

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**



**CARACTERIZACIÓN DE LAS DESCARGAS MUNICIPALES DEL  
ALCANTARILLADO PÚBLICO EN LA CABECERA MUNICIPAL DE  
SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ**

**JOEL ANÍBAL MELÉNDEZ CHINCHILLA**

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2 015**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**CARACTERIZACIÓN DE LAS DESCARGAS MUNICIPALES DEL  
ALCANTARILLADO PÚBLICO EN LA CABECERA MUNICIPAL DE  
SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ**

**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE**

**POR**

**JOEL ANÍBAL MELÉNDEZ CHINCHILLA  
201040941**

**COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2 015**

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

### **RECTOR MAGNÍFICO**

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

### **CONSEJO DIRECTIVO**

PRESIDENTE: Lic. Zoot. M.A. Fredy Giovani Macz Choc  
SECRETARIA: Lcda. T.S. Floricelda Chiquin Yoj  
REPRESENTANTE DOCENTES: Ing. Geol. Cesar Fernando Monterroso  
REPRESENTANTE EGRESADOS: Ing. Agr. Julio Oswaldo Mendez Morales  
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES: PEM. César Oswaldo Bol Cú  
Br. Fredy Enrique Gereda Milián

### **COORDINADOR ACADÉMICO**

Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales

### **COORDINADOR DE LA CARRERA**

Ing. Agr. M.Sc. Gustavo Adolfo García Macz

### **COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

COORDINADOR: Ing. Agr. Marcos Rafael Flores Delgado  
SECRETARIA: Lcda. Fidelina Marisol Bailón Pacay  
VOCAL: Lic. Erick Jerónimo Milián Santa Cruz

### **REVISORA DE REDACCIÓN Y ESTILO**

Lcda. Psic. Iris Josefina Olivares Barrientos

### **REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Ing. M.Sc. Reinaldo Heriberto García Guillermo





CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE  
- CUNOR -

Código Postal 16001 - Cobán, Alta Verapaz  
Telefax: 79513645 - 79521064  
E-mail: usacoban@usac.edu.gt  
Guatemala, C. A.

Ref. 15-IGAL-081/2015  
Cobán, A. V., 18 de septiembre de 2015

Señores  
Miembros de la Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
Centro Universitario del Norte -CUNOR-

Señores:

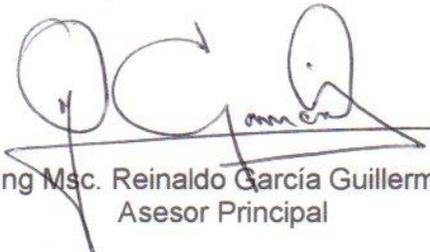
Me dirijo a ustedes para informarles que he revisado el trabajo de graduación titulado **“Caracterización de las descargas municipales del alcantarillado público en la cabecera municipal de San Pedro Carchá, Alta Verapaz”**, elaborado por el estudiante Joel Aníbal Meléndez Chinchilla.

A mi criterio dicho trabajo cumple con las observaciones realizadas por la terna en la presentación oral de seminario II, lo indicado en el acta que levantó la terna, así como las sugerencias y anotaciones que le hacen en los documentos que presentó.

En tal sentido, por este medio doy el aval al trabajo que he asesorado, para que continúe con el trámite respectivo.

Atentamente,

**Id y enseñad a todos**

  
Ing Msc. Reinaldo García Guillermo  
Asesor Principal



c.c. archivo



CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE  
- CUNOR -

Código Postal 16001 - Cobán; Alta Verapaz  
Telefax: 79513645 - 79521064  
E-mail: usacoban@usac.edu.gt  
Guatemala, C. A.

Ref. 15-IGAL-082/2015  
Cobán, A. V., 12 de octubre de 2015

Señores  
Miembros de la Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
Centro Universitario del Norte –CUNOR-

Señores:

Por este medio me permito informar que el estudiante Joel Aníbal Meléndez Chinchilla, sí incorporó a su informe de trabajo de graduación titulado **“Caracterización de las descargas municipales del alcantarillado público en la cabecera municipal de San Pedro Carchá, Alta Verapaz”**, las correcciones y sugerencias que se le mandaron hacer en el documento y en la presentación del Seminario II.

