

Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Escuela Nacional Central de Agricultura.  
Facultad de Agronomía.  
Ejercicio Profesional Supervisado EPS.



## INFORME DE RESULTADOS MENSUALES PARA LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA –ENCA-, BAJO SUBVENCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE DESEMBOLSOS.

**Periodo:** diciembre 2019.

**PRODUCTO:** Entrega de principales servicios realizados en el ejercicio profesional supervisado –EPS, en la Escuela Nacional Central de Agricultura –ENCA.

José Carlos Meda Sáenz  
EPS Gestión Ambiental  
Local-USAC-.

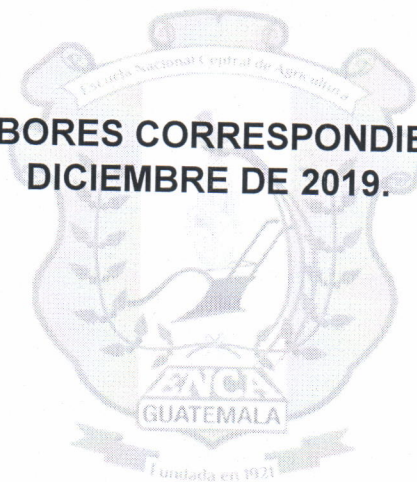
Ingeniero Danilo Morales  
Jefe sección de Planificación  
Institucional –ENCA-.



# Escuela Nacional Central de Agricultura



## INFORME DE LABORES CORRESPONDIENTE AL MES DE DICIEMBRE DE 2019.



Presentado por:

José Carlos Meda Sáenz

Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- 2019.

**Gestión Ambiental Local**

**Área de Planificación Institucional**

Guatemala, diciembre de 2019.

## Índice

1) Caracterización de agua potable .....	9
1.1. POZO DE PRODUCCIÓN ANIMAL.....	10
1.1.1 Cloro Residual Libre .....	10
1.1.2 Cloruro.....	10
1.1.3 Color.....	11
1.1.4 Conductividad.....	11
1.1.5 Nitratos .....	11
1.1.6 Nitritos .....	11
1.1.7 Olor.....	11
1.1.8 pH.....	11
1.1.9 Sulfatos .....	11
1.1.10 Turbidez.....	11
1.1.11 Coliformes Totales.....	11
1.1.12 E. Coli.....	11
1.1.13 Calcio .....	12
1.1.14 Hierro.....	12
1.1.15 Magnesio.....	12
1.1.16 Manganeseo.....	12
1.1.17 Dureza.....	12
1.1.18 Conclusión.....	12
1.2. Pozo de Hortalizas .....	12
1.2.1 Cloro Residual Libre .....	12
1.2.2 Cloruro.....	13
1.2.3 Color.....	13
1.2.4 Conductividad.....	13
1.2.5 Nitratos .....	13
1.2.6 Nitritos .....	13
1.2.7 Olor.....	13
1.2.8 pH.....	13
1.2.9 Sulfatos .....	13
1.2.10 Turbidez.....	13
1.2.11 Coliformes Totales.....	13
1.2.12 E. Coli.....	14

1.2.13 Calcio .....	14
1.2.14 Hierro.....	14
1.2.15 Magnesio .....	14
1.2.16 Manganeso.....	14
1.2.17 Dureza.....	14
1.2.18 Conclusión.....	14
1.3. Pozo de Consulados .....	14
1.3.1 Cloro Residual Libre .....	15
1.3.2 Cloruro.....	15
1.3.3 Color.....	15
1.3.4 Conductividad.....	15
1.3.5 Nitratos .....	15
1.3.6 Nitritos .....	15
1.3.7 Olor.....	15
1.3.8 pH.....	15
1.3.9 Sulfatos .....	15
1.3.10 Turbidez.....	15
1.3.11 Coliformes Totales.....	16
1.3.12 E. Coli.....	16
1.3.13 Calcio .....	16
1.3.14 Hierro.....	16
1.3.15 Magnesio .....	16
1.3.16 Manganeso.....	16
1.3.17 Dureza.....	16
1.3.18 Conclusión.....	16
1.4. Cuadro comparativo.....	17
2 Finca la montaña .....	17
2.1. Río "el mango" .....	17
2.1.1 Cloro Residual Libre .....	17
2.1.2 Cloruro.....	18
2.1.3 Color.....	18
2.1.4 Conductividad.....	18
2.1.5 Nitratos .....	18
2.1.6 Nitritos .....	18
2.1.7 Olor.....	18

2.1.8 pH.....	18
2.1.9 Sulfatos .....	18
2.1.10 Turbidez.....	18
2.1.11 Coliformes Totales.....	18
2.1.12 E. Coli.....	19
2.1.13 Calcio .....	19
2.1.14 Hierro.....	19
2.1.15 Magnesio.....	19
2.1.16 Manganeso.....	19
2.1.17 Dureza.....	19
2.1.18 Conclusión.....	19
2.2. Río "castellano" .....	19
2.2.1 Cloro Residual Libre .....	19
2.2.2 Cloruro.....	20
2.2.3 Color.....	20
2.2.4 Conductividad.....	20
2.2.5 Nitratos .....	20
2.2.6 Nitritos .....	20
2.2.7 Olor.....	20
2.2.8 pH.....	20
2.2.9 Sulfatos .....	20
2.2.10 Turbidez.....	20
2.2.11 Coliformes Totales.....	20
2.2.12 E. Coli.....	21
2.2.13 Calcio .....	21
2.2.14 Hierro.....	21
2.2.15 Magnesio.....	21
2.2.16 Manganeso.....	21
2.2.17 Dureza.....	21
2.2.18 Conclusión.....	21
2.3. Cuadro comparativo.....	21
3 Caracterización de agua residual.....	22
3.1. Resultados edificio de carnicos .....	23
3.1.1 Grasas y aceites.....	23
3.1.2 Materia flotante.....	23

3.1.3 Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)	23
3.1.4 Demanda Química de oxígeno (DQO)	23
3.1.5 Relación DQO/DBO	24
3.1.6 Nitrógeno total	24
3.1.7 Fosforo total	24
3.1.8 pH	24
3.1.9 Color	24
3.1.10 coliformes	24
3.2. Metales pesados	24
3.2.1 Arsénico	24
3.2.2 Cadmio	24
3.2.3 Cobre	24
3.2.4 Cianuro	24
3.2.5 Cromo (VI)	25
3.2.6 Mercurio	25
3.2.7 Níquel	25
3.2.8 Plomo	25
3.2.9 Zinc	25
3.2.10 OBSERVACIONES	25
3.3. Resultados en edificio de comedor	26
3.3.1 Grasas y aceites	26
3.3.2 Materia flotante	26
3.3.3 Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)	26
3.3.4 Demanda Química de oxígeno (DQO)	26
3.3.5 Relación DQO/DBO	26
3.3.6 Solidos suspendidos	26
3.3.7 Nitrógeno total	26
3.3.8 Fosforo total	26
3.3.9 pH	27
3.3.10 Color	27
3.3.11 coliformes	27
3.3.12 Arsénico	27
3.3.13 Cadmio	27
3.3.14 Cobre	27
3.3.15 Cianuro	27

3.3.16 Cromo (VI) .....	27
3.3.17 Mercurio.....	27
3.3.18 Níquel .....	27
3.3.19 Plomo .....	28
3.3.20 Zinc.....	28
3.3.21 OBSERVACIONES.....	28
3.4. Informe de resultados edificios de residencias .....	28
3.4.1 Grasas y aceites .....	29
3.4.2 Materia flotante .....	29
3.4.3 Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO) .....	29
3.4.4 Demanda Química de oxígeno (DQO) .....	29
3.4.5 Relación DQO/DBO .....	29
3.4.6 Sólidos suspendidos .....	29
3.4.7 Nitrógeno total .....	29
3.4.8 Fosforo total.....	29
3.4.9 pH.....	29
3.4.10 Color.....	29
3.4.11 coliformes .....	29
3.4.12 Arsénico.....	30
3.4.13 Cadmio .....	30
3.4.14 Cobre.....	30
3.4.15 Cianuro .....	30
3.4.16 Cromo (VI).....	30
3.4.17 Mercurio.....	30
3.4.18 Níquel .....	30
3.4.19 Plomo .....	30
3.4.20 Zinc.....	30
3.4.21 Observaciones.....	30
3.5. Informe de resultados analisis de drenaje general .....	31
3.5.1 Grasas y aceites .....	31
3.5.2 Materia flotante .....	31
3.5.3 Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO) .....	31
3.5.4 Demanda Química de oxígeno (DQO) .....	31
3.5.5 Relación DQO/DBO .....	32
3.5.6 Sólidos suspendidos.....	32

3.5.7	Nitrógeno total .....	32
3.5.8	Fosforo total.....	32
3.5.9	pH.....	32
3.5.10	Color .....	32
3.5.11	coliformes .....	32
3.5.12	Arsénico.....	32
3.5.13	Cadmio .....	32
3.5.14	Cobre.....	32
3.5.15	Cianuro .....	32
3.5.16	Cromo (VI).....	33
3.5.17	Mercurio.....	33
3.5.18	Níquel .....	33
3.5.19	Plomo .....	33
3.5.20	Zinc.....	33
3.5.21	Conclusión.....	33
3.6.	Análisis general de resultados.....	34
4	Diseño de planta de tratamiento .....	35
4.1.	Tratamiento primario .....	35
4.1.1	Sistema de rejillas (R).....	35
4.1.2	Desarenador (D) .....	35
4.1.3	Sedimentador (S).....	35
4.2.	Tratamiento secundario.....	36
4.3.	Tratamiento terciario .....	36
4.4.	Determinación de volúmenes de estructuras.....	36
4.5.	Dimensionamiento del tratamiento primario .....	37
4.6.	Caja de distribución.....	37
	.....	38
	.....	38
4.7.	Rejillas .....	38
4.8.	Desarenador .....	39
4.9.	Sedimentador.....	40
	.....	41
4.10.	Tratamiento aerobio .....	41
4.11.	Canal Parshall.....	43
4.11.1	Dimensiones del medidor Parshall.....	43



4.11.2 Punto de medición .....	43
4.12. Patio de secado de lodos .....	45
4.13. Diseño de drenaje francés.....	46
5 Estudio Técnico de Aguas Residuales.....	47
5.1. Información general.....	47
5.1.1 Datos generales del representante legal.....	47
5.2. Legislación aplicable .....	48
5.2.1 Constitución Política de la República de Guatemala.....	48
5.2.2 Ley del Organismo Ejecutivo Decreto 114-97 .....	48
5.2.3 Acuerdo Gubernativo 236-2006 "Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos.....	48
5.2.4 Acuerdo Ministerial Número 105-2008.....	48
5.2.5 Código de Salud Decreto 90-97.....	48
5.2.6 Código Penal .....	49
5.2.7 Código Civil .....	49
5.2.8 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto 68-86) .....	49
5.3. Descripción de la actividad.....	50
5.4. Alcances .....	50
5.5. Localización .....	50
5.6. Situación Legal del terreno y localización de la institución.....	51
5.7. Horario de descarga.....	51
5.8. Descripción de tratamiento de aguas residuales .....	51
5.9. Características del diseño .....	52
5.10. Métodos físicos .....	52
5.11. Caracterización del efluente de aguas residuales .....	52
5.12. Análisis y discusión de resultados de laboratorio .....	53
5.13. Determinación de la carga orgánica .....	53
5.14. Caracterización de aguas para reúso .....	54
5.15. Caracterización de lodos a disponer .....	54
5.16. Identificación del ente receptor.....	54
5.17. Parámetros exentos de medición y su justificación respectiva .....	54
5.18. Informe de resultados analisis de drenaje general.....	54
5.18.1 Parámetros fisico quimicos .....	54
5.19. Plan de gestión de aguas residuales.....	56
5.20. Parámetros críticos .....	56

5.21. Mantenimiento del sistema.....	57
5.21.1 Generalidades .....	57
5.21.2 Personal requerido .....	57
5.21.3 Equipo necesario .....	57
5.21.4 Sistema de cribado .....	58
5.21.5 Cámara de aireación.....	58
5.21.6 Sistema de bombeo .....	58
5.21.7 Clarificación .....	58
5.21.8 Labores de mantenimiento diario .....	58
5.22. Monitoreo y evaluación interna de implementación de PTAR.....	58
5.22.1 Organización y ejecución.....	58
5.22.2 Seguimiento y vigilancia ambiental .....	59
5.22.3 Indicadores propuestos.....	59
5.22.4 Planteamiento de objetivos en la fase de construcción y operación.....	59
5.23. Plan de Monitoreo .....	60
5.23.1 Objetivo de los planes de monitoreo .....	60
5.23.2 Parámetros de monitoreo.....	60
5.24. Manejo .....	61
5.24.1 Aguas residuales de tipo ordinario .....	61
5.24.2 Identificación de la opción de cumplimiento .....	62
5.24.3 Modelo de reducción progresiva .....	63
5.24.4 Metas de cumplimiento .....	63
5.24.5 Identificación de la etapa de cumplimiento.....	63
5.25. Plan de tratamiento de aguas residuales.....	63
5.25.1 Modificación del sistema operativo .....	63
5.25.2 Preparación del sitio .....	63
5.25.3 Desarrollo de la construcción.....	64

# Introducción

El agua es la sustancia más importante para los seres vivos, después del oxígeno. Es necesaria para todos los seres vivos que forman parte de nuestro entorno. La investigación hidrológica es útil porque nos permite entender de un mejor modo en el que vivimos, así como también las futuras acciones que podemos realizar para mantener el recurso y poder disfrutar de él.

Los principales problemas en la contaminación de los cuerpos de agua, se deben principalmente a la descarga de aguas sin un tratamiento previo y a las que aun pasando por este tratamiento no se remueve el cien por ciento de los elementos contaminantes

El conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental para la gestión medioambiental, tratamiento y evacuación de las aguas residuales. Para facilitar este conocimiento el presente documento proporciona información sobre las características físico químicas del agua residual, así como también del agua potable proveniente de los pozos de hortalizas, consulados y producción animal. Las muestras fueron obtenidas en puntos ubicados dentro de la Escuela Nacional Central de Agricultura.

La escuela cuenta con una planta de tratamiento que se encuentra bajo la supervisión de la municipalidad de Villa Nueva. Esta planta recibe las aguas residuales producidas por toda Bárcena, además de lo producido por la escuela. Esta planta tiene una capacidad menor al caudal que recibe a diario, por lo que no existe certeza de que las aguas residuales producidas por la escuela sean totalmente tratadas.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se presentan tres productos elaborados como principales objetivos del Ejercicio Profesional Supervisado, en la carrera de gestión ambiental. Los cuales están enfocados en la creación de una planta de tratamiento de aguas residuales que atienda las necesidades específicas de la escuela. Dentro de los productos se encuentra la caracterización de agua residual y agua potable producida por la escuela, así como también el diseño de la planta de tratamiento y un estudio técnico de aguas residuales, necesario para complementar la propuesta de la planta de tratamiento. Cada uno de los productos pretenden encausar a la escuela a seguir con las regulaciones legales nacionales sobre el uso y reúso de aguas residuales, así como también a contribuir de manera responsable con el mejoramiento del uso de los recursos naturales.

## Productos

### 1) Caracterización de agua potable

El agua es un recurso que se utiliza en la mayoría de los procesos productivos y es uno de los elementos más importantes para la supervivencia humana. El agua contiene diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella que pueden causar daño en la salud de quien la consume. Para evitar éstos problemas es necesario realizar análisis periódicos en las fuentes de extracción para determinar las características que posee el agua. El mantener un monitoreo en la calidad del agua servirá para prevenir enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada. Las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua de consumo proporcionan beneficios significativos para la salud.

El agua potable es analizada bajo los parámetros que establece la norma ISO 29 001 que habla sobre los límites máximos permisibles y aceptados del agua para consumo humano. En la siguiente tabla se ven los parámetros que dispone la norma.

<b>Características</b>	<b>LMA</b>	<b>LMP</b>
<i>Color</i>	5,0 u	35,0 u
<i>Olor</i>	No rechazable	No rechazable
<i>Turbiedad</i>	5,0 UNT	5,0 UNT
<i>Conductividad eléctrica</i>	750 $\mu$ S/cm	1500 $\mu$ S/cm
<i>Potencial de hidrógeno</i>	7,0-7,5	6,5-8,5
<i>Sólidos totales disueltos</i>	500,0 mg/L	1000,0 mg/L

<b>Características</b>	<b>LMA</b>	<b>LMP</b>
Cloro residual libre(a)	0,5	1,0
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	100,0	250,0
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	100,0	500,0
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> )	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe)	0,3	-----

El agua que se utiliza para consumo es extraída del pozo de hortalizas, ubicado dentro de la escuela. Este pozo realiza aproximadamente tres extracciones diarias en fases de dos horas aproximadas por cada extracción. El agua pasa por los canales subterráneos de distribución y llega al tanque elevado cercano a las residencias estudiantiles, este se encarga de resguardar la cantidad de agua necesaria para abastecer las diferentes actividades dentro de la escuela.

El agua no recibe ningún tratamiento previo a ser distribuida dentro de la escuela, es decir, que se utiliza con la misma calidad con la que es extraída.

### 1.1. POZO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

El pozo de producción animal es utilizado principalmente como agua de riego. El pozo cuenta con una bomba sumergida aproximadamente a 250 metros, con un caudal de 5.68L/seg, (Taracena, J. 2019). La calidad del agua extraída por el pozo se determina a través de las características presentadas a continuación.

#### 1.1.1 Cloro Residual Libre

La Organización Mundial de la Salud señala que no se ha observado ningún efecto secundario en los humanos expuestos a concentraciones de cloro libre en agua potable, no obstante, las regulaciones nacionales establecen un valor máximo permisible de 1 mg/L. El resultado obtenido en el pozo de producción animal es menor a 0.05 mg/L, una cantidad aceptable para consumo humano.

#### 1.1.2 Cloruro

Son aniones libres de cloro Cl<sup>-</sup>, presentes en el agua potable. El resultado de cloruros en la muestra del pozo de producción animal es de 3.8mg/L, por debajo del límite máximo permisible de 250mg/L.

### 1.1.3 Color

El color del agua puede estar ligado a la descomposición de la materia, la materia orgánica del suelo y la presencia de minerales y metales pesados en el agua. El resultado del color en la muestra fue de 2 u de Pt-Co, por debajo del límite máximo permisible de 35 u Pt-Co.

### 1.1.4 Conductividad

Hace referencia a la capacidad de transmitir o conducir calor, electricidad o sonido a través del agua. El parámetro se encuentra por debajo del límite máximo permitido con un resultado de 316 uS/cm.

### 1.1.5 Nitratos

Los niveles elevados de nitratos pueden sugerir la presencia de otros contaminantes que pueden causar problemas en la salud. El resultado de los Nitratos en la muestra refleja estar por debajo del límite máximo permisible, el resultado es de 9.7 mg/L.

### 1.1.6 Nitritos

El resultado de nitritos se encuentra por debajo del límite máximo permitido, siendo el resultado del análisis una cantidad menor a 0.02 mg/L.

### 1.1.7 Olor

El olor puede ser afectado por la presencia de minerales, bacterias y algas que están presentes en el agua, estos elementos afectan el olor y el sabor del agua. El olor de la muestra de agua extraída del pozo de producción animal se considera como no rechazable, es decir, el olor es aceptable para el consumo humano.

### 1.1.8 pH

El pH fuera del rango establecido puede ser un indicador de presencia de un excedente de minerales dentro del agua y esto conlleva a modificar el olor y el sabor del agua. El rango establecido por la normativa es de entre 6.5 y 8.5, el resultado del análisis indica que la muestra se encuentra en 7.29, lo cual es un resultado aceptable para consumo humano.

### 1.1.9 Sulfatos

Estos se adhieren al agua a través la sedimentación de rocas y suelos que contienen minerales de sulfato a nivel subterráneo. Los sulfatos en altas concentraciones pueden causar un efecto laxante cuando se combina con el calcio y el magnesio. El resultado de los análisis indica que la muestra posee una cantidad menor a 3.5 mg/L, esta concentración se encuentra por debajo del límite permitido.

### 1.1.10 Turbidez

Esta es una medida de la calidad del agua debido a que ésta pierde su transparencia debido a la presencia partículas en suspensión. El resultado del análisis de turbidez fue de 6 UNT (Unidades de turbiedad), el cual se encuentra por debajo de 15UNT, el límite máximo permitido por la norma.

