   | PH   |      | SOLIDOS<br>SEDIMENTALES<br>(ml/t) |      | TEMPERATURA (°C) |       |
|     |       | E                 | E    | S    | E                                 | S    | E                | S     |
|     | MAYO  |                   | 6.98 | 6.08 | 2.4                               | 0.4  | 29.77            | 29.53 |
|     | JUNIO | 1.36              | 7.55 | 6.27 | 3.23                              | 2.30 | 29.85            | 29.40 |
|     | JULIO | 1.56              | 8.96 | 8.20 | 3.40                              | 5.00 | 30.60            | 29.70 |

|      |            |      |      |      |      |       |       |       |
|------|------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 2017 | AGOSTO     | 1.73 | 8.93 | 8.15 | 7.80 | 12.84 | 30.43 | 29.36 |
|      | SEPTIEMBRE | 1.56 | 7.81 | 7.21 | 6.56 | 5.00  | 30.35 | 29.75 |
|      | OCTUBRE    | 1.66 | 7.48 | 7.29 | 7.04 | 2.34  | 29.45 | 29.55 |
|      | NOVIEMBRE  | 1.88 | 8.32 | 7.29 | 5.57 | 1.47  | 29.30 | 29.65 |
|      | DICIEMBRE  | 2.05 | 7.54 | 6.30 | 5.42 | 1.10  | 31.58 | 30.28 |
| 2018 | ENERO      | 1.83 | 7.50 | 6.70 | 6.03 | 1.10  | 30.20 | 29.80 |
|      | FEBRERO    | 1.74 | 7.54 | 7.00 | 5.40 | 1.78  | 31.96 | 30.92 |
|      | MARZO      | 1.75 | 7.65 | 7.10 | 6.02 | 1.48  | 32.10 | 31.50 |
|      | ABRIL      | 1.76 | 7.53 | 7.16 | 7.29 | 2.03  | 31.70 | 31.25 |
|      | MAYO       | 2.44 | 7.37 | 7.07 | 8.44 | 1.59  | 31.25 | 30.65 |
|      | JUNIO      | 1.98 | 7.50 | 7.14 | 9.36 | 3.26  | 31.78 | 31.13 |

E: DATOS ENTRADA A LA PTAR S: DATOS SALIDA DE LA PTAR

El parámetro pH a la salida se encuentra en 7.14, indicando que se localiza en el rango establecido por la legislación 0631 de 2015, el cual es de 6 a 9 unidades de pH. Este valor se ha mantenido constante a través de los meses por lo que se espera que se mantenga en este rango y no presente problemas a futuro.

**Gráfico 1.** Promedios de pH en el 2018.



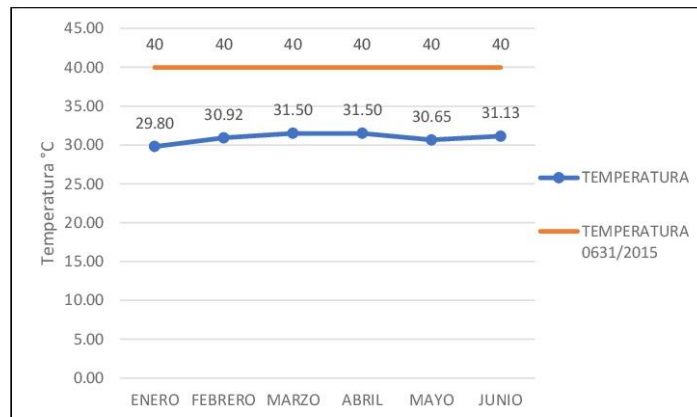
Los sólidos sedimentables es un parámetro que indica la cantidad de solidos de gran tamaño que se presentan en las aguas residuales (arenas), el valor que exige la resolución 0631 de 2015 es de 5 mL/L. Es normal que se cumpla este valor en una PTAR como la del conjunto residencial, debido a que la tubería no tiene muchos metros bajo tierra donde se producen las infiltraciones.

**Gráfico 2.** Promedios de Solidos sedimentables en el 2018.



La temperatura del agua a la salida de la PTAR a lo largo de las mediciones realizadas diariamente cumple con lo dictado por la normativa vigente Res 0631 de 2015, la cual establece un valor máximo de 40 grados centígrados para su descarga a un cuerpo de agua superficial y el resultado del promedio mensual es de 31.13 °C, valor que se viene presentando durante todo el año y se considera que seguirá en el mismo rango.