Con base a lo anterior, se recomienda que dicho trabajo continúe con el trámite respectivo.

Atentamente,

**Id y enseñad a todos**

Ing Agr. Msc. Gustavo Adolfo García Macz  
Revisor del Informe Final de Trabajos de Graduación y  
Presidente Terna Evaluadora Seminario II  
Carrera IGAL –CUNOR-

c.c. archivo





CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE  
- CUNOR -

Código Postal 16001 - Cobán, Alta Verapaz  
Telefax: 79513645 - 79521064  
E-mail: [usacoban@usac.edu.gt](mailto:usacoban@usac.edu.gt)  
Guatemala, C. A.

Ref. 15-IGAL-083/2015  
Cobán, A. V., 15 de octubre de 2015

Señores  
Miembros de la Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
Centro Universitario del Norte –CUNOR-

Señores:

Por este medio me permito informar que he revisado el trabajo de graduación presentado por el estudiante Joel Aníbal Meléndez Chinchilla, titulado **“Caracterización de las descargas municipales del alcantarillado público en la cabecera municipal de San Pedro Carchá, Alta Verapaz”**, y después de corroborar que se hicieron las observaciones formuladas, me permito dictaminar que dicho trabajo es satisfactorio en cuanto a las normas de redacción y estilo y puede continuar el trámite respectivo

Atentamente,

**Id y enseñad a todos**

Lcda. Iris Josefina Olivares Barrientos  
Revisora de Redacción y Estilo  
Comisión de Trabajo de Graduación  
Carrera IGAL – CUNOR-



c.c. archivo



CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE  
- CUNOR -

Código Postal 16001 - Cobán; Alta Verapaz  
Telefax: 79513645 - 79521064  
E-mail: usacoban@usac.edu.gt  
Guatemala, C. A.

Ref. 15-IGAL-084/2015

Cobán, A. V., 19 de octubre de 2015

Licenciado  
Fredy Giovani Macz Choc  
Director CUNOR

Señor Director:

Por este medio me permito informar que después de revisar y evaluar por el asesor, revisor de informes finales y de redacción y estilo, la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, emite su dictamen favorable para que el trabajo de graduación del estudiante Joel Aníbal Meléndez Chinchilla, titulado **“Caracterización de las descargas municipales del alcantarillado público en la cabecera municipal de San Pedro Carchá, Alta Verapaz”**, siga el trámite correspondiente a efecto se autorice el imprimase.

Atentamente,

**Id y enseñad a todos**

Ing. Agr. M. A. Marcos Rafael Flores Delgado  
Coordinador Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera IGAL – CUNOR-



c.c. archivo

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento a lo estableció por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación denominado: "Caracterización de las descargas municipales del alcantarillado público en la cabecera municipal de San Pedro Carchá, Alta Verapaz", Como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero en Gestión Ambiental local.



JOEL ANÍBAL MELÉNDEZ CHINCHILLA  
201040941

## **RESPONSABILIDAD**

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

## **DEDICATORIA**

### **DIOS**

A quien debemos la sabiduría e inteligencia y en quien encontramos el camino a la verdad y la senda del éxito ya que sin él no hubiera podido alcanzar este triunfo.

### **MI MADRE**

Zoila de Meléndez, por ser mi apoyo incondicional y ser el mejor ejemplo de persona, como un reconocimiento a sus esfuerzos de cada día.

### **MI PADRE**

Edgar Meléndez, que en medio de la enfermedad conté con su apoyo a cada instante en el trascurso de este recorrido.

### **MIS HERMANOS**

Por todo su amor, cariño y apoyo en estos años de estudio.

### **A MI AMIGA MILENA**

Por todo el apoyo, cariño, amistad y amor durante estos años de estudio, ella me alentó y me dio fuerzas para seguir adelante y por ella sé que si existe la fidelidad, la sinceridad, la bondad y el perdón.