### 1.1.11 Coliformes Totales

Estos se encuentran en las heces de animales y humanos. Son uno de los parámetros más importantes a identificar dentro del agua para consumo humano, ya que al estar presentes en el agua pueden causar intoxicación o transmitir una enfermedad. La muestra de agua extraída del pozo indica que un alto contenido de coliformes, siendo de 240 NMP. Este número sobrepasa la cantidad máxima permitida de 1.1 NMP que establece el reglamento, por lo que, el agua extraída no es apta para consumo humano.

### 1.1.12 E. Coli

Es una bacteria que al estar presente en el agua puede causar diarrea o algún tipo de infección si se encuentra presente al momento de consumir alimentos que contengan la bacteria. La muestra determinó que tiene una cantidad menor a 1.1NMP, por lo que, no

existe presencia representativa de esta bacteria y puede ser utilizada para consumo humano.

#### 1.1.13 Calcio

El calcio junto con el magnesio forma la dureza del agua. Las concentraciones de calcio van ligadas generalmente al nivel de mineralización, es por eso que las aguas subterráneas presentan mayores contenidos a las aguas superficiales. En el caso del pozo de Producción animal, cuenta con niveles bajos de calcio con 20.25 mg/L, siendo el límite máximo permitido de 150mg/L.

#### 1.1.14 Hierro

El hierro puede darle al agua un sabor, color y olor desagradable al momento de consumirla. Este elemento afecta principalmente tuberías o grifos, dándoles una coloración café. Las necesidades diarias mínimas de este elemento varían en función de la edad, el sexo, el estado físico y la biodisponibilidad del hierro, y oscilan entre 10 y 50mg/día. Los expertos en alimentación de la FAO y la OMS establecieron una ingesta máxima diaria tolerable de 0.8 mg/kg de peso corporal, para prevenir la acumulación excesiva de hierro en el cuerpo (Guías para la calidad del agua potable, OMS, 2006). Por lo anterior consumir agua con altas concentraciones de hierro puede darle al agua un sabor y color apreciable que puede no ser aceptable por los quien lo consume.

#### 1.1.15 Magnesio

El Magnesio está principalmente presente en el agua de mar. Este elemento en grandes concentraciones es el causante de la dureza del agua y esto causa problemas estomacales y alteraciones en el sistema nervioso en los humanos. Es importante mantener el control de este elemento, manteniendo un límite de 100mg/L. En el análisis de la muestra se determinó un resultado de 12.06mg/L de magnesio, lo cual está considerado como aceptable.

#### 1.1.16 Manganeso

Es causante de manchas cafés y negras en materiales de conducción de agua potable, hasta llegar al punto de encontrarse partículas dentro del agua con esta coloración. El resultado en el análisis es de 0.117 mg/L, por debajo del límite permisible.

#### 1.1.17 Dureza

La dureza en el agua es un valor que está bastante ligado a la calidad físico-química, no se conocen efectos claros de aguas con elementos de dureza (sales de calcio, magnesio), más que enfermedades cardiovasculares en zonas de mayor consumo de aguas blandas. El resultado del análisis refleja 100.2 mg/L

#### 1.1.18 Conclusión

El agua extraída del pozo de producción animal no es apta para el consumo humano debido a que contiene un alto nivel de coliformes fecales. El consumo de agua con este tipo de contaminación puede ocasionar problemas en la salud de los consumidores. El agua contiene niveles de hierro, por encima de lo permitido. Por lo tanto, el agua debe contar con un sistema de cloración para su disposición como uso de consumo humano.

### 1.2. Pozo de Hortalizas

El pozo de hortalizas es el encargado de abastecer de agua a la mayor parte de actividades productivas dentro de la ENCA. Este pozo distribuye el agua hacia el tanque elevado, el cual es encargado de almacenar y distribuir el agua que se utiliza en la mayoría de los procesos que suceden dentro de la escuela.

#### 1.2.1 Cloro Residual Libre

La Organización Mundial de la Salud señala que no se ha observado ningún efecto secundario en los humanos expuestos a concentraciones de cloro libre en agua potable, no

obstante, las regulaciones nacionales establecen un valor máximo permisible de 1 mg/L. El resultado obtenido en el pozo de Hortalizas es menor a 0.05 mg/L, una cantidad aceptable para consumo humano.

#### 1.2.2 Cloruro

Son aniones libres de cloro  $\text{Cl}^-$ , presentes en el agua potable. El resultado de cloruros en la muestra del pozo de Hortalizas es de 10.3mg/L, por debajo del límite máximo permisible de 250mg/L.

#### 1.2.3 Color

El color del agua puede estar ligado a la descomposición de la materia, la materia orgánica del suelo y la presencia de minerales y metales pesados en el agua. El resultado del color en la muestra fue menor a 2 u de Pt-Co, por debajo del límite máximo permisible de 35 u Pt-Co.

#### 1.2.4 Conductividad

Hace referencia a la capacidad de transmitir o conducir calor, electricidad o sonido a través del agua. El parámetro se encuentra por debajo del límite máximo permitido con un resultado de 415 uS/cm.

#### 1.2.5 Nitratos

Los niveles elevados de nitratos pueden sugerir la presencia de otros contaminantes que pueden causar problemas en la salud. El resultado de los Nitratos en la muestra refleja estar por debajo del límite máximo permisible, el resultado es de 8.9 mg/L

#### 1.2.6 Nitritos

El resultado de nitritos se encuentra por debajo del límite máximo permitido, siendo el resultado del análisis una cantidad menor a 0.02 mg/L

#### 1.2.7 Olor

El olor puede ser afectado por la presencia de minerales, bacterias y algas que están presentes en el agua, estos elementos afectan el olor y el sabor del agua. El olor de la muestra de agua extraída del pozo de hortalizas se considera como no rechazable, es decir, el olor es aceptable para el consumo humano.

#### 1.2.8 pH

El pH fuera del rango establecido puede ser un indicador de presencia de un excedente de minerales dentro del agua y esto conlleva a modificar el olor y el sabor del agua. El rango establecido por la normativa es de entre 6.5 y 8.5, el resultado del análisis indica que la muestra se encuentra en 7.07, lo cual es un resultado aceptable para consumo humano.

#### 1.2.9 Sulfatos

Estos se adhieren al agua a través la sedimentación de rocas y suelos que contienen minerales de sulfato a nivel subterráneo. Los sulfatos en altas concentraciones pueden causar un efecto laxante cuando se combina con el calcio y el magnesio. El resultado de los análisis indica que la muestra posee una cantidad menor a 3.5 mg/L, esta concentración se encuentra por debajo del límite permitido.

#### 1.2.10 Turbidez

Esta es una medida de la calidad del agua debido a que ésta pierde su transparencia debido a la presencia partículas en suspensión. El resultado del análisis de turbidez fue menor a 0.5UNT (Unidades de turbiedad), el cual se encuentra por debajo de 15UNT, el límite máximo permitido por la norma.

#### 1.2.11 Coliformes Totales

Estos se encuentran en las heces de animales y humanos. Son uno de los parámetros más importantes a identificar dentro del agua para consumo humano, ya que al estar presentes en el agua pueden causar intoxicación o transmitir una enfermedad. La muestra de agua

extraída del pozo indica que existe un valor insignificante menor a 1.1NMP, tal como lo establece la normativa, esta agua según este parámetro se considera como apta para consumo humano.

#### 1.2.12 E. Coli

Es una bacteria que al estar presente en el agua puede causar diarrea o algún tipo de infección si se encuentra presente al momento de consumir alimentos que contengan la bacteria. La muestra determinó que tiene una cantidad menor a 1.1NMP, por lo que, no existe presencia representativa de esta bacteria y puede ser utilizada para consumo humano.

#### 1.2.13 Calcio

El calcio junto con el magnesio forma la dureza del agua. Las concentraciones de calcio van ligadas generalmente al nivel de mineralización, es por eso que las aguas subterráneas presentan mayores contenidos a las aguas superficiales. En el caso del pozo de Hortalizas, cuenta con niveles bajos de calcio con 27.11 mg/L, siendo el límite máximo permitido de 150mg/L.

#### 1.2.14 Hierro

El hierro puede darle al agua un sabor, color y olor desagradable al momento de consumirla. Este elemento afecta principalmente tuberías o grifos, dándoles una coloración café. Este elemento se encuentra por debajo de los límites permitidos en una cantidad menor a 0.038mg/L.

#### 1.2.15 Magnesio

El Magnesio está principalmente presente en el agua de mar. Este elemento en grandes concentraciones es el causante de la dureza del agua y esto causa problemas estomacales y alteraciones en el sistema nervioso en los humanos. Es importante mantener el control de este elemento, manteniendo un límite de 100mg/L. En el análisis de la muestra se determinó un resultado de 15.44mg/L de magnesio, lo cual está considerado como aceptable.

#### 1.2.16 Manganeseo

Es causante de manchas cafés y negras en materiales de conducción de agua potable, hasta llegar al punto de encontrarse partículas dentro del agua con esta coloración. El resultado en el análisis es menor 0.01 mg/L, por debajo del límite permisible.

#### 1.2.17 Dureza

La dureza en el agua es un valor que está bastante ligado a la calidad físico-química, no se conocen efectos claros de aguas con elementos de dureza (sales de calcio, magnesio), más que enfermedades cardiovasculares en zonas de mayor consumo de aguas blandas. El resultado del análisis refleja 131.3 mg/L, una cantidad por debajo del límite permisible.

#### 1.2.18 Conclusión

El agua extraída en el pozo de Hortalizas está en perfecto estado para ser utilizada para consumo humano. El agua no necesita de ningún tratamiento previo para ser distribuida dentro de la escuela. Se recomienda mantener un monitoreo constante a este pozo, ya que es el encargado de abastecer de agua a los principales procesos que suceden dentro de la escuela.

### 1.3. Pozo de Consulados

El pozo de consulados abastece los sistemas de riego del sector de consulados principalmente y áreas dentro de hortalizas. Este pozo genera un caudal aproximado de 34 L/seg (Taracena, 2018). Este pozo mantiene el reservorio de agua en el área de consulados y se utiliza principalmente por la mañana.



### 1.3.1 Cloro Residual Libre

La Organización Mundial de la Salud señala que no se ha observado ningún efecto secundario en los humanos expuestos a concentraciones de cloro libre en agua potable, no obstante, las regulaciones nacionales establecen un valor máximo permisible de 1 mg/L. El resultado obtenido en el pozo de Consulados es menor a 0.05 mg/L, una cantidad aceptable para consumo humano.

### 1.3.2 Cloruro

Son aniones libres de cloro Cl<sup>-</sup>, presentes en el agua potable. El resultado de cloruros en la muestra del pozo de Hortalizas es de 8.5mg/L, por debajo del límite máximo permisible de 250mg/L.

### 1.3.3 Color

El color del agua puede estar ligado a la descomposición de la materia, la materia orgánica del suelo y la presencia de minerales y metales pesados en el agua. El resultado del color en la muestra fue menor a 2 u de Pt-Co, por debajo del límite máximo permisible de 35 u Pt-Co.

### 1.3.4 Conductividad

Hace referencia a la capacidad de transmitir o conducir calor, electricidad o sonido a través del agua. El parámetro se encuentra por debajo del límite máximo permitido con un resultado de 293 uS/cm.

### 1.3.5 Nitratos

Los niveles elevados de nitratos pueden sugerir la presencia de otros contaminantes que pueden causar problemas en la salud. El resultado de los Nitratos en la muestra refleja estar por debajo del límite máximo permisible, el resultado es de 5.5 mg/L

### 1.3.6 Nitritos

El resultado de nitritos se encuentra por debajo del límite máximo permitido, siendo el resultado del análisis una cantidad menor a 0.02 mg/L

### 1.3.7 Olor

El olor puede ser afectado por la presencia de minerales, bacterias y algas que están presentes en el agua, estos elementos afectan el olor y el sabor del agua. El olor de la muestra de agua extraída del pozo de consulados se considera como no rechazable, es decir, el olor es aceptable para el consumo humano.

### 1.3.8 pH

El pH fuera del rango establecido puede ser un indicador de presencia de un excedente de minerales dentro del agua y esto conlleva a modificar el olor y el sabor del agua. El rango establecido por la normativa es de entre 6.5 y 8.5, el resultado del análisis indica que la muestra se encuentra en 7.44, lo cual es un resultado aceptable para consumo humano.

### 1.3.9 Sulfatos

Estos se adhieren al agua a través la sedimentación de rocas y suelos que contienen minerales de sulfato a nivel subterráneo. Los sulfatos en altas concentraciones pueden causar un efecto laxante cuando se combina con el calcio y el magnesio. El resultado de los análisis indica que la muestra posee una cantidad menor a 3.5 mg/L, esta concentración se encuentra por debajo del límite permitido.

### 1.3.10 Turbidez

Esta es una medida de la calidad del agua debido a que ésta pierde su transparencia debido a la presencia partículas en suspensión. El resultado del análisis de turbidez fue menor a 0.5UNT (Unidades de turbiedad), el cual se encuentra por debajo de 15UNT, el límite máximo permitido por la norma.

#### 1.3.11 Coliformes Totales

Estos se encuentran en las heces de animales y humanos. Son uno de los parámetros más importantes a identificar dentro del agua para consumo humano, ya que al estar presentes en el agua pueden causar intoxicación o transmitir una enfermedad. La muestra de agua extraída del pozo indica que existe un valor insignificante menor a 1.1NMP, tal como lo establece la normativa, el agua según este parámetro se considera como apta para consumo humano.

#### 1.3.12 E. Coli

Es una bacteria que al estar presente en el agua puede causar diarrea o algún tipo de infección si se encuentra presente al momento de consumir alimentos que contengan la bacteria. La muestra determinó que tiene una cantidad menor a 1.1NMP, por lo que, no existe presencia representativa de esta bacteria y puede ser utilizada para consumo humano.

#### 1.3.13 Calcio

El calcio junto con el magnesio forma la dureza del agua. Las concentraciones de calcio van ligadas generalmente al nivel de mineralización, es por eso que las aguas subterráneas presentan mayores contenidos a las aguas superficiales. En el caso del pozo de Consulados, cuenta con niveles bajos de calcio con 18.76 mg/L, siendo el límite máximo permitido de 150mg/L.

#### 1.3.14 Hierro

El hierro puede darle al agua un sabor, color y olor desagradable al momento de consumirla. Este elemento afecta principalmente tuberías o grifos, dándoles una coloración café. Este elemento se encuentra por debajo de los límites permitidos en una cantidad menor a 0.038mg/L.

#### 1.3.15 Magnesio

El Magnesio está principalmente presente en el agua de mar. Este elemento en grandes concentraciones es el causante de la dureza del agua y esto causa problemas estomacales y alteraciones en el sistema nervioso en los humanos. Es importante mantener el control de este elemento, manteniendo un límite de 100mg/L. En el análisis de la muestra se determinó un resultado de 11.31mg/L de magnesio, lo cual está considerado como aceptable.

#### 1.3.16 Manganeso

Es causante de manchas cafés y negras en materiales de conducción de agua potable, hasta llegar al punto de encontrarse partículas dentro del agua con esta coloración. El resultado en el análisis es menor 0.01 mg/L, por debajo del límite permisible.

#### 1.3.17 Dureza

La dureza en el agua es un valor que está bastante ligado a la calidad físico-química, no se conocen efectos claros de aguas con elementos de dureza (sales de calcio, magnesio), más que enfermedades cardiovasculares en zonas de mayor consumo de aguas blandas. El resultado del análisis refleja 93.4 mg/L, una cantidad por debajo del límite permisible.

#### 1.3.18 Conclusión

El agua extraída del pozo de Consulados reúne las características necesarias para ser utilizada para consumo humano. Se recomienda mantener el monitoreo en este pozo, ya que se determinó por encuestas a los trabajadores de ésta área, que beben agua de forma directa en la extracción de agua de este pozo.

#### 1.4. Cuadro comparativo

	LMP	P.A.	Hortalizas	Consulados
1	Cloro residual libre	1	<0.05	<0.05
2	Cloruro	250	3.8	10.3
3	Color	350	2	<2
4	Conductividad	1500	316	415
5	Nitratos	50	9.7	8.9
6	Nitritos	3	<0.02	<0.02
7	Olor	No Recha.	No Recha.	No Recha.
8	Potencial de hidrogeno	6.5/8.5	7.29	7.07
9	Sulfato	250	<3.5	<3.5
10	Turbiedad	15	6	<0.5
11	Coliformes	<1.1	240	<1.1
12	E. Coli	<1.1	<1.1	<1.1
13	Calcio	150	20.25	27.11
14	Hierro		0.84	<0.038
15	Magnesio	100	12.06	15.44
16	Manganeso	0.4	0.117	<0.01
17	Dureza	500	100.2	131.3

Los resultados demuestran que el pozo de Hortalizas y Consulados producen agua con la calidad óptima para consumo humano, por otro lado, el pozo de producción animal tiene un alto contenido de coliformes totales, así como un nivel poco por encima de lo que establece la normativa. Los tres pozos se encuentran dentro de las instalaciones de la escuela y abastecen de agua a todos los procesos que suceden dentro de la misma. Es necesario mantener un control y monitoreo periódico, para cada pozo, así como también es necesario instalar un clorinador en el pozo de producción animal.

## 2 Finca la montaña

### 2.1. Río "el mango"

El río el mango es utilizado actualmente para riego y para consumo doméstico dentro de la finca. De este río se abastece la población cercana a la finca y para eso fue necesario realizar el análisis del agua que se extrae de la cuenca. A continuación, se presentan las características que posee el agua del río el mango.

#### 2.1.1 Cloro Residual Libre

La Organización Mundial de la Salud señala que no se ha observado ningún efecto secundario en los humanos expuestos a concentraciones de cloro libre en agua potable, no obstante, las regulaciones nacionales establecen un valor máximo permisible de 1 mg/L. El resultado obtenido en el pozo de Consulados es menor a 0.05 mg/L, una cantidad aceptable para consumo humano.

### 2.1.2 Cloruro

Son aniones libres de cloro  $\text{Cl}^-$ , presentes en el agua potable. El resultado de cloruros en la muestra del agua es de 1.4mg/L, por debajo del límite máximo permisible de 250mg/L.

### 2.1.3 Color

El color del agua puede estar ligado a la descomposición de la materia, la materia orgánica del suelo y la presencia de minerales y metales pesados en el agua. El resultado del color en la muestra fue menor a 6 u de Pt-Co, por debajo del límite máximo permisible de 35 u Pt-Co.

### 2.1.4 Conductividad

Hace referencia a la capacidad de transmitir o conducir calor, electricidad o sonido a través del agua. El parámetro se encuentra por debajo del límite máximo permitido con un resultado de 108.4 uS/cm.

### 2.1.5 Nitratos

Los niveles elevados de nitratos pueden sugerir la presencia de otros contaminantes que pueden causar problemas en la salud. El resultado de los Nitratos en la muestra refleja estar por debajo del límite máximo permisible, el resultado es menor a 0.9 mg/L

### 2.1.6 Nitritos

El resultado de nitritos se encuentra por debajo del límite máximo permitido, siendo el resultado del análisis una cantidad menor a 0.02 mg/L

### 2.1.7 Olor

El olor puede ser afectado por la presencia de minerales, bacterias y algas que están presentes en el agua, estos elementos afectan el olor y el sabor del agua. El olor de la muestra de agua extraída del río el manguito se considera como no rechazable, es decir, el olor es aceptable para el consumo humano.

### 2.1.8 pH

El pH fuera del rango establecido puede ser un indicador de presencia de un excedente de minerales dentro del agua y esto conlleva a modificar el olor y el sabor del agua. El rango establecido por la normativa es de entre 6.5 y 8.5, el resultado del análisis indica que la muestra se encuentra en 7.57, lo cual es un resultado aceptable para consumo humano.

### 2.1.9 Sulfatos

Estos se adhieren al agua a través la sedimentación de rocas y suelos que contienen minerales de sulfato a nivel subterráneo. Los sulfatos en altas concentraciones pueden causar un efecto laxante cuando se combina con el calcio y el magnesio. El resultado de los análisis indica que la muestra posee una cantidad menor a 3.5 mg/L, esta concentración se encuentra por debajo del límite permitido.