**Gráfico 3.** Temperatura promedio mensual en 2018.



## 2.2 Parámetros de control medidos en Laboratorio (SIHSA Ltda.)

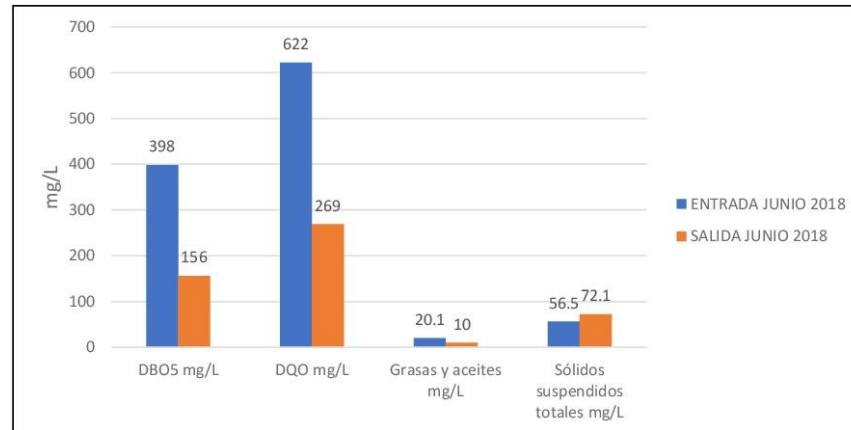
Como se evidencia en la Tabla No 2 se encuentran los resultados de laboratorio de las muestras que corresponden al mes de Junio de 2018.

**Tabla No 2.** Resultados de laboratorio medidos en el mes de Junio 2018.

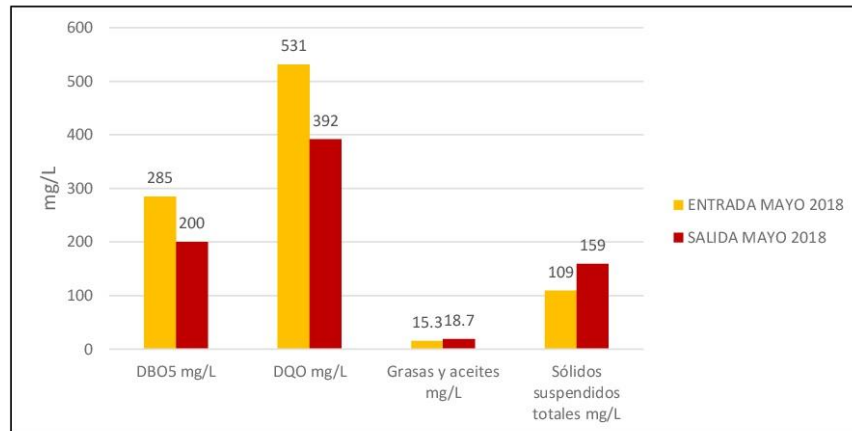
| CONTROL PARAMETROS CALIDAD DEL RESIDUO LIQUIDO |          |                       |                                                                                                                          |
|------------------------------------------------|----------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PARAMETRO                                      | AFLUENTE | SALIDA (AGUA TRATADA) | Máximas concentraciones de agua residual domestica permitidas por la Res. 631 de 2015 a su descarga a un cuerpo de agua. |
| DBO5 mg/L                                      | 398      | 156                   |                                                                                                                          |
| DQO mg/L                                       | 622      | 269                   | 200                                                                                                                      |
| Grasas y aceites mg/L                          | 20.1     | 10                    | 20                                                                                                                       |
| Sólidos suspendidos totales mg/L               | 56.5     | 72.1                  | 100                                                                                                                      |

Fuente: SIHSA Ltda.

**Grafico 4.** Relación de parámetros en el mes de Junio 2018.



**Gráfico 5.** Relación de parámetros en el mes de Mayo 2018.



Como se observa en la Tabla No 2 y los gráficos 4 y 5, los parámetros en el mes de Junio son tratados con mayor eficiencia a pesar de que la concentración a la entrada de estos aumenta, se logra disminuir considerablemente el parámetro DQO hasta estar a poco de cumplir con la resolución vigente, si se adiciona el sistema de aireación al tratamiento, la descomposición aerobia terminaría de remover la materia orgánica restante. Al cambiar el punto de dosificación las grasas y aceites han disminuido a parámetros apenas medibles. Los sólidos suspendidos totales se encuentran en cumplimiento, sin embargo se sigue presentando un aumento de estos y como se describe en informes anteriores es debido a la falta de purga de lodos de los primeros tanques.

### 3 PLAN DE ACCIÓN A SEGUIR

Para mejorar la dosificación del coagulante y disminuir la concentración de sólidos, se realizaron diferentes cambios durante el mes, como cambiar el punto donde se adicionaba el polímero y el coagulante.

**Imagen 5.** Dosificación en nuevo punto.



También se buscó aumentar el tiempo de retención para que los microorganismos pudieran sedimentar, sin embargo se observó burbujeo metanogénico, lo que causa que el lodo suba a la superficie y haga ineficaz lo intentado. Por tanto se siguió operando normalmente.

Para el arreglo de las válvulas de la purga de lodos, se determinó los materiales necesarios y se cotizaron, no obstante este arreglo no puede realizarse hasta que la planta se encuentre desocupada, por esto se debe esperar hasta el mes de octubre para tomar una decisión al respecto.

Elaborado por.

**LUIS JOSÉ DURÁN AGUIRRE**

Dirección técnica de ingeniería.