## **AGRADECIMIENTOS**

**LA UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS DE GUATEMALA**

Por abrir sus puertas para forjar mí sueño profesional.

**ING. REINALDO GARCÍA  
GUILLERMO**

Por su amistad, dirección y asesoramiento.

**A LOS INGENIEROS**

Gustavo García Macz, Marcos Flores, Hermes Bol y Wilmer Dan Teni: Por su amistad, paciencia y orientación en la revisión de este trabajo de graduación.

**A LA MUNICIPALIDAD DE  
SAN PEDRO CARCHÁ**

Por abrir sus puertas y el apoyo económico para la realización de este trabajo.

**A MIS COMPAÑEROS DE  
TRABAJO DMP**

Por la amistad, el apoyo, asesoría y consejo en todo el proceso que duro este trabajo de graduación.

**MIS COMPAÑEROS Y  
COMPAÑERAS**

Por todos los momentos de estudio y diversión.

**MIS PASTORES**

Armando y Cintia, por sus consejos y apoyo espiritual.

**HERMANO ROBERTO BOL**

Por su apoyo espiritual y consejo en los momentos más difíciles de enfermedad.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	IX
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	3
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	5
<b>OBJETIVOS</b>	8
Generales	8
Específicos	8

### CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

<b>1.1 Antecedentes</b>	10
<b>1.2 Marco conceptual</b>	11
<b>1.2.1 Características del río Cahabón</b>	11
<b>1.2.2 La contaminación en cuerpos de agua dulce</b>	12
<b>1.2.3 Calidad del agua</b>	14
<b>1.2.4 Características que determinan la calidad de agua</b>	14
<b>1.2.5 Agua residual</b>	18
<b>1.2.6 Características físico-químicas de las aguas residuales</b>	19
<b>1.2.8 Zonificación para descarga de aguas residuales en ríos o efluentes</b>	27
<b>1.2.9 Recolección de muestras</b>	30
<b>1.2.10 Tipos de muestras</b>	31
<b>1.3 Marco referencial</b>	38
<b>1.3.1 Descripción del área</b>	38

<b>1.3.2 Localización geográfica</b>	<b>38</b>
<b>1.3.3 Localización ecológica</b>	<b>39</b>

## **CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA**

<b>2.1 Tipo de investigación</b>	<b>40</b>
<b>2.2 Métodos de investigación</b>	<b>41</b>
<b>2.3 Población</b>	<b>41</b>
<b>2.4 Fuentes de información secundaria</b>	<b>41</b>
<b>2.5 Indicadores de impactos en las aguas superficiales</b>	<b>42</b>
<b>2.6 Selección de puntos de muestreo</b>	<b>45</b>
<b>2.7 Indicadores de calidad del agua</b>	<b>45</b>
<b>2.7.1 Indicadores de interpretación a partir del análisis de resultados</b>	<b>45</b>
<b>2.8 Técnicas de observación</b>	<b>47</b>
<b>2.9 Trabajo de campo</b>	<b>47</b>
<b>2.9.2 Zonificación y catastro de usuarios</b>	<b>48</b>
<b>2.9.3 Localización y ubicación de los puntos a muestrear</b>	<b>48</b>
<b>2.9.4 Muestreo y análisis de laboratorio</b>	<b>50</b>
<b>2.9.5 Medición de caudal</b>	<b>51</b>
<b>2.10 Técnicas de recolección y análisis de datos</b>	<b>51</b>
<b>2.11 Descripción de las alternativas y propuestas de solución considerables de acuerdo al contexto local y a los datos a obtener</b>	<b>56</b>
<b>2.12 Evaluaciones de las soluciones en las regiones priorizadas</b>	<b>57</b>
<b>2.12.1 Evaluación técnica</b>	<b>57</b>
<b>2.13 Análisis presupuestal en la implementación de obras relacionadas, o de plantas de tratamiento</b>	<b>59</b>
<b>2.14 Elaboración y edición del documento</b>	<b>59</b>