### 2.1.10 Turbidez

Esta es una medida de la calidad del agua debido a que ésta pierde su transparencia debido a la presencia partículas en suspensión. El resultado del análisis de turbidez fue menor a 1UNT (Unidades de turbiedad), el cual se encuentra por debajo de 15UNT, el límite máximo permitido por la norma.

### 2.1.11 Coliformes Totales

Estos se encuentran en las heces de animales y humanos. Son uno de los parámetros más importantes a identificar dentro del agua para consumo humano, ya que al estar presentes en el agua pueden causar intoxicación o transmitir una enfermedad. La muestra de agua extraída del río indica que existe un valor sumamente alto en coliformes totales de 460 NMP, esto indica que el agua no es apta para consumo humano.

#### 2.1.12 E. Coli

Es una bacteria que al estar presente en el agua puede causar diarrea o algún tipo de infección si se encuentra presente al momento de consumir alimentos que contengan la bacteria. La muestra determinó posee 9.2 NMP, por lo que, se considera altamente contaminada para consumo humano.

#### 2.1.13 Calcio

El calcio junto con el magnesio forma la dureza del agua. Las concentraciones de calcio van ligadas generalmente al nivel de mineralización, es por eso que las aguas subterráneas presentan mayores contenidos a las aguas superficiales. En el caso del río el mango, cuenta con niveles bajos de calcio con 3.3 mg/L, siendo el límite máximo permitido de 150mg/L.

#### 2.1.14 Hierro

El hierro puede darle al agua un sabor, color y olor desagradable al momento de consumirla. Este elemento afecta principalmente tuberías o grifos, dándoles una coloración café. Este elemento se encuentra por debajo de los límites permitidos en una cantidad de 0.04mg/L.

#### 2.1.15 Magnesio

El Magnesio está principalmente presente en el agua de mar. Este elemento en grandes concentraciones es el causante de la dureza del agua y esto causa problemas estomacales y alteraciones en el sistema nervioso en los humanos. Es importante mantener el control de este elemento, manteniendo un límite de 100mg/L. En el análisis de la muestra se determinó un resultado de 11.31mg/L de magnesio, lo cual está considerado como aceptable.

#### 2.1.16 Manganeseo

Es causante de manchas cafés y negras en materiales de conducción de agua potable, hasta llegar al punto de encontrarse partículas dentro del agua con esta coloración. El resultado en el análisis es menor 0.01 mg/L, por debajo del límite permisible.

#### 2.1.17 Dureza

La dureza en el agua es un valor que está bastante ligado a la calidad físico-química, no se conocen efectos claros de aguas con elementos de dureza (sales de calcio, magnesio), más que enfermedades cardiovasculares en zonas de mayor consumo de aguas blandas. El resultado del análisis refleja 24.2 mg/L, una cantidad por debajo del límite permisible.

#### 2.1.18 Conclusión

La corriente de agua del río el manguito no cumple con los parámetros establecidos por la normativa, por lo tanto, se recomienda aplicarle un sistema de cloración como tratamiento al agua que pueda ser utilizada en actividades de consumo humano

### 2.2. Río "castellano"

El río castellano es principalmente utilizado actualmente para riego. Se prevé que el agua de este río sea aprovechada en un futuro en el complejo educativo, proyecto que estará en construcción el próximo año. A continuación, se presentan las características específicas del río y los resultados de los análisis realizados.

#### 2.2.1 Cloro Residual Libre

La Organización Mundial de la Salud señala que no se ha observado ningún efecto secundario en los humanos expuestos a concentraciones de cloro libre en agua potable, no obstante, las regulaciones nacionales establecen un valor máximo permisible de 1 mg/L. El resultado obtenido en el río castellano es menor a 0.05 mg/L, una cantidad aceptable para consumo humano.

### 2.2.2 Cloruro

Son aniones libres de cloro Cl<sup>-</sup>, presentes en el agua potable. El resultado de cloruros en la muestra del río castellano es de 10.1mg/L, por debajo del límite máximo permisible de 250mg/L.

### 2.2.3 Color

El color del agua puede estar ligado a la descomposición de la materia, la materia orgánica del suelo y la presencia de minerales y metales pesados en el agua. El resultado del color en la muestra fue menor a 7 u de Pt-Co, por debajo del límite máximo permisible de 35 u Pt-Co.

### 2.2.4 Conductividad

Hace referencia a la capacidad de transmitir o conducir calor, electricidad o sonido a través del agua. El parámetro se encuentra por debajo del límite máximo permitido con un resultado de 98.8 uS/cm.

### 2.2.5 Nitratos

Los niveles elevados de nitratos pueden sugerir la presencia de otros contaminantes que pueden causar problemas en la salud. El resultado de los Nitratos en la muestra refleja estar por debajo del límite máximo permisible, el resultado es menor a 0.9 mg/L

### 2.2.6 Nitritos

El resultado de nitritos se encuentra por debajo del límite máximo permitido, siendo el resultado del análisis una cantidad menor a 0.02 mg/L

### 2.2.7 Olor

El olor puede ser afectado por la presencia de minerales, bacterias y algas que están presentes en el agua, estos elementos afectan el olor y el sabor del agua. El olor de la muestra de agua extraída del río castellano se considera como no rechazable, es decir, el olor es aceptable para el consumo humano.

### 2.2.8 pH

El pH fuera del rango establecido puede ser un indicador de presencia de un excedente de minerales dentro del agua y esto conlleva a modificar el olor y el sabor del agua. El rango establecido por la normativa es de entre 6.5 y 8.5, el resultado del análisis indica que la muestra se encuentra en 7.83, lo cual es un resultado aceptable para consumo humano.

### 2.2.9 Sulfatos

Estos se adhieren al agua a través la sedimentación de rocas y suelos que contienen minerales de sulfato a nivel subterráneo. Los sulfatos en altas concentraciones pueden causar un efecto laxante cuando se combina con el calcio y el magnesio. El resultado de los análisis indica que la muestra posee una cantidad menor a 3.5 mg/L, esta concentración se encuentra por debajo del límite permitido.

### 2.2.10 Turbidez

Esta es una medida de la calidad del agua debido a que ésta pierde su transparencia debido a la presencia partículas en suspensión. El resultado del análisis de turbidez fue de 1UNT (Unidades de turbiedad), el cual se encuentra por debajo de 15UNT, el límite máximo permitido por la norma.

### 2.2.11 Coliformes Totales

Estos se encuentran en las heces de animales y humanos. Son uno de los parámetros más importantes a identificar dentro del agua para consumo humano, ya que al estar presentes en el agua pueden causar intoxicación o transmitir una enfermedad. La muestra de agua extraída del río indica que existe un valor sumamente alto en coliformes totales de 249 NMP, esto indica que el agua no es apta para consumo humano.

### 2.2.12 E. Coli

Es una bacteria que al estar presente en el agua puede causar diarrea o algún tipo de infección si se encuentra presente al momento de consumir alimentos que contengan la bacteria. La muestra determinó posee 49 NMP, por lo que, se considera altamente contaminada para consumo humano.

### 2.2.13 Calcio

El calcio junto con el magnesio forma la dureza del agua. Las concentraciones de calcio van ligadas generalmente al nivel de mineralización, es por eso que las aguas subterráneas presentan mayores contenidos a las aguas superficiales. En el caso del río castellano, cuenta con niveles bajos de calcio con 4.03 mg/L, siendo el límite máximo permitido de 150mg/L.

### 2.2.14 Hierro

El hierro puede darle al agua un sabor, color y olor desagradable al momento de consumirla. Este elemento afecta principalmente tuberías o grifos, dándoles una coloración café. Este elemento se encuentra por debajo de los límites permitidos en una cantidad de 0.091 mg/L.

### 2.2.15 Magnesio

El Magnesio está principalmente presente en el agua de mar. Este elemento en grandes concentraciones es el causante de la dureza del agua y esto causa problemas estomacales y alteraciones en el sistema nervioso en los humanos. Es importante mantener el control de este elemento, manteniendo un límite de 100mg/L. En el análisis de la muestra se determinó un resultado de 4.77 mg/L de magnesio, lo cual está considerado como aceptable.

### 2.2.16 Manganeso

Es causante de manchas cafés y negras en materiales de conducción de agua potable, hasta llegar al punto de encontrarse partículas dentro del agua con esta coloración. El resultado en el análisis es menor 0.01 mg/L, por debajo del límite permisible.

### 2.2.17 Dureza

La dureza en el agua es un valor que está bastante ligado a la calidad físico-química, no se conocen efectos claros de aguas con elementos de dureza (sales de calcio, magnesio), más que enfermedades cardiovasculares en zonas de mayor consumo de aguas blandas. El resultado del análisis refleja 29.7 mg/L, una cantidad por debajo del límite permisible.

### 2.2.18 Conclusión

El río de castellano funciona como parte del abastecimiento de agua dentro de la finca la montaña, este río es utilizado principalmente para riego en los cultivos manejados dentro de la finca. Las características del agua analizada, determinaron que no es apta para el consumo humano, por lo que se recomienda, darle tratamiento con sistemas de cloración previo a ser utilizada.

## 2.3. Cuadro comparativo

		<b>LMP</b>	<b>Mango</b>	<b>Castellano</b>
<b>1</b>	<b>Cloro residual libre</b>	1	<0.05	<0.05
<b>2</b>	<b>Cloruro</b>	250	1.4	10.1
<b>3</b>	<b>Color</b>	350	6	7
<b>4</b>	<b>Conductividad</b>	1500	108.4	98.8
<b>5</b>	<b>Nitratos</b>	50	<0.9	<0.9
<b>6</b>	<b>Nitritos</b>	3	<0.02	<0.02

7	Olor	No Recha.	No Recha.	No Recha.
8	Potencial de hidrogeno	6.5/8.5	7.57	7.83
9	Sulfato	250	<3.5	<3.5
10	Turbiedad	15	1	1
11	Coliformes	<1.1	460	240
12	E. Coli	<1.1	9.2	49
13	Calcio	150	3.3	4.03
14	Hierro		0.04	0.091
15	Magnesio	100	3.87	4.77
16	Manganeso	0.4	<0.01	<0.01
17	Dureza	500	24.2	29.7

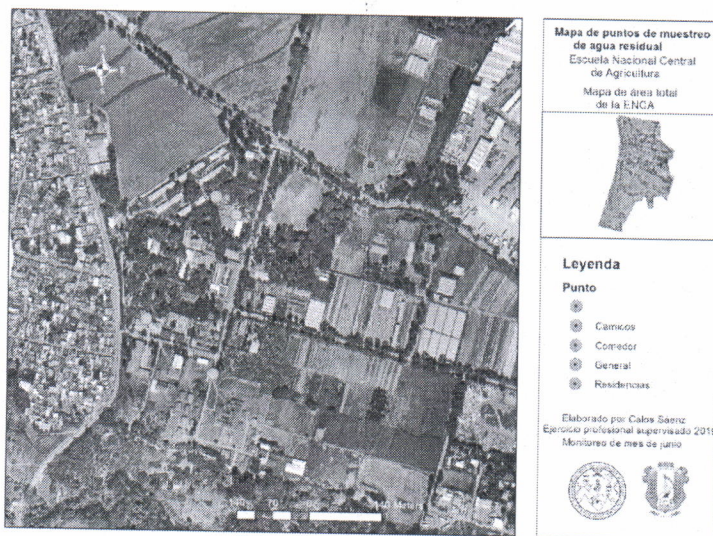
Los ríos el mango y castellano forman parte de la finca la Montañita, parte de la Escuela Nacional Central de Agricultura. Los resultados de los análisis realizados en cada uno de estos ríos demuestran que contiene altos niveles de coliformes totales y de E. Coli. La mala administración de las aguas servidas en las comunidades () pudiera ser uno de los factores contaminantes de estos cuerpos de agua. Se recomienda la instalación de un tanque adicional al existente, para almacenar el agua requerida para los procesos productivos, proveniente de los dos ríos. El tanque instalado actualmente, resguarda el agua procedente del río castellano. Este tanque no cuenta con ningún sistema de tratamiento para poder utilizar el agua para consumo humano.

### 3 Caracterización de agua residual

El agua es un recurso necesario para cualquier tipo de actividad productiva, la cual necesita mantener ciertas características para poder ser utilizada. La calidad es importante en el recurso, y esta se define como el conjunto de caracteres físicos, químicos y biológicos que buscan satisfacer un estándar de calidad con el fin de que el agua que sea suministrada sea segura para cualquier fin destinado. En el concepto de agua residual, se busca que el agua reúna ciertas características que no afecten el cuerpo receptor a donde se vierten. Para esto es necesario identificar los factores físicos como color, olor, sólidos y pH, factores químicos como oxígeno disuelto, DBO, DQO, metales, nutrientes, sulfatos y aspectos biológicos como la cantidad de coliformes.

Para determinar la calidad del agua residual producida dentro de la ENCA, se tomaron muestras en cuatro puntos diferentes, con la finalidad de entender las características que aporta cada punto a la red de drenaje general. Los puntos muestreados se reflejan en el siguiente mapa de ubicación.





El presente informe detalla los parámetros técnicos establecidos por el acuerdo gubernativo 236 2006, el cual dicta los límites máximos permitidos en cuanto a las características que debe poseer el agua residual.

### 3.1. Resultados edificio de carnicos

El edificio de cárnicos es utilizado para procesar diferentes alimentos que posteriormente son puestos a la venta. Entre los principales productos podemos mencionar embutidos, carne de cerdo, carne de pollo, adobado, chorizo, entre otros. El procedimiento para preparar estos productos se combina con el agua para mantener el grado óptimo de inocuidad. De esta cuenta, fue necesario realizar un análisis para determinar la calidad de las aguas residuales producidas dentro del edificio. Cabe resaltar que el edificio de cárnicos cuenta con su propia fosa séptica, por lo que las características del agua residual no afectan la red general de drenaje interno.

Se tomó una muestra simple (una sola muestra), en el horario aproximado de mayor movimiento en la producción. Los resultados de los análisis se describen a continuación.

#### 3.1.1 Grasas y aceites

Según el análisis realizado el edificio de cárnicos cuenta con una trampa de grasas previo a expulsar el agua residual dentro de la fosa séptica, de esa cuenta los resultados de los análisis en la muestra fueron de 10mg/L, siendo éste un dato permitido según el acuerdo gubernativo 236 2006.

#### 3.1.2 Materia flotante

Se encontró materia flotante en la toma de muestra

#### 3.1.3 Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)

Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales. De acuerdo al análisis realizado se encontró una DBO de 468mg/L, que se encuentra por encima del límite máximo permitido que es de 100mg/L.

#### 3.1.4 Demanda Química de oxígeno (DQO)

Este factor suele ser siempre mayor a la DBO en un agua residual debido a que es mayor el número de compuestos que poseen una oxidación por la reacción a un material químico.

El resultado del análisis refleja una cantidad de 843mg/L, superior al límite máximo permisible.

#### 3.1.5 Relación DQO/DBO

La relación de la DQO/DBO se encuentra en 1.8

#### 3.1.6 Nitrógeno total

Los resultados del análisis demuestran que la cantidad de nitrógeno total es de 67.2 mg/L, por arriba del límite máximo permisible que es de 20 mg/L.

#### 3.1.7 Fosforo total

Los resultados del análisis demuestran que la cantidad de fósforo total es de 15.2 mg/L, por arriba del límite máximo permisible que es de 10 mg/L.

#### 3.1.8 pH

El potencial de hidrógeno en la muestra es de 7.16, lo cual está dentro de los límites permitidos.

#### 3.1.9 Color

El color es una característica del agua residual comúnmente alterada por la industria textil, normalmente es afectada por la presencia de materia orgánica natural, el pH, la temperatura, entre otros aspectos que pueden ingerir en la coloración del agua residual. Para evaluar la coloración del agua se utiliza una escala de platino-cobalto, en el caso de la muestra realizada se determinó un resultado de 249 u Pt-Co, el límite máximo permisible es de 500 u Pt-Co.

#### 3.1.10 coliformes

El resultado de este parámetro es de  $1.4 \times 10^6$ , dato que se encuentra por encima del límite de  $1.0 \times 10^4$  unidades en 100 mL

### 3.2. Metales pesados

#### 3.2.1 Arsénico

El arsénico es uno de los elementos más peligrosos que existen en el agua según la OMS, según el análisis en la muestra de agua existen 0.0025mg/L y lo máximo permisible es de 0.1mg/L, por lo que no existe ningún riesgo de contaminación.

#### 3.2.2 Cadmio

El cadmio es un metal pesado altamente tóxico, se determinó que existe en la muestra 0.008mg/L y lo máximo permisible es de 0.1mg/L, por lo que existe un bajo impacto de contaminación.

#### 3.2.3 Cobre

El cobre es un metal pesado que tiene la capacidad de inhibir el tratamiento biológico de las aguas residuales. El resultado del análisis determino que existen 0.042mg/L por debajo de lo permisible, siendo 3mg/L.

#### 3.2.4 Cianuro

El cianuro es una sustancia que puede tóxica que puede llegar a ser letal en cantidades concentradas, según el análisis realizado existen 0.04mg/L por debajo del límite máximo permisible que es de 1mg/L

### 3.2.5 Cromo (VI)

Es un metal pesado presente de forma natural en rocas, plantas y en animales. La cantidad de cromo hexavalente presente en la muestra es de 0.0025mg/L, menor al límite permisible de 0.1mg/L.

### 3.2.6 Mercurio

El mercurio es un elemento presente en el agua residual altamente tóxico incluido en la lista de sustancias peligrosas prioritarias según la Unión Europea. La cantidad de mercurio presente en la muestra es de 0.0006mg/L, por debajo del límite máximo permisible de 0.01mg/L.

### 3.2.7 Níquel

Es un metal que en altas concentraciones inhibe el tratamiento biológico al agua residual. En la muestra de agua residual resultó que existen 0.155mg/L, estando por debajo del límite máximo permisible de 2mg/L.

### 3.2.8 Plomo

El plomo puede encontrarse en el agua de manera antropogénica debido a las actividades humanas como, la quema de combustibles fósiles y la minería. Este es un elemento tóxico y acumulativo con baja presencia en la muestra de agua, en 0.09mg/L, siendo el límite máximo permisible de 0.4mg/L.

### 3.2.9 Zinc

El zinc es un elemento presente en el agua residual que en grandes cantidades puede incrementar la acidez de las aguas. La cantidad de zinc en la muestra es de 0.477mg/L y el límite máximo permisible es de 10mg/L.

### 3.2.10 OBSERVACIONES

Debido a que el drenaje de este edificio no está conectado al drenaje general, es de crucial importancia prestarle atención a los parámetros que se encuentran por encima del límite máximo permitido, encontrando una alternativa para darle un tratamiento, previo a ser vertidos en la fosa séptica. Para lo anterior se recomienda instalar un sistema de aireación que consta de una bomba instalada en la caja de monitoreo, y luego el agua se incorpore a la red de drenaje en el edificio, así mismo mantener un control en la calidad de los sedimentos de la fosa séptica instalada en el edificio de cárnicos, haciendo análisis de agua al menos dos veces al año.



### 3.3. Resultados en edificio de comedor

El edificio de comedor recibe aproximadamente más de 400 usuarios por día, produce alimento en los tres tiempos de comida, principalmente para los alumnos de la escuela, aunque trabajadores también aprovechan del servicio por una pequeña contribución. Los procesos para la producción de los alimentos utilizan agua que es vertida directamente a la red de drenaje interno de la escuela. Por tanto, es necesario determinar las características del agua producida dentro del edificio.

Se realizó un muestreo compuesto, el cual consistió en fraccionar en 7 partes la muestra, es decir se tomó una pequeña cuota cada hora, iniciando el muestreo desde las 8 de la mañana y finalizándolo a las 2 de la tarde.

Los resultados de los análisis se demuestran a continuación, utilizando los parámetros establecidos en el acuerdo gubernativo 236 2006.

#### 3.3.1 Grasas y aceites

El análisis realizado en el edificio de comedor refleja un resultado de 37 mg/L, por encima del límite máximo permitido de 10 mg/L. El edificio de comedor cuenta con trampas de grasas, para disminuir la cantidad de influencia sobre el agua residual. Los resultados reflejan que estas trampas no se dan abasto, debido a las actividades productivas es necesario reducir aún más las cantidades.

#### 3.3.2 Materia flotante

No se encontró materia flotante en la muestra de agua residual.

#### 3.3.3 Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)

Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales. De acuerdo al análisis realizado se encontró una DBO de 441mg/L, que se encuentra por encima del límite máximo permitido que es de 100mg/L.