Compañía de Servicios técnicos Integrales S.A.S

Barrancabermeja - Santander

Junio de 2018

## **ANEXOS**

## **Resultados de laboratorio**



Lo hacemos Posible

14

INFORME AMBIENTAL No 14  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS  
CONJUNTO PARQUE RESIDENCIAL VIVERO CLUB



LABORATORIO AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS



Informe No. 304/19

Fecha de emisión: 2019-07-19

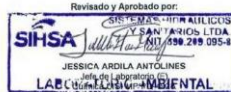
|                                      |                                                                                |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Solicitante - Contacto:              | COMPANIA DE SERVICIOS TECNICOS INTEGRALES S.A.S - Sr. Andrés Felipe Cruz Olave |
| Dirección, teléfono del solicitante: | Calle 103 N° 22 A - 27 Bucaramanga - Tel: 6516302                              |
| Identificación de la muestra:        | Muestra N° 2                                                                   |
| Protocolo de muestreo:               | Procedimiento del Solicitante                                                  |
| Matriz de la muestra:                | Agua Residual Domestica                                                        |
| Lugar y punto de muestreo:           | M2- Salida PTAR, Parque Vivero Club, Calle 37 N° 52-252 Barrancabermeja        |
| Fecha y hora de muestreo:            | 2018-07-10 09:30                                                               |
| Muestra tomada por:                  | Operario Miguel Ángel Quiñonez                                                 |
| Fecha y hora recepción laboratorio:  | 2018-07-10 16:30                                                               |
| Muestras recibidas por:              | Raiza Karina Camillo                                                           |

| ANÁLISIS                                        | UNIDADES                  | RESULTADO | MÉTODO / TÉCNICA                                                    | FECHA DE ANÁLISIS (aaaa-mm-dd) |
|-------------------------------------------------|---------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| TIPO DE MUESTRA: PUNTUAL                        |                           |           |                                                                     |                                |
| ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS                         |                           |           |                                                                     |                                |
| Demanda Química de Oxígeno, DQO                 | mg O <sub>2</sub> /L      | 269       | SM 5220 C / Reflujo cerrado - Volumétrico                           | 2019-07-13                     |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO <sub>5</sub> | mg O <sub>2</sub> /L      | 156       | SM 5218 B / - SM 4300 O-G incubación 5 días / Electrodo de membrana | 2019-07-11                     |
| Sólidos Suspendedos Totales                     | mg/L                      | 72.1      | SM 2540 D / Gravimétrico: secado 103-105°C                          | 2019-07-13                     |
| Grasas y Aceites                                | mg/L                      | <10*      | SM 1520 B / Extracción Líquido-Líquido: Petróleo Gasolínico         | 2019-07-16                     |
| Nitrógeno Amoniacal                             | mg NH <sub>4</sub> -N/L   | 144       | SM 4500 NH <sub>4</sub> D / Electrodo sin selectivo                 | 2019-07-16                     |
| Surfactantes (SAAM)                             | mg/L                      | 10.1      | SM 3540 C / Extracción Líquido-Líquido - Colorimétrico              | 2019-07-11                     |
| Fosforo Total                                   | mg P/L                    | >1.0**    | SM 4500 P-L / Espectrofotométrico                                   | 2019-07-12                     |
| Ortofosfatos                                    | mg P-PO <sub>4</sub> -P/L | >1.0***   | SM 4500 P-E / Espectrofotométrico                                   | 2019-07-10                     |

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Edition, 2012. APHA, AWWA, WEF.  
\* Parámetros Acreditados (DQO, DBO<sub>5</sub>, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendedos Totales, Sólidos Totales, Calcio Disuelto, Dureza Cálcica, Dureza Magnésica, Dureza Total, Magnesio Disuelto, Oxígeno Disuelto, Alkalinidad, Cloruros, Sulfatos, Nitritos, Nitrosos, Conductividad Eléctrica. Toma de Muestra simple: variables en campo: Caudal, Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad, Temperatura, Sólidos Sedimentables; Toma de Muestra Compuesta: Variables en campo: Caudal, Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad, Temperatura, Sólidos Sedimentables; Toma de Muestra Integrada en cuerpo Lento: Variables en campo: Caudal, Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad, Temperatura, Sólidos Sedimentables.

Observaciones: \* Límite de Cuantificación del Método. \*\* Rango operacional del método 0.05 a 1.0 mg P/L. \*\*\* Rango operacional del método 0.02 a 1.0 mg P-PO<sub>4</sub>-P/L.

"Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él"  
Prohibida su reproducción sin la autorización del LABORATORIO AMBIENTAL DE SIHSA LTDA



Revisado y Aprobado por:

FL-0031-Rev.12/2016-07-11. Página 1 de 1

Cra 30 # 31 - 35  
Bucaramanga, CO

+57 7 635 17 44  
+57 7 645 07 56

+57 320 333 2345  
info@sihsa.co

@sihsa