## CAPÍTULO 3

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

<b>3.1</b>	<b>Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales</b>	<b>60</b>
<b>3.2</b>	<b>Análisis de los resultados de laboratorio</b>	<b>65</b>
	<b>3.2.1</b> Temperatura	<b>65</b>
	<b>3.2.2</b> Grasas y aceites	<b>66</b>
	<b>3.2.3</b> Materia Flotante presente/ausente	<b>67</b>
	<b>3.2.4</b> Sólidos suspendidos totales	<b>68</b>
	<b>3.2.5</b> Nitrógeno Total	<b>69</b>
	<b>3.2.6</b> Fosforo total	<b>70</b>
	<b>3.2.7</b> Potencial de Hidrogeno	<b>71</b>
<b>3.3</b>	<b>Comparación de la calidad del agua del río Cahabón al entrar y salir del casco urbano del municipio</b>	<b>79</b>
<b>3.4</b>	<b>Análisis microbiológico de muestras</b>	<b>80</b>
	<b>3.4.1</b> Coliformes Fecales	<b>80</b>
	<b>3.4.2</b> Demanda Biológica y Química de Oxígeno (DBO5 y DQO)	<b>81</b>
<b>3.5</b>	<b>Zonificación del área de muestreo en el río Cahabón, Chió y Tzimajil</b>	<b>82</b>
<b>3.6</b>	<b>Situación de la dotación de agua potable y la carga contaminante</b>	<b>83</b>
<b>3.7</b>	<b>Situación de las redes del alcantarillado público de la cabecera municipal</b>	<b>85</b>
<b>3.8</b>	<b>Encuestas realizadas</b>	<b>86</b>
<b>3.9</b>	<b>Descripción de las alternativas considerables de acuerdo al contexto local y opinión técnica profesional que justifique la o las opciones propuestas</b>	<b>88</b>
	<b>3.9.1</b> Nivel de tratamiento	<b>89</b>
	<b>3.9.2</b> Tecnología existente de tratamiento para las aguas residuales	<b>90</b>
	<b>3.9.3</b> Escenarios de estándares para afluentes	<b>95</b>
<b>3.10</b>	<b>Evaluaciones de las soluciones en las regiones priorizadas</b>	<b>96</b>
	<b>3.10.1</b> Evaluación técnica	<b>96</b>

<b>3.10.2 Resumen de alternativas</b>	99
<b>3.10.3 Evaluación Económica (FASES)</b>	100
<b>3.11 Evaluación Financiera</b>	105
<b>CONCLUSIONES</b>	109
<b>RECOMENDACIONES</b>	113
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	115
<b>ANEXOS</b>	119
<b>GLOSARIO</b>	119
<b>PLAN DE MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES</b>	127
<b>ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006, REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSÓ DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS</b>	139
<b>INFORME DE LABORATORIO</b>	158

## ÍNDICE DE CUADROS

1. Principales microorganismos y parásitos que podrían encontrarse en el agua como contaminantes	16
2. Enfermedades que podrían ser adquiridas por contacto o ingestión del agua	17
3. Clasificación acostumbrada sobre el tratamiento de aguas residuales	34
4. Unidades para el tratamiento de aguas residuales	35
5. Costos involucrados en el manejo de excretas y aguas residuales, dólares (\$)	37
6. Contaminantes importantes a evaluar de las aguas superficiales y sus impactos	43
7. Limite en los usos del agua debido a la degradación de su calidad	44
8. Límites máximos permisibles y plazos establecidos para las Municipalidades	46
9. Criterios de implementación de distintas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales	58
10. Cobertura de líneas de drenaje y descargas sin tratar cabecera de san pedro carchá, A.V. y caudales del 2015	64
11. Temperatura T °C	65
12. Grasas y aceites mg/l	66
13. Materia flotante presente/ausente	67
14. Solidos suspendidos totales mg/l	68
15. Nitrógeno total mg/l	69
16. Fosforo total mg/l	70
17. Potencial de hidrogeno pH	71
18. Coliformes fecales NMP/100ML	72
19. Color	73
20. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mg/l	74
21. Demanda química de oxígeno (DQO) mg/l	76
22. Relación DQO/DBO	77
23. Comparativo de la calidad del agua del rio cahabon en su entrada y salida	