#### 3.3.4 Demanda Química de oxígeno (DQO)

Este factor suele ser siempre mayor a la DBO en un agua residual debido a que es mayor el número de compuestos que poseen una oxidación por la reacción a un material químico. El resultado del análisis refleja una cantidad de 868mg/L, superior al límite máximo permisible.

#### 3.3.5 Relación DQO/DBO

La relación de la DQO/DBO se encuentra en 2.0

#### 3.3.6 Sólidos suspendidos

Son partículas con densidad menor a la del agua, que permanecen suspendidas debido al movimiento del agua residual. La cantidad de sólidos suspendidos en la muestra es de 675mg/L, el límite máximo permisible es de 100mg/L.

#### 3.3.7 Nitrógeno total

Los resultados del análisis demuestran que la cantidad de nitrógeno total es de 18 mg/L, siendo este menor al límite máximo permisible que es de 20 mg/L.

#### 3.3.8 Fosforo total

Los resultados del análisis demuestran que la cantidad de fósforo total es de 5.6 mg/L, por arriba del límite máximo permisible que es de 10 mg/L.

### 3.3.9 pH

El potencial de hidrógeno en la muestra es de 5.72, lo cual indica un agua residual con un grado mínimo de acidez, por debajo del límite permitido que es 6.

### 3.3.10 Color

La coloración en la muestra extraída del edificio de comedor presentó poca coloración, reflejada en el resultado del análisis en 37 u Pt-Co, siendo el límite máximo permitido de 500 u Pt-Co.

### 3.3.11 coliformes

El resultado de este parámetro es de  $3.5 \times 10^6$ , dato que se encuentra por encima del límite de  $1.0 \times 10^4$  unidades en 100 mL.

### 3.3.12 Arsénico

El arsénico es uno de los elementos más peligrosos que existen en el agua según la OMS, los análisis en la muestra de agua determinan que existen 0.003mg/L y lo máximo permisible es de 0.1mg/L, por lo que no existe ningún riesgo de contaminación.

### 3.3.13 Cadmio

El cadmio es un metal pesado altamente tóxico, se determinó que existe en la muestra una cantidad menor a 0.008mg/L y lo máximo permisible es de 0.1mg/L.

### 3.3.14 Cobre

El cobre es un metal pesado que tiene la capacidad de inhibir el tratamiento biológico de las aguas residuales. El resultado del análisis determinó que existen 0.044mg/L por debajo de lo permisible, siendo 3mg/L.

### 3.3.15 Cianuro

El cianuro es una sustancia que puede tóxica que puede llegar a ser letal en cantidades concentradas, según el análisis realizado existen 0.04mg/L por debajo del límite máximo permisible que es de 1mg/L

### 3.3.16 Cromo (VI)

El cromo hexavalente es un metal pesado presente de forma natural en rocas, plantas y en animales. La cantidad presente en la muestra es menor a 0.0025mg/L, menor al límite permisible de 0.1mg/L.

### 3.3.17 Mercurio

El mercurio es un elemento presente en el agua residual altamente tóxico incluido en la lista de sustancias peligrosas prioritarias según la Unión Europea. La cantidad de mercurio presente en la muestra es menor a 0.0006mg/L, por debajo del límite máximo permisible de 0.01mg/L.

### 3.3.18 Níquel

Es un metal que en altas concentraciones inhibe el tratamiento biológico al agua residual. En la muestra de agua residual resultó que existe una cantidad menor a 0.155mg/L, estando por debajo del límite máximo permisible de 2mg/L

### 3.3.19 Plomo

El plomo puede encontrarse en el agua de manera antropogénica debido a las actividades humanas como, la quema de combustibles fósiles y la minería. Este es un elemento tóxico y acumulativo con baja presencia en la muestra de agua menor a 0.09mg/L, siendo el límite máximo permisible de 0.4mg/L.

### 3.3.20 Zinc

El zinc es un elemento presente en el agua residual que en grandes cantidades puede incrementar la acidez de las aguas. La cantidad de zinc en la muestra es de 0.478mg/L y el límite máximo permisible es de 10mg/L.

### 3.3.21 OBSERVACIONES

Actualmente existe una trampa de grasas instalada dentro del edificio de comedor, pero esta no se da abasto y no recibe el mantenimiento adecuado, por lo tanto, se recomienda revisar la trampa al menos una vez cada quince días.

Es necesario instalar una trampa de grasas para los lavaplatos y en las pilas para reducir la cantidad de grasas que se envían a la red de drenaje general. Estas trampas, junto con las que se encuentran instaladas deben recibir mantenimientos cíclicos para evitar un colapso en la red de drenaje. La trampa consta de una caja metálica con varias rejillas adentro, esta trampa puede ir instalada al final de la red de drenaje del edificio de comedor.



### 3.4. Informe de resultados edificios de residencias

Dentro de la escuela existen cinco residencias que pueden albergar a 126 alumnos cada una, actualmente no se utilizan todas las residencias y la cantidad de alumnos es menor a la capacidad que cada edificio tiene instalada. Aproximadamente se encuentran activos 343 alumnos que se ven beneficiados con las instalaciones de las residencias.

Las instalaciones cuentan con los servicios indispensables de una vivienda como dormitorios y área de aseo personal. Cada edificio cuenta con un sistema de trampa de grasas.

La muestra fue de tipo compuesta, segmentado la muestra en siete fragmentos divididos en uno por hora. El horario del muestreo inició a las ocho de la mañana y finalizó a las 2 de la tarde

#### 3.4.1 Grasas y aceites

El resultado de grasas y aceites vertidos en la muestra de agua residual es de 18mg/L, el límite máximo permisible según el acuerdo es de 10mg/L. Todas las cajas de monitoreo en las residencias, cuentan con una trampa de grasa de concreto, para mitigar la producción principalmente en la práctica de aseo en los alumnos.

#### 3.4.2 Materia flotante

No se encontró materia flotante en la muestra de agua residual.

#### 3.4.3 Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)

Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales. De acuerdo al análisis realizado se encontró una DBO de 237mg/L, que se encuentra por encima del límite máximo permitido que es de 100mg/L.

#### 3.4.4 Demanda Química de oxígeno (DQO)

Este factor suele ser siempre mayor a la DBO en un agua residual debido a que es mayor el número de compuestos que poseen una oxidación por la reacción a un material químico. El resultado del análisis refleja una cantidad de 574mg/L, superior al límite máximo permisible.

#### 3.4.5 Relación DQO/DBO

La relación de la DQO/DBO se encuentra en 2.4

#### 3.4.6 Sólidos suspendidos

Son partículas con densidad menor a la del agua, que permanecen suspendidas debido al movimiento del agua residual. La cantidad de sólidos suspendidos en la muestra es de 250mg/L, el límite máximo permisible es de 100mg/L.

#### 3.4.7 Nitrógeno total

Los resultados del análisis demuestran que la cantidad de nitrógeno total es de 97 mg/L, siendo este menor al límite máximo permisible que es de 20 mg/L.

#### 3.4.8 Fosforo total

Los resultados del análisis demuestran que la cantidad de fósforo total es de 13.7 mg/L, por arriba del límite máximo permisible que es de 10 mg/L.

#### 3.4.9 pH

El potencial de hidrógeno en la muestra es de 7, lo cual indica un agua residual pH óptimo.

#### 3.4.10 Color

La coloración en la muestra extraída de los edificios de residencias presentó poca coloración, reflejada en el resultado del análisis en 123 u Pt-Co, siendo el límite máximo permitido de 500 u Pt-Co.

#### 3.4.11 coliformes

El resultado de este parámetro es de  $2.4 \times 10^6$ , dato que se encuentra por encima del límite de  $1.0 \times 10^4$  unidades en 100 mL.

#### 3.4.12 Arsénico

El arsénico es uno de los elementos más peligrosos que existen en el agua según la OMS, los análisis en la muestra de agua determinan que existe menos de 0.001mg/L y lo máximo permisible es de 0.1mg/L, por lo que no existe ningún riesgo de contaminación.

#### 3.4.13 Cadmio

El cadmio es un metal pesado altamente tóxico, se determinó que existe en la muestra una cantidad menor a 0.008mg/L y lo máximo permisible es de 0.1mg/L.

#### 3.4.14 Cobre

El cobre es un metal pesado que tiene la capacidad de inhibir el tratamiento biológico de las aguas residuales. El resultado del análisis determinó que existen 0.048mg/L por debajo de lo permisible, siendo 3mg/L.

#### 3.4.15 Cianuro

El cianuro es una sustancia que puede ser tóxica que puede llegar a ser letal en cantidades concentradas, según el análisis realizado existe menos de 0.04mg/L por debajo del límite máximo permisible que es de 1mg/L.

#### 3.4.16 Cromo (VI)

El cromo hexavalente es un metal pesado presente de forma natural en rocas, plantas y en animales. La cantidad presente en la muestra es menor a 0.0025mg/L, menor al límite permisible de 0.1mg/L.

#### 3.4.17 Mercurio

El mercurio es un elemento presente en el agua residual altamente tóxico incluido en la lista de sustancias peligrosas prioritarias según la Unión Europea. La cantidad de mercurio presente en la muestra es menor a 0.0011mg/L, por debajo del límite máximo permisible de 0.01mg/L.

#### 3.4.18 Níquel

Es un metal que en altas concentraciones inhibe el tratamiento biológico al agua residual. En la muestra de agua residual resultó que existe una cantidad menor a 0.155mg/L, estando por debajo del límite máximo permisible de 2mg/L.

#### 3.4.19 Plomo

El plomo puede encontrarse en el agua de manera antropogénica debido a las actividades humanas como, la quema de combustibles fósiles y la minería. Este es un elemento tóxico y acumulativo con baja presencia en la muestra de agua menor a 0.09mg/L, siendo el límite máximo permisible de 0.4mg/L.

#### 3.4.20 Zinc

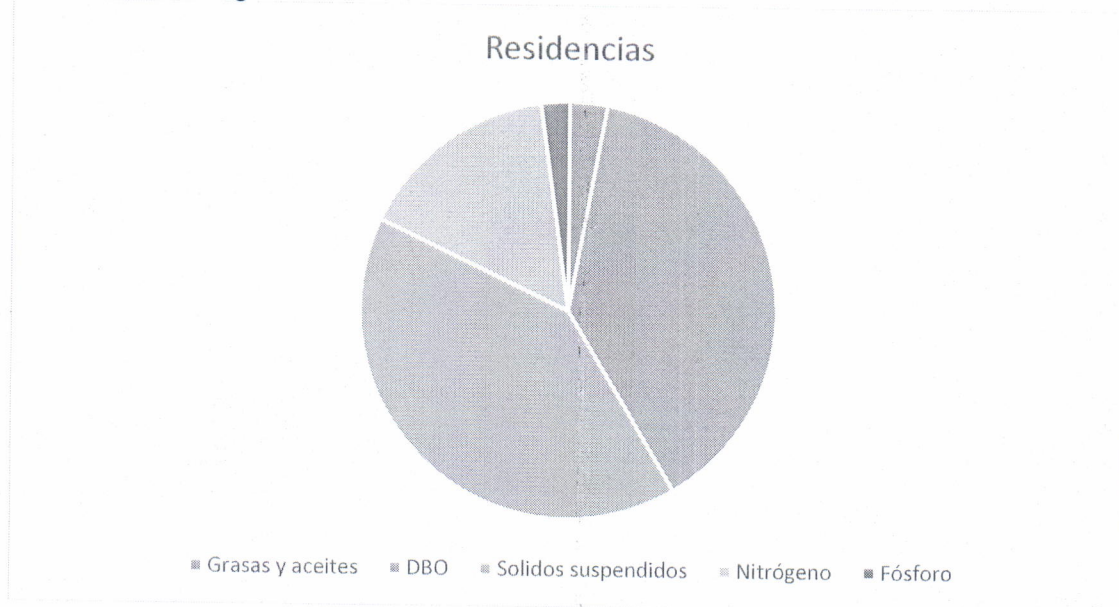
El zinc es un elemento presente en el agua residual que en grandes cantidades puede incrementar la acidez de las aguas. La cantidad de zinc en la muestra es de 0.575mg/L y el límite máximo permisible es de 10mg/L.

#### 3.4.21 Observaciones

Debido al historial de manejo de aguas residuales en los edificios de residencias no se recomienda ningún artefacto para darle un tratamiento previo a las aguas residuales. Las trampas de grasas existentes mitigan el impacto de grasas resultado de los productos de



limpieza personal, en la red de drenaje. El impacto es mínimo, por lo que la planta puede absorber esta carga.



### 3.5. Informe de resultados analisis de drenaje general

La Escuela tiene diferentes tipos de actividades productivas, la mayoría de estas actividades vierten sus flujos de agua en la red de drenaje interno. Es de vital importancia para el proyecto conocer el tipo de agua residual que se recibe en este punto, porque tendrá las mismas características que el agua que reciba la planta de tratamiento.

El análisis realizado en el punto de monitoreo de la red de drenaje general de aguas residuales producidas dentro de la ENCA, fue de forma compuesta, es decir, se tomaron varios segmentos de la muestra (uno por hora), empezando el muestreo a las 8 am y finalizándolo a las 2 pm. El análisis en el muestreo determino los siguientes resultados:

#### 3.5.1 Grasas y aceites

El resultado de grasas y aceites vertidos en la muestra de agua residual es de 29mg/L, el límite máximo permisible según el acuerdo es de 10mg/L.

#### 3.5.2 Materia flotante

No se encontró materia flotante en la muestra de agua residual.

#### 3.5.3 Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)

Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales. De acuerdo al análisis realizado se encontró una DBO de 249mg/L, que se encuentra por encima del límite máximo permitido que es de 100mg/L.

#### 3.5.4 Demanda Química de oxígeno (DQO)

Este factor suele ser siempre mayor a la DBO en un agua residual debido a que es mayor el número de compuestos que poseen una oxidación por la reacción a un material químico. El resultado del análisis refleja una cantidad de 519mg/L, superior al límite máximo permisible.

### 3.5.5 Relación DQO/DBO

La relación de la DQO/DBO se encuentra en 2.5

### 3.5.6 Sólidos suspendidos

Son partículas con densidad menor a la del agua, que permanecen suspendidas debido al movimiento del agua residual. La cantidad de sólidos suspendidos en la muestra es de 250mg/L, el límite máximo permisible es de 100mg/L.

### 3.5.7 Nitrógeno total

Los resultados del análisis demuestran que la cantidad de nitrógeno total es de 48.7 mg/L, siendo este menor al límite máximo permisible que es de 20 mg/L.

### 3.5.8 Fosforo total

Los resultados del análisis demuestran que la cantidad de fósforo total es de 8.7 mg/L, por arriba del límite máximo permisible que es de 10 mg/L.

### 3.5.9 pH

El potencial de hidrógeno en la muestra es de 6.43, lo cual indica un agua residual pH óptimo.

### 3.5.10 Color

La coloración en la muestra extraída de los edificios de residencias presentó poca coloración, reflejada en el resultado del análisis en 96 u Pt-Co, siendo el límite máximo permitido de 500 u Pt-Co.

### 3.5.11 coliformes

El resultado de este parámetro es de  $5.4 \times 10^6$ , dato que se encuentra por encima del límite de  $1.0 \times 10^4$  unidades en 100 mL.

### 3.5.12 Arsénico

El arsénico es uno de los elementos más peligrosos que existen en el agua según la OMS, los análisis en la muestra de agua determinan que existe 0.0036mg/L y lo máximo permisible es de 0.1mg/L, por lo que no existe ningún riesgo de contaminación.

### 3.5.13 Cadmio

El cadmio es un metal pesado altamente tóxico, se determinó que existe en la muestra una cantidad menor a 0.008mg/L y lo máximo permisible es de 0.1mg/L.

### 3.5.14 Cobre

El cobre es un metal pesado que tiene la capacidad de inhibir el tratamiento biológico de las aguas residuales. El resultado del análisis determinó que existen 0.042mg/L por debajo de lo permisible, siendo 3mg/L.

### 3.5.15 Cianuro

El cianuro es una sustancia que puede tóxica que puede llegar a ser letal en cantidades concentradas, según el análisis realizado existe menos de 0.04mg/L por debajo del límite máximo permisible que es de 1mg/L

### 3.5.16 Cromo (VI)

El cromo hexavalente es un metal pesado presente de forma natural en rocas, plantas y en animales. La cantidad presente en la muestra es menor a 0.0025mg/L, menor al límite permisible de 0.1mg/L.

### 3.5.17 Mercurio

El mercurio es un elemento presente en el agua residual altamente tóxico incluido en la lista de sustancias peligrosas prioritarias según la Unión Europea. La cantidad de mercurio presente en la muestra es menor a 0.0006mg/L, por debajo del límite máximo permisible de 0.01mg/L.

### 3.5.18 Níquel

Es un metal que en altas concentraciones inhibe el tratamiento biológico al agua residual. En la muestra de agua residual resultó que existe una cantidad menor a 0.155mg/L, estando por debajo del límite máximo permisible de 2mg/L

### 3.5.19 Plomo

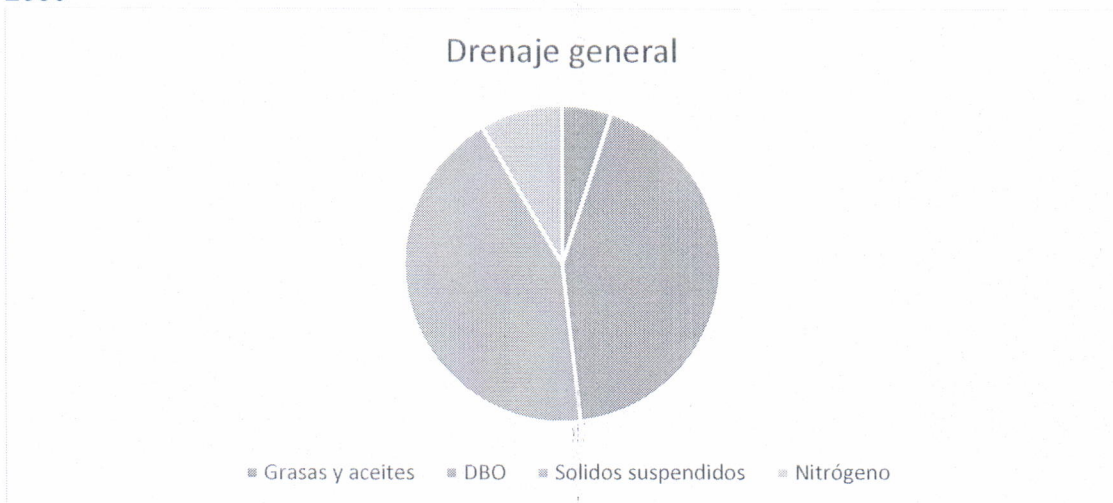
El plomo puede encontrarse en el agua de manera antropogénica debido a las actividades humanas como, la quema de combustibles fósiles y la minería. Este es un elemento toxico y acumulativo con baja presencia en la muestra de agua menor a 0.09mg/L, siendo el límite máximo permisible de 0.4mg/L.

### 3.5.20 Zinc

El zinc es un elemento presente en el agua residual que en grandes cantidades puede incrementar la acidez de las aguas. La cantidad de zinc en la muestra es de 0.546mg/L y el límite máximo permisible es de 10mg/L.

### 3.5.21 Conclusión

El agua residual analizada en el drenaje general contiene sus niveles críticos en los parámetros de grasas y aceites, una alta demanda bioquímica de oxígeno, solidos suspendidos que sobrepasan los límites máximos permitidos, además de coliformes fecales. Estos parámetros deben ser disminuidos en la planta de tratamiento de aguas residuales, ya que no cumplen con los limites expuestos por el acuerdo gubernativo 236-2006



### 3.6. Análisis general de resultados

Los resultados de las muestras realizadas en agua residual se expresan en el siguiente cuadro, en comparación con el límite máximo permitido establecido en el acuerdo gubernativo 236 2006.

PARÁMETROS	RESULTADOS				LMP	dimensional
	CÁRNICOS	COMEDOR	RESIDENCIAS	GENERAL		
Grasas y aceites	10	37	18	29	10	Mg/L
Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente - Ausente
DBO	468	441	237	249	100	Mg/L - O <sub>2</sub>
DQO	843	868	574	619		Mg/L - O <sub>2</sub>
Relación DQO/DQO	1.8	2.0	2.4	2.5		---
Sólidos suspendidos	54	675	250	250	100	mg/L
Nitrógeno total	67.2	18	97	48.7	20	mg/L - N
Fósforo total	15.2	5.6	13.7	8.7	10	mg/L - P
pH	7.16	5.72	7	6.43	6 a 9	---
Coliformes fecales	1.4X10 <sup>6</sup>	3.5X10 <sup>6</sup>	2.4X10 <sup>6</sup>	5.4X10 <sup>6</sup>	1x10 <sup>4</sup>	NMP/100mL
Arsénico	0.0025	0.003	<0.001	0.0036	0.1	mg/L - As
Cadmio	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	0.1	mg/L - Cd
Cianuro total	0.042	<0.04	<0.04	<0.04	1	mg/L - CN
Cobre	0.04	0.044	0.048	0.042	3	mg/L - Cu
Cromo VI	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.1	mg/L - Cr
Mercurio	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.01	mg/L - Hg
Níquel	<0.155	<0.155	<0.155	<0.155	2	mg/L - Ni
Plomo	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	0.4	mg/L - Pb
Zinc	0.477	0.478	0.575	0.546	10	mg/L - Zn
Color	249	37	123	96	500	U Pt-Co

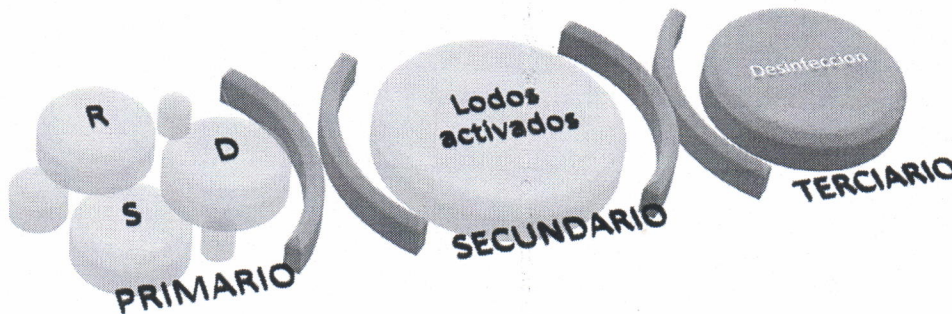
El cuadro resalta los parámetros que están por encima del límite máximo permitido según el acuerdo y en base a esto es que se plantean los tratamientos para la planta. Los principales problemas que afectan las aguas por sobrepasar el límite permitido son: Las grasas y aceites, la demanda biológica de oxígeno, sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.

Actualmente la Escuela le da tratamiento a sus aguas residuales a través de la planta que existe dentro de la ENCA, en convenio con la municipalidad de Villa nueva. Esta planta no tiene la capacidad de tratar el caudal que se produce dentro de la finca Bárcena, por lo que la Escuela busca ubicar una nueva planta dentro de su territorio, que le de tratamiento únicamente a las aguas residuales producidas por la escuela. Para lo anterior se buscaron áreas que cubrieran con los requisitos básicos para la construcción del proyecto.

## 4 Diseño de planta de tratamiento

Una PTAR es un conjunto de procesos de origen físico, químico o biológico, o bien una combinación de ellos, con la finalidad de preservar la salud del medio ambiente. Para ello es necesario eliminar bacterias patógenas, materia orgánica y nutrientes presentes en el agua residual y evitar así la contaminación de cualquier cuerpo receptor.

Para el desarrollo de la PTAR, se deben tomar en cuenta las siguientes etapas de tratamiento



### 4.1. Tratamiento primario

Consiste en retirar todo el material voluminoso que pueda llegar dentro de la red de drenaje. Generalmente está compuesta por una rejilla, un desarenador y un sedimentador primario.

#### 4.1.1 Sistema de rejillas (R)

El sistema de rejillas se utiliza para separar objetos de tamaño más importante que el de simples partículas que son arrastradas por la corriente de agua. Estas se construyen con barras metálicas dispuestas paralelamente para evitar el paso de sólidos. Es importante determinar los ciclos de limpieza en esta etapa.

#### 4.1.2 Desarenador (D)

El objetivo en esta etapa es eliminar las partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión y evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguientes. En esta fase es importante la existencia de un bypass, para drenar el agua hacia otro punto en caso de que la planta presente algún problema o de que simplemente necesite mantenimiento en cualquiera de las fases del tratamiento.

#### 4.1.3 Sedimentador (S)

En esta etapa la materia orgánica es separada del agua por un proceso de diferencia de pesos, el sedimento se asienta en la parte baja de la estructura, mientras el agua fluye por la parte superior. En esta etapa puede llegar a remover entre un 50% y 70% de sólidos suspendidos y entre un 25% y 40% de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).

#### 4.2. Tratamiento secundario

En esta fase de tratamiento ocurren procesos biológicos que permiten la depuración de origen natural en la que microorganismos son capaces de tratar el agua contaminada y devolverla a su estado natural. Para este proceso es necesario contar con un tratamiento aerobio con lodos activados; a través de la aireación prolongada y la recirculación de lodos activados, se eliminan las sustancias biodegradables que están disueltas en el agua residual.

Debido a la caracterización previamente descrita es necesario contrarrestar los niveles de nitrógeno y coliformes fecales principalmente, para este proceso es necesario mantener en la fase un cultivo de microorganismos que, al estar en contacto con oxígeno, realizan un proceso metabólico en donde se produce biomasa, dióxido de carbono y agua. Además, los microorganismos eliminan también compuestos como el amonio y otros compuestos nitrogenados que podrían afectar en un futuro a las aguas tomando en cuenta el crecimiento de la escuela.

Todo este proceso se lleva a cabo en un primer tanque conocido como reactor biológico, donde se produce la agitación y aireación del agua residual. Uno de los productos como resultado de este tipo de tratamiento son los llamados lodos activados, una parte de los lodos producidos se encuentra en una circulación constante, otra parte de estos lodos puede ser utilizada como abono orgánico para plantas forestales, después de un proceso de deshidratación natural.

#### 4.3. Tratamiento terciario

En esta etapa es necesario contar con un tanque de sedimentación secundaria en donde, desagüe el tanque aireador, en este segundo tanque se separan los sólidos suspendidos (lodos activados), los cuales se sedimentan por gravedad al fondo del tanque. Para tener un control y balance de los lodos activados, una parte se recircula al tanque de aireación, el exceso se envía al tanque de almacenamiento de lodos, para conseguir de este modo el proceso conocido como clarificación.

El agua tratada y clarificada es conducida a un tanque de cloración en el que las bacterias patógenas son destruidas.

En conclusión, al final del ciclo de tratamiento se obtendría agua para reutilizar. Este producto puede ser empleado en riego de cultivos maderables, y dependiendo de las características puede ser utilizada en piscicultura. Otro producto obtenido, es la producción de lodos activados que puede ser comercializado por la escuela, o bien, después de un proceso de deshidratación puede ser utilizado como abono para el mejoramiento de tierras.

#### 4.4. Determinación de volúmenes de estructuras

Para el diseño de las fases de tratamiento de la planta de aguas residuales se utilizaron los datos de monitoreo realizado en el drenaje general. En base a los análisis de agua residual según los parámetros que establece el acuerdo gubernativo 236-2006, se pudo determinar todos los procesos necesarios para que el agua producida, reciba el tratamiento debido. Así mismo, con el monitoreo de caudales se determinó los volúmenes aproximados para cada estructura necesaria dentro de la planta.

Se propone la construcción de una planta de tratamiento que contenga en la fase de tratamiento primario que incluya un sistema de rejillas, bypass, un desarenador, un medidor

de Parshall y un sedimentador primario; un tratamiento secundario que consta de un sistema aerobio a través de lodos activados, un tratamiento terciario con un sedimentador final con un sistema de cloración incluido. El sistema debe incluir un patio de secado de lodos para darle tratamiento a los lodos producidos durante todo el procedimiento.

Las etapas del sistema fueron seleccionadas desde el punto de vista operativo por tener menor complejidad en el momento de su manipulación en cada una de sus unidades, por lo que es necesaria la integración de personal dentro de la planta, el cual tendrá bajo su cargo el mantenimiento de cada proceso, así como también, el monitoreo y análisis de muestras periódicas para determinar la eficiencia de la planta.

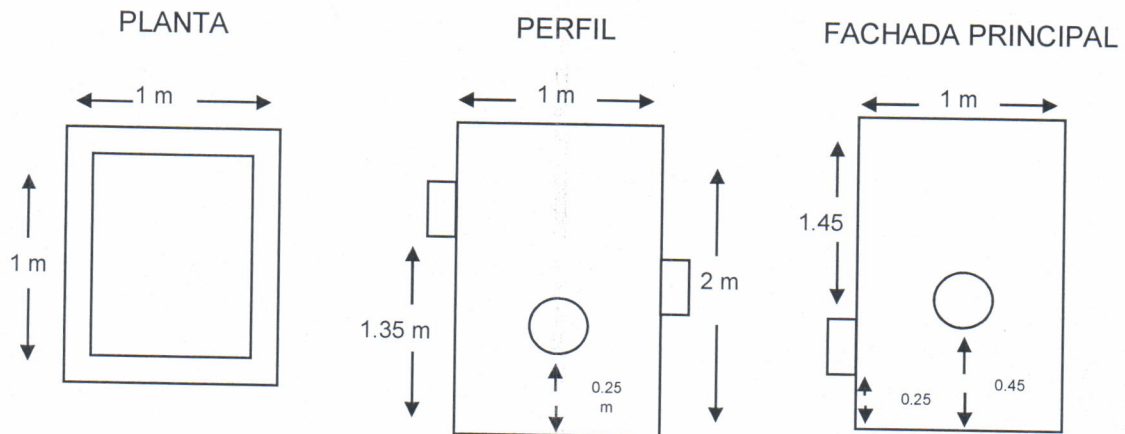
#### 4.5. Dimensionamiento del tratamiento primario

Para el diseño de la planta de tratamiento se realizó un monitoreo en donde se determinó un caudal de entrada máximo de 5.08L/seg con una velocidad media de 0.18m/seg. Con estos datos se inicia el cálculo de volúmenes esperados según cada estructura

#### 4.6. Caja de distribución

Al inicio del diseño la caja de distribución regula la velocidad con la que el agua residual recorre la última fase de la red de drenaje interno, además en este punto se prevé exista un bypass para cortar el flujo de ingreso cuando la planta así lo requiera. En este punto del sistema se deben tomar muestras periódicamente para identificar las características en las que se encuentra el agua que la planta percibe. Las dimensiones propuestas se encuentran resumidas en el siguiente cuadro:

CAJA DE DISTRIBUCIÓN	
Caudal máximo	5.08 L/seg
Velocidad media	$\geq 0.18$ m/seg
Ancho de tubería	12 in
Alto	2 m
Ancho	1 m
Profundidad	1 m
Altura de tirante	0.07 m
Cota de Bypass	0.25 m
Cota de distribución	0.45 m



#### 4.7. Rejillas

Las rejillas son el inicio del sistema en el proceso de tratamiento, estas se ubican en el canal de entrada. La función principal de las rejillas es proteger las unidades del sistema y evitar que se tenga un inadecuado funcionamiento desde el inicio. Las rejillas retienen objetos de mayor tamaño, que sobrepasen las medidas establecidas con las cuales el sistema se vea comprometido, por ejemplo, objetos como ramas, plásticos, telas u otro material sólido que no se encuentre desintegrado o degradado, cuando el agua residual circule a través del sistema.

La relación de materiales sólidos que queden atrapados en el sistema de rejillas se tiran manualmente, para luego darle la disposición final dependiendo del tipo de los mismos, luego de que pierdan humedad.

Las dimensiones se calculan a través de los datos obtenidos como el caudal máximo y la velocidad del caudal.

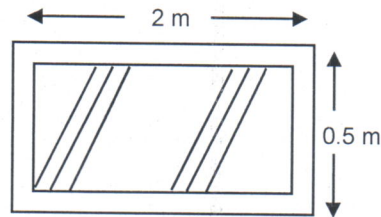
REJILLAS	
Caudal máximo	5.08 L/seg
Velocidad	0.18 m/seg
Ancho de canal	0.5 m
Espesor de barra	0.006 m
Separación	0.025 m
Altura de tirante	0.07 m
Alto	0.60 m
Ancho	0.50 m
Profundidad	2 m

Con las dimensiones calculadas se determina poseen el tamaño necesario para la obstrucción de materiales que sean demasiado gruesos y que puedan dañar las siguientes fases del sistema. En esta fase se prevé remover un 85% de materia flotante, con un

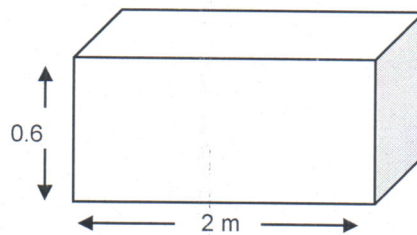


sistema que consta de dos rejillas. El porcentaje restante se removerá en las posteriores unidades de tratamiento. La cantidad del material retenido por las rejillas puede variar de acuerdo con la época del año, los hábitos de la población beneficiada. El material retenido está constituido principalmente por papel, trapos, residuos de cocina.

Vista de planta



Vista de elevación



#### 4.8. Desarenador

La función del desarenador es no permitir que arenas gravas avancen a través del sistema de tratamiento, al igual que todo aquel material que su peso específico es mayor a los materiales sólidos orgánicos beneficiosos que estén presentes en el agua residual. El desarenador funciona como un sedimentador diseñado para remover materia que puede causar abrasión en canales o bombas y ocasionar obstrucción. La materia removida no es biodegradable, por lo tanto, debe recolectarse y disponerse en un área adecuada para relleno.

<b>Desarenador</b>	
Caudal máximo	5.08 L/seg
Velocidad	0.18 m/seg
Ancho de tubería	12
Altura	1.8 m
Ancho	1.8 m
Profundidad	4.5 m

Es importante mantener una velocidad constante dentro del sistema que asegure la eficiente sedimentación, por lo que la velocidad del sistema debe mantenerse en un rango de 0.15 m/seg y 0.30 m/seg. Para lo anterior se recomienda tener una pendiente de 0.044.

$$m = \frac{dy}{dx} = \frac{0.20m}{4.50m} = 0.044$$

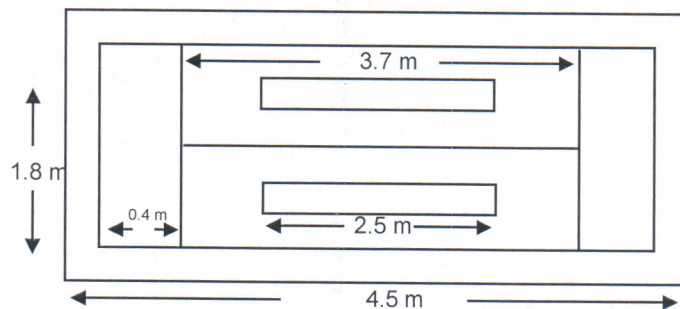
en donde:

m= pendiente.

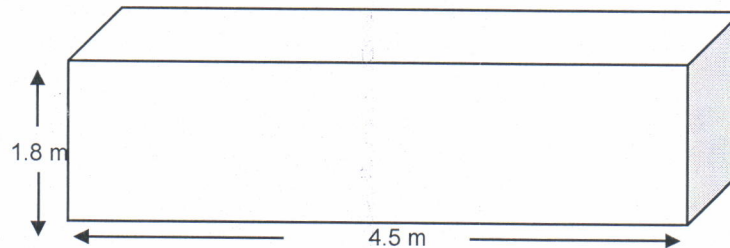
dy= diferencia entre cotas.

dx= Largo de la estructura.

Vista de planta



Vista de elevación



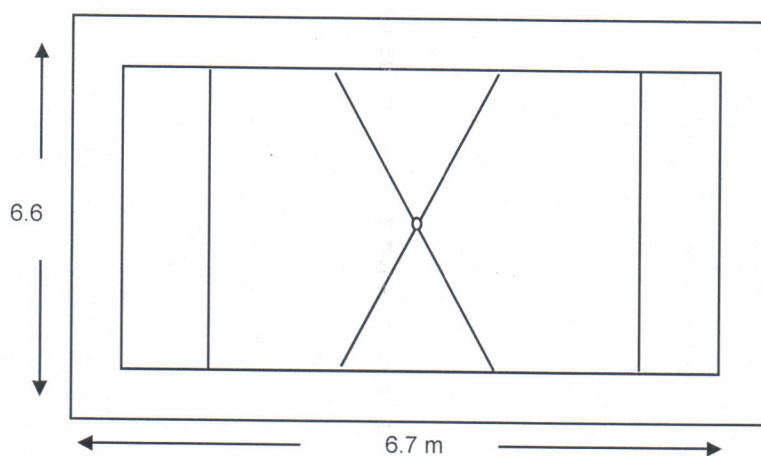
#### 4.9. Sedimentador

La sedimentación es un proceso físico de separación por gravedad que está en función de la densidad del líquido, del tamaño, del peso específico y de la morfología de las partículas presentes dentro del agua residual. Según los análisis obtenidos en la muestra de agua residual extraída de la red de drenaje general interne, la escuela produce 250 mg/L de solidos suspendidos. Se espera que, en el trayecto del agua residual dentro del sistema, hasta este punto esta cantidad sea reducida en su totalidad y el agua expulsada del sedimentador únicamente el material necesario para realizar el proceso de oxidación aerobia.

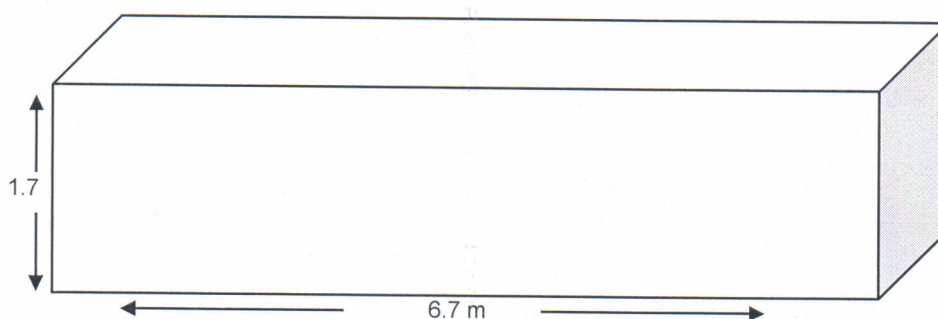
El sistema de tratamiento cuenta con dos sedimentadores, uno junto al desarenador para disminuir la cantidad de material y otro inmediatamente después del sistema aerobio. Los sistemas de sedimentación se calculan según los siguientes parámetros:

Sedimentador primario	
Flujo total	438.9 m <sup>3</sup> /día
Tasa de sobre flujo	20 m <sup>3</sup> /día m <sup>2</sup>
Tiempo de retención	8 horas
Volumen	73.2 m <sup>3</sup>
Velocidad	0.014 m/min
Altura	1.7 m
Ancho	6.6 m
Profundidad	6.7 m
Carga	109.28 m <sup>3</sup> /día

Vista de planta



Vista de elevación



#### 4.10. Tratamiento aerobio

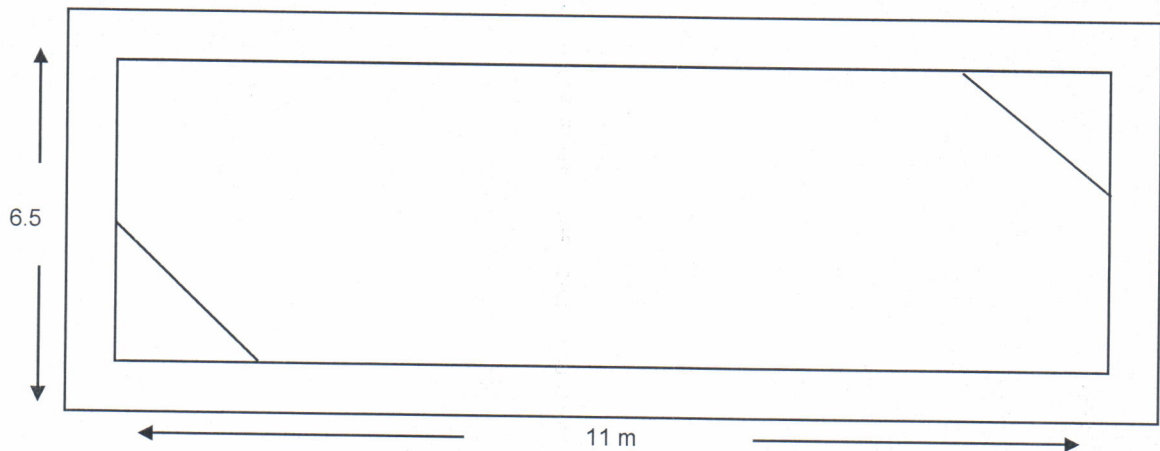
En esta fase de tratamiento ocurren procesos biológicos que permiten la depuración de origen natural en la que microorganismos son capaces de tratar el agua contaminada y devolverla a su estado natural. Para este proceso es necesario contar con un tratamiento

aerobio con lodos activados; a través de la aireación prolongada y la recirculación de lodos activados, se eliminan las sustancias biodegradables que están disueltas en el agua residual.

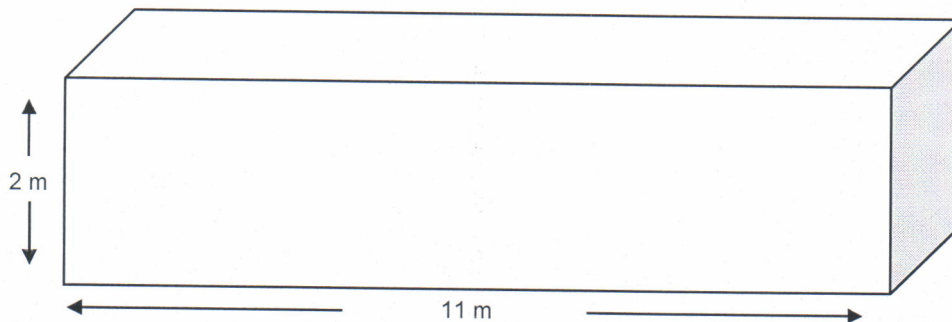
Esta fase cuenta con dos bombas tipo venturi con silenciador y su filtro, para producir una agitación y aireación al agua residual. Uno de los productos como resultado de este tipo de tratamiento son los llamados lodos activados, una parte de los lodos producidos se encuentra en una circulación constante, otra parte de estos lodos puede ser utilizada como abono orgánico para plantas forestales, después de un proceso de deshidratación natural.

Tratamiento aerobio	
Flujo total	438.9 m <sup>3</sup> /día
Tiempo de retención	8 horas
Volumen	125 m <sup>3</sup>
DBO actual	249 Mg/L
Altura	2 m
Ancho	6.5 m
Largo	11 m
Carga	109.28 m <sup>3</sup> /día

Vista de planta:



Vista de elevación:



#### 4.11. Canal Parshall

El medidor Parshall es una estructura que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal determinado. Los medidores parshall son identificados de acuerdo al ancho de su garganta. Esta herramienta se caracteriza por su versatilidad en el momento de la fabricación, pudiéndose fabricar de diversos materiales como láminas de metal, madera o fibra de vidrio. En el caso de la planta, el canal Parshall estará construido con bloques de concreto reforzado para mayor durabilidad.

El canal parshall consta de cuatro partes esenciales para su funcionamiento:

- Transición de entrada
- Sección convergente
- Garganta
- Sección divergente

En la transición de entrada es conveniente elevar el piso sobre el fondo original del canal, con una pendiente aproximada de 1 pulgada, hasta comenzar la sección convergente, con paredes que van cerrándose en línea recta, debido a que el aforador Parshall es una reducción de la sección del canal, que obliga al agua a elevarse o a remansarse para luego volver a descender hasta el nivel inicial sin el aforador.

En este proceso se presenta una aceleración del flujo que permite establecer una relación matemática entre la altura de carga o elevación que alcanza el agua y el caudal que circula a través del dispositivo.

En el caso específico de la planta de tratamiento interna, tomando en cuenta los resultados del monitoreo de agua residual se determinó que el ancho de la garganta del sistema óptimo es de 9 pulgadas (Manual de hidráulica).

##### 4.11.1 Dimensiones del medidor Parshall

El flujo mínimo y máximo establecido en el análisis de monitoreo se ve reflejado en el siguiente cuadro:

Caudal	Dimensión
Máximo	5.08 L/seg
Mínimo	2.31 L/seg
Promedio	3.69 L/seg

Las mediciones de caudal son necesarias en servicios de abastecimiento de agua o bien como es el caso para esta planta, mantiene un control sobre el flujo de ingreso a la planta de tratamiento trabajando a una descarga libre.

##### 4.11.2 Punto de medición

El punto se encuentra ubicado en la gráfica a 2/3 de la dimensión B en relación a la dimensión A. En este punto se mide el tirante de agua con una regla o se instala junto a la pared una escala para lecturas. Otra opción puede ser al colocar un tubo o manguera comunicando el nivel del agua a un pozo lateral de medición, en donde se puede colocar una boya adherida a una varilla metálica que indique la altura o sirva como transmisión de un sistema eléctrico a distancia.

Cualquiera de las opciones es viable para determinar el caudal de ingreso a la planta, cada una con características que facilitan al operador en el momento de realizar la lectura.

Una de las principales ventajas del medidor Parshall es que posee un flujo libre y constante de agua, por lo que no presenta problemas de obstrucción con elementos arrastrados por corriente. Otro punto positivo es el que, al ser la velocidad de la garganta mayor a la velocidad de aproximación, no existe la posibilidad de sedimentaciones que afecten las mediciones.

La fórmula para el cálculo del caudal se representa como:

$$Q=KH^n$$

En donde:

Q= Caudal

K= Coeficiente según dimensión de canal

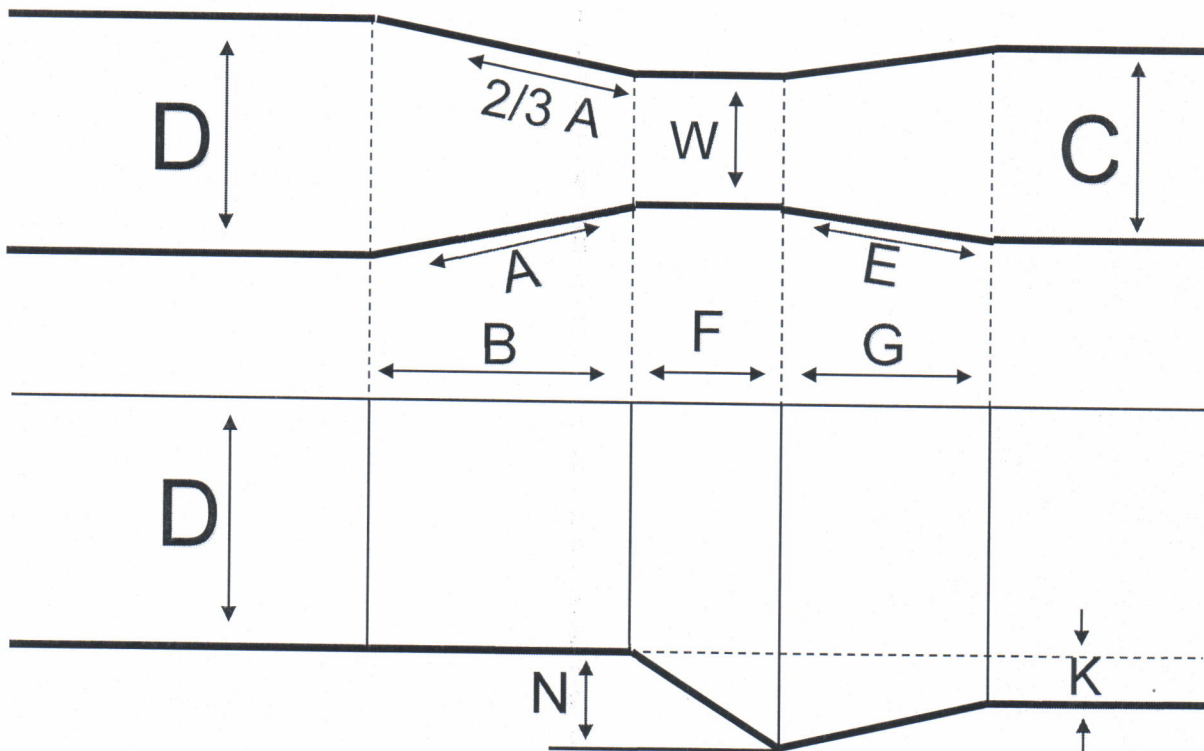
H= Lectura de altura

n= Constante según dimensión del canal

Con los datos estimados para el ancho de la garganta (9 pulgadas) los elementos K y H quedan representados dentro de la fórmula de la siguiente manera:

$$Q=0.690H^{1.522}$$

A continuación, el detalle del diseño del canal Parshall para la PTAR:



Dimensiones del sistema Parshall en cm

A	B	C	D	E	F	G	K	N
88	86.4	38	57.5	61	30.5	45.7	7.6	11.4

#### 4.12. Patio de secado de lodos

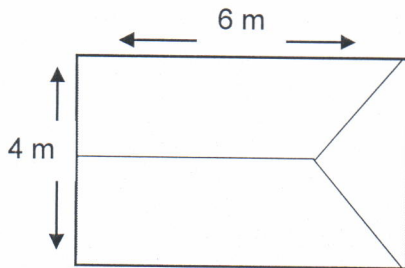
Su función es secar a la intemperie los lodos digeridos en el digestor. En los patios de secado se llevan a cabo dos procesos físicos: A) Evaporación del agua contenida en el lodo por exposición del mismo a los rayos solares. B) Filtración del agua a través de un lecho filtrante. En los patios de secado se construye una capa superior de arena pómez y otra de grava, de manera que el agua pueda filtrarse con facilidad. El lodo secado se puede utilizar como abono para cultivos maderables. El agua filtrada se recoge por medio de un drenaje francés que deberá estar conectado al sedimentador secundario o en su defecto tener un contenedor de agua.

El lodo generado por día es de aproximadamente 53.33 L, de acuerdo a la carga orgánica que presenta la muestra extraída del drenaje principal. Por lo que, el lodo deberá ser extraído a cada 3 meses. Esto con la finalidad de mantener los niveles de oxidación dentro del reactor en un funcionamiento óptimo.

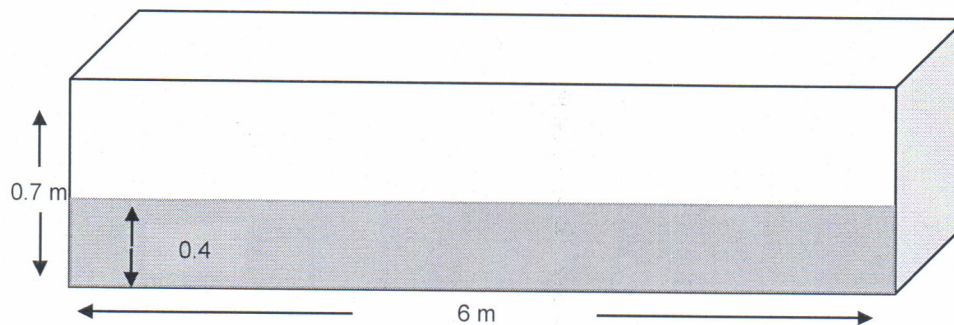
Aproximadamente se extraerán 21 m<sup>3</sup> de lodos, durante los tres meses de operación del reactor, esto equivale aproximadamente a 71 quintales de abono, producidos durante los tres meses de tratamiento al agua residual.

El patio debe tener las siguientes dimensiones para darle tratamiento a los lodos extraídos:

Diseño a nivel de planta



Diseño de perfil



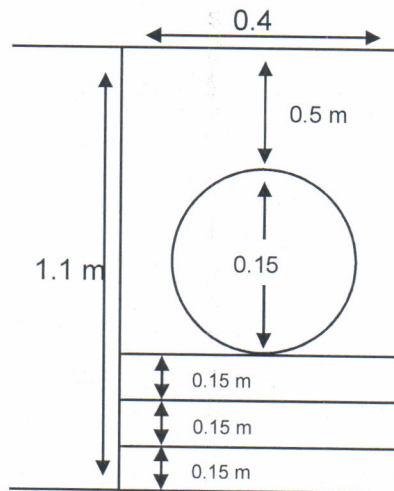
La altura máxima de lodos dentro del patio de secado es de 40 centímetros, esto permitirá una mejor filtración del calor solar y facilitará la deshidratación de los lodos provenientes del sistema de tratamiento.

El sistema debe contar con dos patios de secado que permitirán agilizar el proceso de secado de lodos. Son necesarios entre 8 y 15 días aproximadamente para llevar a cabo el proceso de deshidratación de lodos y obtener abono orgánico, para posteriormente reutilizarlo.

#### 4.13. Diseño de drenaje francés

El drenaje francés es una herramienta común para filtrar agua, básicamente se construye a través de una zanja no mayor a 1.5m, utilizando una tubería perforada sobre una cama de grava y arena pómez.

El tubo de PVC de 6", es agujerado en forma de anillos con una separación de 0.2m y el ancho de los agujeros es de entre 1 y 1.5 centímetros; esto agiliza la filtración y evita la acumulación de sedimentos dentro del sistema. A continuación, se presenta un diagrama con las especificaciones de cada medida dentro del drenaje.



Se espera que el drenaje reciba aproximadamente 58 litros/día, por lo que, ocupara un largo de 12 metros, para asegurar que toda el agua sea filtrada en el sistema. El sistema cuenta con una capa de filtro que se deriva en tres fases, cada una con 15 centímetros de espesor. La primera fase está compuesta por grava de 1"; la segunda fase está compuesta por grava de  $\frac{3}{4}$  y la última fase compuesta por arena pómez.



## 5 Estudio Técnico de Aguas Residuales

En el marco del Acuerdo Gubernativo 236 – 2006 que habla sobre las descargas y reúso de aguas residuales, promueve el mejoramiento de la calidad de agua, principalmente en las instituciones de gobierno. La Escuela Nacional Central de Agricultura forma parte de este compromiso ambiental, desde el 2007 en conjunto con la Municipalidad de Villa Nueva.

La Escuela busca renovar el compromiso ambiental de tratar sus aguas residuales a través de la construcción de una planta de tratamiento ubicada dentro de la escuela, a un costado del área de producción animal. Las aguas que se generan son encausadas a la planta de tratamiento de la municipalidad de Villa Nueva, a través de un acuerdo interinstitucional. Esta planta recibe las aguas producidas por toda la finca Bárcena y las instalaciones no cuentan con la infraestructura para darle el tratamiento a la demanda total del caudal producido.

El presente documento está elaborado con la finalidad de identificar y evaluar los límites permisibles de los parámetros que identifica el acuerdo. De este modo se pretende establecer mejoras que permitan el funcionamiento de la planta de manera óptima y eficiente según la meta establecida por el mismo acuerdo para el año 2020. Así mismo generar información sobre los parámetros que tengan un impacto en el ambiente.

Los análisis previos como de calidad y cantidad de agua forman una parte vital en el presente estudio, ya que, a través de estos se forja el diseño estructural y determina la capacidad de la planta.

### 5.1. Información general

#### 5.1.1 Datos generales del representante legal

De acuerdo al artículo 7 de la Ley Orgánica de la ENCA, Decreto 51-86 del Congreso de la República de Guatemala, La representación legal de la ENCA la tiene el Presidente del Consejo Directivo, y podrá delegarla en el Director de la misma. Dicha representación podrá ejercitarse con junta o separadamente. A continuación, se presentan todos los datos correspondientes al Representante legal de la ENCA, y proponente de este estudio

Nombre del Representante Legal: Ing. Agr. Cesar Vinicio Arreaga Morales.

Nacionalidad: guatemalteca.

Documento de identificación: DPI (Documento Personal de Identificación), extendido por el Registro Nacional de las Personas RENAP, de la República de Guatemala.

Dirección para recibir notificaciones: Escuela Nacional Central de Agricultura ENCA, km. 17.5 Carretera a Bárcena, Villa Nueva, Guatemala.

Teléfono: 6665-13445

El señor Cesar Vinicio Arreaga Morales actúa en calidad de representante legal, con base al nombramiento contenido en la resolución del Consejo Directivo de la ENCA, número cero dos guion cero ciento dieciséis (02-0116), de fecha once de enero del año dos mil dieciséis, implícita en el Acta número cero uno guion dos mil dieciséis (01-2016) y de conformidad con el artículo siete de la Ley Orgánica de la ENCA, Decreto número cincuenta y uno guion ochenta y seis (51-86) del Congreso de la República y sus Reformas, reafirma el compromiso ambiental adoptado por la ENCA, con lo cual se dará cumplimiento a las leyes nacionales vigentes en dicha materia.

## 5.2. Legislación aplicable

### 5.2.1 Constitución Política de la República de Guatemala

Artículo 30.- Publicidad de los actos administrativos. Todos los actos de la administración son públicos. Los interesados tienen derecho a obtener, en cualquier tiempo, informes, copias, reproducciones y certificaciones que soliciten y la exhibición de los expedientes que deseen consultar, salvo que se trate de asuntos militares o diplomáticos de seguridad nacional, o de datos suministrados por particulares bajo garantía de confidencia.

Artículo 97.- Medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

Artículo 126.- Los bosques y la vegetación en las riberas de los ríos y lagos, y en las cercanías de fuentes de agua, gozarán de especial protección.

### 5.2.2 Ley del Organismo Ejecutivo Decreto 114-97

Artículo 29 "bis".- Al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales le corresponde formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo: cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.

### 5.2.3 Acuerdo Gubernativo 236-2006 "Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos

Artículo 5. Estudio Técnico. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas o no a un cuerpo receptor o al alcantarillado público tendrán la obligación de preparar un estudio avalado por técnicos en la materia a efecto de caracterizar efluentes, descargas, aguas para reúso y lodos.

### 5.2.4 Acuerdo Ministerial Número 105-2008

Aplicación del Acuerdo Ministerial en los ítems que apliquen.

### 5.2.5 Código de Salud Decreto 90-97

Artículo 80.- Protección de las fuentes de agua. El Estado, a través del Ministerio de Salud, en coordinación con las instituciones del Sector, velará por la protección, conservación, aprovechamiento y uso racional de las fuentes de agua potable. Las Municipalidades del país están obligadas como principales prestatarias del servicio de agua potable, a proteger y conservar las fuentes de agua y apoyar y colaborar con las políticas del Sector, para el logro de la cobertura universal dentro su jurisdicción territorial, en términos de cantidad y Calidad del servicio

### 5.2.6 Código Penal

Artículo 347 "A". - Contaminación. Será sancionado con prisión de uno a dos años y multa de trescientos a cinco mil quetzales, el que contamine el aire, el suelo o las aguas, mediante emanaciones tóxicas, ruidos excesivos, vertiendo sustancias peligrosas o desechos productos que puedan perjudicar a las personas, a los animales, bosques o plantaciones. Si la contaminación se produce en forma culposa, se impondrá multa de doscientos a mil quinientos quetzales.

Artículo 347 "B". - Contaminación Industrial. Se impondrá prisión de dos a diez años y multa de tres a diez mil quetzales, al Director, Administrador, Gerente, Titular o beneficiario de una explotación industrial, la contaminación del aire, el suelo o las aguas mediante emanaciones tóxicas, ruidos excesivos, vertiendo sustancias peligrosas o desechando productos que puedan perjudicar a las personas, animales, bosques o plantaciones.

### 5.2.7 Código Civil

Artículo 465.- Abuso del Derecho. El propietario, en ejercicio de su derecho, no puede realizar actos que causen perjuicio a otras personas y especialmente en sus trabajos de explotación industrial, está obligado a abstenerse de todo exceso lesivo a la propiedad del vecino.

Artículo 466.- Derecho del Perjudicado. El que sufre o está amenazado con un daño porque otro se exceda o abuso en el ejercicio de su derecho de propiedad, puede exigir que se restituya al estado anterior, o que se adopten las medidas del caso, sin perjuicio de la indemnización por el daño sufrido.

### 5.2.8 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto 68-86)

Capítulo II Del sistema hídrico. Artículo 15.- El Gobierno velará por el mantenimiento de la cantidad del agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, por lo que emitirá las disposiciones que sean necesarias y los reglamentos correspondientes para: a) Evaluar la calidad de las aguas y sus posibilidades de aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas; b) Ejercer control para que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental; c) Revisar permanentemente los sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental y fijar los requisitos; d) Determinar técnicamente los casos en que debe producirse o permitirse el vertimiento de residuos, basuras, desechos o desperdicios en una fuente receptora, de acuerdo a las normas de calidad del agua; e) Promover y fomentar la investigación y el análisis permanente de las aguas interiores, litorales y oceánicas, que constituyen la zona económica marítima de dominio exclusivo; f) Promover el uso integral y el manejo racional de cuencas hídricas, manantiales y fuentes de abastecimiento de aguas; g) Investigar y controlar cualquier causa o fuente de contaminación hídrica para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies; h) Propiciar en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para mantener la capacidad reguladora del clima en función de cantidad y calidad del agua; i) Velar por la conservación de la flora, principalmente los bosques, para el mantenimiento y el equilibrio del sistema hídrico, promoviendo la inmediata reforestación de las cuencas lacustres de ríos y manantiales; j) Prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares de Guatemala; k) Investigar, prevenir y controlar cualesquiera otras causas o fuentes de contaminación.

hídrica.

Capítulo III De los sistemas lítico y edáfico. Artículo 16.- El organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos relacionados con: a) Los procesos capaces de producir deterioro en los sistemas lítico (o de las rocas y minerales), y edáfico (o de los suelos), que provengan de actividades industriales, minerales, petroleras, agropecuarias, pesquera u otras; b) La descarga de cualquier tipo de sustancias que puedan alterar la calidad física, química o mineralógica del suelo o del subsuelo que le sean nocivas a la salud o a la vida humana, la flora, la fauna y a los recursos o bienes; c) La adecuada protección y explotación de los recursos minerales y combustibles fósiles, y la adopción de normas de evaluación del impacto de estas explotaciones sobre el medio ambiente a efecto de prevenirlas o minimizarlas. d) La conservación, salinización, laterización, desertificación y aridificación del paisaje, así como la pérdida de transformación de energía; e) El deterioro cualitativo y cuantitativo de los suelos; f) Cualquiera otras causas o procesos que puedan provocar deterioro de estos sistemas.

### 5.3. Descripción de la actividad

La ENCA es una entidad que tiene la finalidad de promover actividades que fortalezcan en los alumnos un uso adecuado de los recursos, así como comercialización e industrialización de productos agropecuarios en un enfoque sostenible y sustentable.

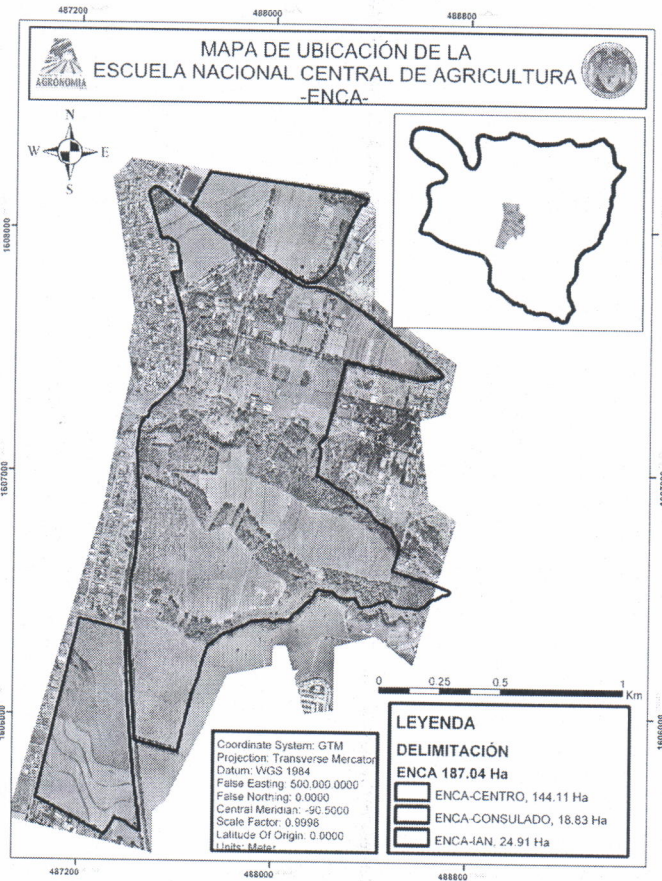
La ENCA cuenta con diferentes edificios para realizar las actividades académicas y productivas, para ello dentro de las instalaciones cuenta con un sistema de drenaje que actualmente desfoga en la planta de tratamiento que se mantiene como acuerdo con la municipalidad de Villa Nueva. La ENCA brinda el servicio de vivienda estudiantil, lo cual, sumado con el resto de servicios que la Escuela presta a la sociedad, genera un caudal aproximado de 5.08 L/seg. La escuela actualmente busca darles tratamiento a las aguas residuales producidas dentro del casco de la escuela y cubrir así todas las actividades que generan este tipo de desecho.

### 5.4. Alcances

El propósito principal de éste estudio es realizar una descripción de actividades relacionadas con la descarga de aguas residuales producidas dentro del casco urbano de la escuela y llevar a cabo un análisis en los parámetros Microbiológicos, físico químicos y metales pesados de las aguas residuales, para establecer el impacto que estas atribuyen al ambiente, utilizando como base el Acuerdo Gubernativo 236-2006. Así mismo una descripción de las actividades en los sistemas de tratamiento actuales de la planta ya en función, la cual le brinda tratamiento a aproximadamente la mitad del caudal general de ingreso.

### 5.5. Localización

La ENCA colinda hacia el Norte con San José Villa Nueva, hacia el suroeste con la colonia Ulises Rojas, El Sureste con la colonia Santa Isabel II, al Noreste con San José Villa Nueva, hacia el Sur con las residenciales Alamedas de Santa Clara y el Noreste con la aldea Bárcena. Para poder llegar a la finca, su acceso es a través de la carretera que conduce hacia Bárcena ED-16, la cual se comunica con la autopista C-9 carretera al pacífico.



### 5.6. Situación Legal del terreno y localización de la institución

Según la constancia otorgada por el registro General de la Propiedad de la República de Guatemala, el terreno donde se establece la ENCA, se halla inscrita en la finca número ciento cuarenta y uno (141), Folio ciento cuarenta y uno (141), y libro dos mil ochocientos noventa (2890).

El área total adjudicada es de un millón, cuatrocientos veinticinco mil, trescientos dieciocho metros cuadrados (1,425,318.00 m<sup>2</sup>) y se encuentra establecida en el kilómetro diecisiete punto cinco, carretera a Bárcenas del municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala.

### 5.7. Horario de descarga

Por la naturaleza de las actividades de la escuela, las aguas residuales generadas dentro del casco son generadas principalmente de 5:00 am a 2:00 pm, dichas actividades se distribuyen en el año dependiendo la cantidad de estudiantes, así se le atribuye el volumen del caudal, por lo que se considera una descarga anual discontinua. La capacidad instalada para estudiantes es de 635 alumnos, dato que va variando en el transcurso del año. Se prevé que para el 2020 el número de estudiantes se duplique por la construcción de tres edificios de residencias.

El diseño contempla las horas pico de 10:00 am a 12:00 pm.

### 5.8. Descripción de tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales producidas por la escuela principalmente son del tipo ordinario, dentro de la red de drenaje se vierten las aguas servidas en los servicios de lavandería y comedor.

Se estima un horizonte de 20 años, con base a la capacidad de carga determinada. Con base a lo anterior, se consideró compatible la creación de un sistema de tratamiento para las aguas producidas dentro del casco, con el objetivo de proporcionar un procedimiento efectivo previo a el desfogue de las aguas al río Platanitos.

#### 5.9. Características del diseño

La planta de tratamiento de aguas residuales que se encuentra ubicada dentro de las instalaciones de la ENCA, presenta características de funcionamiento según se menciona a continuación:

#### 5.10. Métodos físicos

##### *Fase de Cribado*

- Separación de sólidos a través de rejillas de metal.
- Desarenador: Consiste en la retención de arena por diferencia de peso, con la finalidad que esta no obstaculice el proceso de tratamiento.
- Sedimentación primaria: Separación de sólidos sedimentables para disminuir la concentración de sólidos suspendidos.

##### *Fase biológica*

- La fase biológica se lleva a cabo a través de un reactor aeróbico, el cual, aprovecha la capacidad de determinados microorganismos de asimilar la materia orgánica y los nutrientes disueltos en el agua residual a tratar para su propio crecimiento.
- La fase termina con un sistema de clarificación, en la que el agua recibe una cantidad de cloro para desinfectar el agua y hacerla potable.

La planta posee una estructura para cada proceso de tratamiento y recibe el caudal producido en la ENCA, como también recibe el caudal producido en la finca Bárcena. La planta no posee la capacidad de instalación para darle tratamiento adecuado a la demanda producida por todo el sector beneficiado.

#### 5.11. Caracterización del efluente de aguas residuales

Los análisis de aguas residuales se realizaron en el Laboratorio Ecológico y Químico S.A. (ECOQUIMSA), se describen los resultados que se obtuvieron del análisis del efluente para las muestras de agua residual obtenidas puntualmente de la caja de monitoreo ubicada en el ingreso a producción animal.

Fecha de monitoreo: 26 de julio de 2019.

Muestra de agua Residual

Cuadro 1. Resultados de análisis de agua residual.

PARÁMETROS	GENERAL	LMP	dimensional
Grasas y aceites	29	10	Mg/L
Materia flotante	Ausente	Ausente	Presente - Ausente
DBO	249	100	Mg/L - O <sub>2</sub>
DQO	619		Mg/L - O <sub>2</sub>
Relación DQO/DQO	2.5		---

Sólidos suspendidos	250	100	mg/L
Nitrógeno total	48.7	20	mg/L – N
Fósforo total	8.7	10	mg/L – P
pH	6.43	6 a 9	---
Coliformes fecales	5.4X10 <sup>6</sup>	1x10 <sup>4</sup>	NMP/100mL
Arsénico	0.0036	0.1	mg/L – As
Cadmio	<0.008	0.1	mg/L – Cd
Cianuro total	<0.04	1	mg/L – CN <sup>-</sup>
Cobre	0.042	3	mg/L – Cu
Cromo VI	<0.025	0.1	mg/L – Cr
Mercurio	<0.0006	0.01	mg/L – Hg
Níquel	<0.155	2	mg/L – Ni
Plomo	<0.09	0.4	mg/L – Pb
Zinc	0.546	10	mg/L – Zn
Color	96	500	U Pt-Co

### 5.12. Análisis y discusión de resultados de laboratorio

Los resultados reflejan que el agua contiene contaminantes que afectan el ambiente, entre estos se mencionan coliformes totales y nitrógeno principalmente. Por lo que se necesita un manejo de aguas residuales provenientes del casco de la Escuela.

Los resultados demuestran de que existe una demanda biológica de oxígeno deficiente, con la necesidad de un tratamiento mínimo, para estar dentro del límite máximo permisible.

El plan de tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo mejorar la calidad del agua recibida de la red general de drenaje interno, así como también darle un tratamiento primario al agua desde el punto de origen y de esta manera bajar concentraciones de cada parámetro y optimizar los procesos de tratamiento de agua residual.

En conclusión, el agua que resulta de todos los procesos productivos dentro de la escuela se encuentra en la mayoría de los parámetros máximos permisibles dentro de un rango aceptable, no obstante, es necesario aplicarle el tratamiento correcto para asegurar que no exista ningún impacto en el ambiente.

### 5.13. Determinación de la carga orgánica

La escuela genera un flujo constante de agua residual con un caudal aproximado de 5.08 litros/segundo, con una demanda bioquímica de oxígeno de 249 mg/L.

Determinación de caudal:

$$\text{Caudal} = \frac{5.08 \text{ L}}{\text{seg}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 438.91 \text{ m}^3/\text{día}$$

Determinación de la concentración:

$$\text{Concentración} = \frac{249 \text{ mg}}{\text{l}} * \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 0.249 \text{ kg/m}^3$$

Determinación de la carga orgánica

$$\text{Carga orgánica} = (438.91 \text{ m}^3/\text{día}) * (0.249 \text{ kg/m}^3) = 109.29 \text{ kg/1m}^3$$

La carga orgánica determinada es de 109.29 Kg/m<sup>3</sup>, la cual se encuentra por debajo de los límites permitidos expuestos por el acuerdo Gubernativo 236-2006. Por otro lado, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se encuentra por encima del límite con 249 mg/litro.

#### 5.14. Caracterización de aguas para reúso

No aplica. Debido a que las aguas resultantes producto del tratamiento realizado por la planta, serán dispuestas en el cauce del Río Platanitos, favoreciendo la recarga hídrica del nivel freático de la zona.

#### 5.15. Caracterización de lodos a disponer

No aplica. Debido a que los lodos que producen por efecto del tratamiento realizado por la planta, son extraídos, recolectados y transportados hacia un patio de secado que se encuentra dentro del perímetro de la ENCA. Dicha extracción de lodos se realiza como mínimo cuatro veces al año.

#### 5.16. Identificación del ente receptor

Las aguas residuales provienen de las actividades producidas dentro del casco de la ENCA, posterior a su tratamiento, son canalizadas hacia el cauce del Río Platanitos.

#### 5.17. Parámetros exentos de medición y su justificación respectiva

Con base a los resultados de los análisis de agua, establecen que, los parámetros de: Cadmio, Cianuro, Cromo Hexavalente, Mercurio, Níquel y Plomo se encuentran exentos de evaluación, ya que no se detectaron en el análisis de laboratorio. Esto es debido a que las muestras son principalmente de origen doméstico.

#### 5.18. Informe de resultados analisis de drenaje general

El análisis realizado en el punto de monitoreo de la red de drenaje general de aguas residuales producidas dentro de la ENCA, fue de forma compuesta, es decir, se tomaron varios segmentos de la muestra (uno por hora). El análisis en el muestreo determino los siguientes resultados:

##### 5.18.1 Parámetros físico quimicos

###### *Grasas y aceites*

El resultado de grasas y aceites vertidos en la muestra de agua residual es de 29mg/L, el límite máximo permisible según el acuerdo es de 10mg/L.

###### *Materia flotante*

No se encontró materia flotante en la muestra de agua residual.

###### *Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)*

Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales. De acuerdo al análisis realizado se encontró una DBO de 249mg/L, que se encuentra por encima del límite máximo permitido que es de 100mg/L.

###### *Demanda Química de oxígeno (DQO)*

Este factor suele ser siempre mayor a la DBO en un agua residual debido a que es mayor el número de compuestos que poseen una oxidación por la reacción a un material químico. El resultado del análisis refleja una cantidad de 519mg/L, superior al límite máximo permisible.



#### *Relación DQO/DBO*

La relación de la DQO/DBO se encuentra en 2.5

#### *Sólidos suspendidos*

Son partículas con densidad menor a la del agua, que permanecen suspendidas debido al movimiento del agua residual. La cantidad de sólidos suspendidos en la muestra es de 250mg/L, el límite máximo permisible es de 100mg/L.

#### *Nitrógeno total*

Los resultados del análisis demuestran que la cantidad de nitrógeno total es de 48.7 mg/L, siendo este menor al límite máximo permisible que es de 20 mg/L.

#### *Fósforo total*

Los resultados del análisis demuestran que la cantidad de fósforo total es de 8.7 mg/L, por arriba del límite máximo permisible que es de 10 mg/L.

#### *pH*

El potencial de hidrógeno en la muestra es de 6.43, lo cual indica un agua residual pH óptimo.

#### *Color*

La coloración en la muestra extraída de los edificios de residencias presentó poca coloración, reflejada en el resultado del análisis en 96 u Pt-Co, siendo el límite máximo permitido de 500 u Pt-Co.

#### *coliformes*

El resultado de este parámetro es de  $5.4 \times 10^6$ , dato que se encuentra por encima del límite de  $1.0 \times 10^4$  unidades en 100 mL.

#### *Arsénico*

El arsénico es uno de los elementos más peligrosos que existen en el agua según la OMS, los análisis en la muestra de agua determinan que existe 0.0036mg/L y lo máximo permisible es de 0.1mg/L, por lo que no existe ningún riesgo de contaminación.

#### *Cadmio*

El cadmio es un metal pesado altamente tóxico, se determinó que existe en la muestra una cantidad menor a 0.008mg/L y lo máximo permisible es de 0.1mg/L.

#### *Cobre*

El cobre es un metal pesado que tiene la capacidad de inhibir el tratamiento biológico de las aguas residuales. El resultado del análisis determino que existen 0.042mg/L por debajo de lo permisible, siendo 3mg/L.

#### *Cianuro*

El cianuro es una sustancia que puede tóxica que puede llegar a ser letal en cantidades concentradas, según el análisis realizado existe menos de 0.04mg/L por debajo del límite máximo permisible que es de 1mg/L

#### *Cromo (VI)*

El cromo hexavalente es un metal pesado presente de forma natural en rocas, plantas y en animales. La cantidad presente en la muestra es menor a 0.0025mg/L, menor al límite permisible de 0.1mg/L.

#### *Mercurio*

El mercurio es un elemento presente en el agua residual altamente tóxico incluido en la lista de sustancias peligrosas prioritarias según la Unión Europea. La cantidad de mercurio presente en la muestra es menor a 0.0006mg/L, por debajo del límite máximo permisible de 0.01mg/L.

#### *Niquel*

Es un metal que en altas concentraciones inhibe el tratamiento biológico al agua residual. En la muestra de agua residual resultó que existe una cantidad menor a 0.155mg/L, estando por debajo del límite máximo permisible de 2mg/L

#### *Plomo*

El plomo puede encontrarse en el agua de manera antropogénica debido a las actividades humanas como, la quema de combustibles fósiles y la minería. Este es un elemento toxico y acumulativo con baja presencia en la muestra de agua menor a 0.09mg/L, siendo el límite máximo permisible de 0.4mg/L.

#### *Zinc*

El zinc es un elemento presente en el agua residual que en grandes cantidades puede incrementar la acidez de las aguas. La cantidad de zinc en la muestra es de 0.546mg/L y el límite máximo permisible es de 10mg/L.

### 5.19. Plan de gestión de aguas residuales

En este plan de Gestión de Aguas Residuales, se presentan las especificaciones requeridas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-, que se establecen en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 “REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS”, tomando en cuenta las operaciones y acciones propuestas, con el objetivo de poder asegurar que la planta de tratamiento opere dentro de las normas locales en el ámbito legal, técnico y ambiental, haciendo énfasis en los impactos positivos y negativos para la aplicación de medidas preventivas y/o correctivas según correspondan.

### 5.20. Parámetros críticos

Los parámetros críticos se encuentran comprendidos por; Grasas y aceites, DBO, DQO, solidos suspendidos, Nitrógeno y coliformes fecales respectivamente, por lo que se debe llevar a cabo una planta de tratamiento que pueda reducir progresivamente la concentración actual de dichos parámetros y que pueda funcionar durante el horizonte del proyecto, tomando en cuenta los proyectos de vivienda que se esperan en los siguientes años.

Cuadro 2. Parámetros críticos

PARÁMETROS	GENERAL	LMP	dimensional
Grasas y aceites	29	10	Mg/L
DBO	249	100	Mg/L – O <sub>2</sub>
DQO	619		Mg/L – O <sub>2</sub>
Relación DQO/DQO	2.5		---

Sólidos suspendidos	250	100	mg/L
Nitrógeno total	48.7	20	mg/L – N
Coliformes fecales	5.4X10 <sup>6</sup>	1x10 <sup>4</sup>	NMP/100mL

En base a los análisis realizados se puede establecer siete parámetros que no cumplen con los límites establecidos para el año 2020 del Acuerdo Gubernativo. Esto nos indica las principales líneas de acción de la planta de tratamiento dentro de la ENCA.

## 5.21. Mantenimiento del sistema

### 5.21.1 Generalidades

La planta de tratamiento cuenta con un sistema de manejo y operación fácil. La operación y mantenimiento del sistema puede ser manejado manualmente por al menos un operador. Sin embargo, es importante hacer resaltar que la omisión de cualquier actividad relacionada con la operación, abandono o descuido en la misma pueden provocar el colapso del sistema, ocasionando entre otras cosas problemas de concentraciones anaeróbicas, que eventualmente se verán reflejadas en la contaminación del área.

Como parte de la conservación y optimización del equipo y las estructuras en las operaciones de la planta, se debe tomar en cuenta un mantenimiento preventivo para evitar emergencias o fallas del sistema.

El programa de mantenimiento consiste en lo siguiente:

- Mantener un orden y aseo en el sistema de la Planta de tratamiento
- Establecer un plan sistemático de las operaciones cotidianas.
- Establecer un programa rutinario de inspección
- Llevar datos y registros de incidentes y condiciones operatorios deficientes.
- Observar las medidas sanitarias de seguridad.

Las recomendaciones que aquí aparecen son una guía que permitirá al operador conocer los principios generales de funcionamiento del sistema; sin embargo, el conocimiento y comprensión de cada proceso, la experiencia a lo largo del tiempo de operación y el buen sentido práctico son herramientas insustituibles; por lo que el operador se convierte en un elemento clave para la determinación del momento adecuado en que se deberá realizar cada operación.

### 5.21.2 Personal requerido

Para la realización de las tareas necesarias enfocadas en el mantenimiento y la operación óptima del sistema de tratamiento, se deberá designar a dos personas que trabajen durante la jornada laboral diurna y la jornada laboral nocturna. Estas personas deberán estar capacitadas para comprender el proceso de tratamiento y la función de cada uno de sus componentes

### 5.21.3 Equipo necesario

Para la realización de las tareas correspondientes al mantenimiento del sistema se requiere del siguiente equipamiento:

Una carretilla de mano, tres palas, tres cubetas de cinco galones, dos azadones, dos rastrillos de mango negro, pastillas de cloración, dos machetes, escobas, mascarillas, guantes de hule, botas de hule y overol de trabajo.

#### 5.21.4 Sistema de cribado

Se deberá darle mantenimiento a el sistema de rejillas al menos tres veces por semana, para prever el atascamiento de futuros tratamientos por materia flotante y materiales gruesos acumulados en la rejilla. No obstante, se deja a criterio del operador realizar las limpiezas cuando lo crea conveniente.

Al momento de extraer los materiales se recomienda dejarlos escurrir durante un tiempo prudente para posteriormente, retirarlos del área. De igual manera se deberá realizar limpieza del sistema del desarenador al menos una vez por semana. Se recomienda cerrar por completo la sección que se está limpiando y para no interrumpir el flujo en el diseño se propone la instalación de dos líneas de acceso por el desarenador.

#### 5.21.5 Cámara de aireación

Es importante mantener un control sobre los lodos que se producen, por lo que se recomienda al menos una vez al mes extraer los lodos de la recirculación para llevarlos posteriormente a una cámara de deshidratación ubicada dentro de la planta de tratamiento. Es importante que durante las inspecciones y las extracciones el operador utilice todas las medidas de seguridad y equipo, para evitar accidentes dentro de la planta.

#### 5.21.6 Sistema de bombeo

El sistema de bombeo se compone por dos bombas que inyectan aire al sistema anoxico, es importante mantener el control del estado de las bombas. Es recomendable realizar al menos una inspección mensual para extraer materia orgánica que se cuela de los sistemas anteriores.

#### 5.21.7 Clarificación

El sistema de clarificación cuenta con una cavidad en donde se encuentra el clorinador, es importante que el operador utilice el equipo adecuado para manipular este sistema.

#### 5.21.8 Labores de mantenimiento diario

- Revisar la caja de registro de rendimiento eléctrico. Esta debe chequearse al menos una vez por día. El monitoreo constante será de beneficio para que el equipo trabaje en óptimas condiciones.
- Retirar o extraer grasas y natas superficiales en el tanque de oxigenación que flotan en la superficie de esta cámara. Este ejercicio debe llevarse a cabo al menos una vez por mes.

### 5.22. Monitoreo y evaluación interna de implementación de PTAR

#### 5.22.1 Organización y ejecución

Las autoridades de la ENCA, serán los responsables de apoyar económicamente las labores que se desarrollarán durante la ejecución de la fase de sistemas complementarios para el tratamiento de las aguas residuales, así como el pago por el mantenimiento de las estructuras durante la fase de operación y las acciones que se lleven a cabo en la fase de abandono. Adicionalmente también se cancelará por los servicios de energía eléctrica

utilizada para alimentar los procesos de inyección de aire y los gastos en que se incurran en general.

#### 5.22.2 Seguimiento y vigilancia ambiental

Se deberá establecer un plan de monitoreo anual de aguas residuales y se basará en un seguimiento constante de los procesos que serán realizados durante la fase de operación. Así mismo se deberá dar orientación a las personas encargadas de la operación del sistema, para que cuenten con una clara definición de autoridad, responsabilidad, comunicación e información; teniendo conciencia de la importancia del trabajo de cada individuo y del equipo como tal. Se asegurará que, de aplicarse medidas correctivas en algún momento, estas se cumplirán con la participación de todos los involucrados en el proceso.

La ENCA, deberá contratar una persona profesional, con el objetivo de operar dentro del marco legal ambiental de Guatemala, esta será la encargada de coordinar y realizar un monitoreo ambiental general. El plan de monitoreo abordará aspectos de control y seguimiento de los parámetros establecidos en el acuerdo Gubernativo 236-2006 y se encontrará orientado a reducir dichos parámetros si estos se encontrasen arriba de lo establecido en dicha ley, evitando así que puedan producir un cambio significativo en el medio natural alterando las condiciones medioambientales de la línea base.

Dentro de los planes de monitoreo se deberán desarrollar indicadores con variables medibles, para cumplir con los requisitos de validez, objetividad, sensibilidad y especificidad.

#### 5.22.3 Indicadores propuestos

##### *Fase de construcción*

- Desechos de construcción en toneladas métricas/mes.
- Reciclaje y reutilización de materiales en %/mes.
- Volumen en metros cúbicos de agua/mes (utilizada en la construcción).
- Volumen en galones/día, (combustibles utilizados en la construcción).

##### *Fase de operación*

- Volumen de agua residual m<sup>3</sup>/día (efluente).
- Volumen de agua residual m<sup>3</sup>/día (afluente).
- DBO (Mg/L)
- Coliformes totales (NMP/100ml)
- pH

#### 5.22.4 Planteamiento de objetivos en la fase de construcción y operación

Los objetivos del seguimiento y vigilancia ambiental están planteados con base a los avances de lo establecido en el presente estudio técnico, a medida que se ejecuten las acciones correspondientes, las medidas se demuestran a continuación:

- Estimular acciones que lleven al cumplimiento de los requerimientos regulados por las leyes nacionales, bajo la directriz de un modelo sistemático de gestión ambiental específico.

- Establecer un procedimiento de monitoreo permanente durante el desarrollo de las actividades de construcción y operación, así mismo identificar y cuantificar su impacto potencial en el medio natural
- Establecer medios de verificación específicos, que permitan llevar un control metódico durante la toma de muestras de agua residual.

### 5.23. Plan de Monitoreo

El plan de monitoreo de aguas residuales, estará orientado a la evaluación permanente de los parámetros descritos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, estableciendo si las actividades que se desarrollan dentro de la escuela causarán algún tipo de daño o cambio en la dinámica del entorno natural, esto con el fin de poder generar información para la toma de decisiones encaminadas a crear líneas de acción inmediatas, que fomenten la conservación de los recursos naturales, y el cuidado del medio ambiente durante la descarga hacia el cuerpo receptor.

Las líneas de acción propuestas se encuentran orientadas principalmente en verificar el cumplimiento de los parámetros, con el propósito de generar información sobre el cumplimiento de las medidas adoptadas o bien de los inconvenientes encontrados para llevar a cabo la evaluación de las medidas correctivas correspondientes. La información recabada será sistematizada en informes que se emitirán periódicamente a las autoridades y entidades pertinentes.

Toda la información obtenida a través del plan de monitoreo será analizada y se definirán los puntos de muestreo más apropiados, así mismo se realizará el análisis de datos interpretación de las condiciones iniciales de la calidad de los diferentes parámetros, posteriormente se establecerá una periodicidad continua de muestreo, para garantizar un análisis constante de las condiciones del agua residual.

#### 5.23.1 Objetivo de los planes de monitoreo

##### *Objetivo general*

- Realizar un monitoreo constante de las condiciones del agua residual, durante el desarrollo de las fases de construcción, operación y abandono del proyecto, a fin de poder evaluar si se opera dentro de las regulaciones ambientales vigentes en Guatemala.

##### *Objetivos específicos*

- Identificar el cumplimiento del plan de monitoreo.
- Realizar informes semestrales de las condiciones del sistema de tratamiento, en laboratorios certificados.

#### 5.23.2 Parámetros de monitoreo

- Temperatura.
- Potencial de hidrógeno.
- Grasas y aceites.
- Materia flotante.
- Sólidos suspendidos totales.
- Demanda bioquímica de oxígeno.
- Demanda química de oxígeno.
- Nitrógeno total.

- Fósforo total.
- Arsénico.
- Cadmio.
- Cianuro total.
- Cobre.
- Cromo Hexavalente.
- Mercurio.
- Níquel.
- Plomo.
- Zinc.
- Color.
- Coliformes fecales.

Como una estrategia confiable se recomienda que la ENCA, conjunto con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN, realicen un programa de monitoreo para poder verificar el cumplimiento de lo establecido en el presente plan, mediante acciones coordinadas dentro del ámbito colaborativo interinstitucional.

## 5.24. Manejo

### 5.24.1 Aguas residuales de tipo ordinario

Estas son las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de la red de drenaje general de la ENCA.

Dentro de la planta se lleva a cabo el tratamiento de las aguas residuales generadas dentro del casco de la escuela, esta se encuentra conformada por los siguientes procesos:

#### *Tratamiento primario*

Consiste en retirar todo el material voluminoso que pueda llegar dentro de la red de drenaje. Generalmente está compuesta por una rejilla, un desarenador y un sedimentador primario.

#### Sistema de rejillas

El sistema de rejillas se utiliza para separar objetos de tamaño más importante que el de simples partículas que son arrastradas por la corriente de agua. Estas se construyen con barras metálicas dispuestas paralelamente para evitar el paso de sólidos. Es importante determinar los ciclos de limpieza en esta etapa.

#### Desarenador

El objetivo en esta etapa es eliminar las partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión y evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguientes. En esta fase es importante la existencia de un bypass, para drenar el agua hacia otro punto en caso de que la planta presente algún problema o de que simplemente necesite mantenimiento en cualquiera de las fases del tratamiento.

### *Sedimentador*

En esta etapa la materia orgánica es separada del agua por un proceso de diferencia de pesos, el sedimento se asienta en la parte baja de la estructura, mientras el agua fluye por la parte superior. En esta etapa puede llegar a remover entre un 50% y 70% de sólidos suspendidos y entre un 25% y 40% de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).

### *Tratamiento secundario*

En esta fase de tratamiento ocurren procesos biológicos que permiten la depuración de origen natural en la que microorganismos son capaces de tratar el agua contaminada y devolverla a su estado natural. Para este proceso es necesario contar con un tratamiento aerobio con lodos activados; a través de la aireación prolongada y la recirculación de lodos activados, se eliminan las sustancias biodegradables que están disueltas en el agua residual.

Debido a la caracterización previamente descrita es necesario contrarrestar los niveles de nitrógeno y coliformes fecales principalmente, para este proceso es necesario mantener en la fase un cultivo de microorganismos que, al estar en contacto con oxígeno, realizan un proceso metabólico en donde se produce biomasa, dióxido de carbono y agua. Además, los microorganismos eliminan también compuestos como el amonio y otros compuestos nitrogenados que podrían afectar en un futuro a las aguas tomando en cuenta el crecimiento de la escuela.

Todo este proceso se lleva a cabo en un primer tanque conocido como reactor biológico, donde se produce la agitación y aireación del agua residual. Uno de los productos como resultado de este tipo de tratamiento son los llamados lodos activados, una parte de los lodos producidos se encuentra en una circulación constante, otra parte de estos lodos puede ser utilizada como abono orgánico para plantas forestales, después de un proceso de deshidratación natural.

### *Tratamiento terciario*

En esta etapa es necesario contar con un tanque de sedimentación secundaria en donde desagüe el tanque aireador, en este segundo tanque se separan los sólidos suspendidos (lodos activados), los cuales se sedimentan por gravedad al fondo del tanque. Para tener un control y balance de los lodos activados, una parte se recircula al tanque de aireación, el exceso se envía al tanque de almacenamiento de lodos, para conseguir de este modo el proceso conocido como clarificación.

El agua tratada y clarificada es conducida a un tanque de cloración en el que las bacterias patógenas son destruidas.

En conclusión, al final del ciclo de tratamiento se obtendría agua para reutilizar. Este producto puede ser empleado en riego de cultivos maderables, y dependiendo de las características puede ser utilizada en piscicultura. Otro producto obtenido, es la producción de lodos activados que puede ser comercializado por la escuela, o bien, después de un proceso de deshidratación puede ser utilizado como abono para el mejoramiento de tierras.

#### 5.24.2 Identificación de la opción de cumplimiento

Con base al acuerdo Ministerial 105-2008 correspondiente al Manual General del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y la Disposición de Lodos, se



muestra a continuación la opción de cumplimiento identificada y la descripción de los aspectos relacionados con la misma.

Cuadro 3. Opción de cumplimiento.

Condición	Temas relacionados con los límites máximos permisibles
Entes generadores existentes que descargan a un cuerpo receptor; por ejemplo municipalidades, urbanizaciones, servicios, industrias, empresas agrícolas, empresas pecuarias, hospitales.	Modelo de reducción progresiva de cargas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) Demanda química de oxígeno Metas de cumplimiento Límites máximos permisibles de los demás parámetros.

#### 5.24.3 Modelo de reducción progresiva

Se puede concluir de acuerdo a los análisis de agua residual que la cantidad de carga orgánica producida se encuentra levemente por encima de los parámetros establecidos en el artículo 17 del Acuerdo Gubernativo 236-2006, haciendo alusión que dicha carga de --- se encuentra dentro de los rangos de cumplimiento establecidos para el año 2024.

#### 5.24.4 Metas de cumplimiento

Dentro de las metas de cumplimiento se puede concluir a efecto de síntesis dentro de este documento que el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno actualmente no se cumple, debido a que se encuentra por arriba de los 200, por lo cual se procederá a efectuar la reducción del valor de dio parámetro de conformidad con los porcentajes establecidos por la Ley.

#### 5.24.5 Identificación de la etapa de cumplimiento

Según el reflejo de los análisis de agua residual, se determinó que las aguas residuales producidas dentro de la ENCA, están por debajo de los estándares establecidos para la etapa correspondiente al año 2020. Por lo anterior las autoridades de la ENCA se encuentran en la disposición de crear una planta que le de tratamiento a las aguas residuales producidas en sus actividades, esto con la finalidad de reducir la concentración en los parámetros que así lo necesiten.

### 5.25. Plan de tratamiento de aguas residuales

#### 5.25.1 Modificación del sistema operativo

Debido a la naturaleza del sistema y los resultados de los análisis realizados, se establece que será necesaria la construcción de infraestructura para realizar el tratamiento óptimo de las aguas residuales que son generadas dentro del casco de la ENCA. Por ello, se establecen las medidas y condiciones necesarias para dicha construcción:

#### 5.25.2 Preparación del sitio

- a. Deben seleccionarse y delimitarse cuidadosamente las áreas donde se realizarán las construcciones provisionales, mezcla de concreto, colocación de materiales constructivos (piedra, arena, piedrín, ripio, grava y otros) y subproductos (tierra o suelo, material vegetal, restos de infraestructura anterior) removidos durante las actividades que involucren el movimiento de tierras y excavaciones.

- b. El área para colocación de materiales de construcción como arena, grava, piedrín, ripio y piedra deben estar alejados de las del drenaje, o sitios en donde la escorrentía superficial pueda arrastrar los materiales. Asimismo, para evitar que dichos materiales sean arrastrados por la lluvia y el viento, deben construirse a manera de cajón barreras de contención hechas con tablas de madera u otros materiales. De ser posible ubicar las áreas en los sitios donde se tiene previsto ubicar los estacionamientos y vías de acceso.
- c. Se debe contar obligatoriamente con un sanitario portátil por cada siete trabajadores. Estos sanitarios se encontrarán ubicados en un área despejada, y deberán de estar alejados 20 metros de distancia como mínimo de las cunetas o alcantarillas. La empresa que preste este servicio, deberá contar con reglamentos específicos para el transporte, manipulación y disposición final de los desechos de este tipo.
- d. Debe tenerse el cuidado de que, para la colocación de subproductos de las excavaciones como tierra o suelo, deben estar alejadas de los pozos de agua, el cauce del río y vías de acceso.
- e. Antes de iniciar la obra deben señalizarse adecuadamente las vías de acceso al sitio de construcción, indicando a los automovilistas, trabajadores y estudiantes de la ENCA, que deben tener precaución debido al desarrollo de las labores de construcción. Es importante emitir un comunicado con quince días de anticipación, dirigido hacia todo el personal con algún vínculo afín dentro del área de influencia del proyecto, para provenirlos de que se estarán realizando obras de construcción dentro del sitio.
- f. En todo momento debe haber un botiquín, conteniendo insumos básicos para aplicar primeros auxilios. De igual manera todos los trabajadores que tengan algún tipo de relación directa con las actividades de construcción y las personas que estén supervisando la obra, deben contar con casco, chaleco y botas industriales como equipo mínimo de protección personal.
- g. Serán delimitadas donde se realizará la construcción de bodega, disposición de letrinas, y mezcla de materiales para la generación de concreto, disposición de materiales de construcción (piedrín, arenas y otros) y subproductos (tierra o suelo) removidos durante las excavaciones para la colocación de los muros de concreto ciclópeo, y las áreas de la carretera que serán pavimentadas.
- h. El área donde se llevará a cabo la construcción de la bodega, deberá ocupar el espacio mínimo necesario, ya que se desea no compactar el suelo más de lo debido.
- i. Todos los subproductos de los trabajos como tierra y rocas deberán depositarse en los lugares autorizados por la Municipalidad de Villa Nueva.
- j. En la medida de lo posible, debe reducirse el número de árboles y arbustos que serán removidos durante las labores de acondicionamiento del área.

#### 5.25.3 Desarrollo de la construcción

- a. Antes de dar inicio a cualquier actividad de construcción dentro del área de influencia, todos los trabajadores deberán recibir capacitación previa para desempeñar un trabajo eficiente.
- b. Se deberán inspeccionar todos aquellos materiales que serán utilizados en la construcción de las diferentes estructuras, estos tendrán que estar libres de

asbesto, fibra de vidrio, fibra de roca o resinas epóxicas, ya que estas pueden producir cáncer pulmonar.

- c. Todo el personal dentro de la obra, deberá llevar puesto el casco, chaleco y las botas industriales como medidas mínimas de seguridad.
- d. Deben evitarse los derrames de combustible y lubricantes en el área. Si existiera un derrame accidental, como primer paso se debe aislar el área del derrame y evitar con barreras de tierra o esponja que la mancha de combustible o lubricantes se extienda, especialmente hacia las alcantarillas o cunetas. Todo el material derramado, el suelo y la vegetación impactada debe recogerse del área. Si existe una gran cantidad de líquido deberá recogerse con esponja. Tanto el suelo y plantas se pueden recoger con palas. Todo debe ser depositado en toneles y se designará el área donde se depositarán finalmente los desechos.
- e. No se permite lavar cerca de las alcantarillas y cunetas las herramientas o recipientes que hayan contenido, cemento, combustibles y lubricantes.
- f. No es permitido verter desechos sólidos en el entorno natural de la obra. Todos los desechos sólidos deben ser clasificados y depositados en toneles o recipientes especiales. Se debe analizar si es posible reutilizar algunos de los materiales, reciclarlos o venderlos, de no ser posible, estos deben ser llevados a un basurero municipal o relleno sanitario que tenga un manejo adecuado. Por ningún motivo será permitida la quema de desechos sólidos dentro del área de influencia del proyecto o aledañas a la misma. Los toneles deberán rotularse, para que el usuario pueda determinar qué tipo de desechos debe colocar en cada uno de ellos.
- g. No es permitido colocar recipientes que contengan concreto hidráulico aún húmedo, combustibles, o lubricantes cerca de las cunetas o alcantarillas, además debe verificarse que los recipientes estén en buen estado para evitar fuga de contaminantes hacia aguas subterráneas.
- h. Todos los materiales de construcción deben provenir de los sitios autorizados.
- i. Las áreas despejadas y vías de acceso deberán permanecer regadas todos los días para evitar que se produzca una alta proliferación de partículas suspendidas en el medio atmosférico.