de la cabecera municipal	79
24. Resultados del análisis de DBO <sub>5</sub> Y DQO (mg/l), efectuados a muestras provenientes de los veintiún drenajes de aguas servidas municipales. San Pedro Carchá, A.V. 2015	81
25. Zonificación del área de muestreo en los ríos San Pedro Carchá, A. V. 2015	82
26. Carga contaminante según DQO Y DBO <sub>5</sub>	84
27. Fases a implementar	96
28. Criterios de implementación de distintas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales	96
29. Proyección de volúmenes de aguas residuales	98
30. Rendimientos de distintos procesos de tratamiento de aguas residuales	98
31. Costos de inversión para la construcción de tratamiento para varios sistemas	100
32. Costos de cada sistema por habitante	101
33. Áreas mínimas para la construcción de diversos sistemas de tratamiento	102
34. Costos de mantenimiento y operación diversos sistemas	102
35. Costos de la tierra donde se construirían los sistemas de tratamiento	103
36. Costo total de implementación, sistemas de tratamiento sugeridos	104
37. Resultados del análisis financiero para las plantas de tratamiento sugeridas para 20 años. (Tanque Imhoff y Filtros Percoladores)	105
38. Resultados del análisis financiero para los costos de mantenimiento de las plantas de tratamiento sugeridas. (Tanque Imhoff y Filtros Percoladores)	106
39. Cronograma	119
40. Proyección de población San Pedro Carchá, Alta Verapaz	128
41. Listados de desfogues sin tratamiento	130
42. Fases a implementar	131
43. Catastro urbano del municipio de San Pedro Carchá	135
44. Propuestas de fortalecimiento municipalidad de San Pedro Carchá	136
45. cronograma de capacitaciones municipalidad de San Pedro Carchá	137

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1. Equipo completo para la toma de muestra	52
2. Toma de muestra de la descarga 5	53
3. Toma de muestra de la descarga 12	53
4. Toma de muestra del desfogue 21	54
5. Toma de muestra del río Cahabón salida	54
6. Toma de muestra del río Cahabón entrada	55
7. Recorrido en lancha por el río Cahabón	55
8. Recorrido en lancha por el río Chió	56

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1. Identificación de sólidos suspendidos totales	23
2. Tanques séptico, sistema de absorción e infiltración	91
3. Tanques imhoff	92
4. Filtros percoladores	92
5. Ejemplo de un diagrama de flujo de operación de una planta de tratamiento	94

## ÍNDICE DE MAPAS

1. Mapa de ubicación y localización de los 23 puntos muestreado del municipio de San Pedro Carchá, A.V.	50
2. Mapa de ubicación y localización de los desfogues clandestinos, municipales del municipio de San Pedro Carchá, A.V.	85
3. Mapa comparativo de la Temperatura de los 21 desfogues del municipio de San Pedro Carchá, A.V.	143
4. Mapa comparativo de la Grasas y Aceites de los 21 desfogues del municipio de San Pedro Carchá, A.V.	145
5. Mapa comparativo de la Material Flotante de los 21 desfogues del municipio de San Pedro Carchá, A.V	146
6. Mapa comparativo de Solidos Suspendidos (SST) de los 21 desfogues del	

San Pedro Carchá, A.V.	147
7. Mapa comparativo del Nitrógeno de los 21 desfogues del municipio de San Pedro Carchá, A.V	148
8. Mapa comparativo de Fosforo total de los 21 desfogues del municipio de San Pedro Carchá, A.V	149
9. Mapa comparativo de los Solidos Sedimentables de los 21 desfogues del municipio de San Pedro Carchá, A.V	150
10. Mapa comparativo del Potencial de Hidrogeno (pH) de los 21 desfogues del municipio de San Pedro Carchá, A.V	151
11. Mapa comparativo de los Coliformes Fecales de los 21 desfogues del municipio de San Pedro Carchá, A.V	152
12. Mapa comparativo de Color de los 21 desfogues del municipio de San Pedro Carchá, A.V	153
13. Mapa comparativo de la Demanda Biologica de Oxígeno (DBO) de los 21 desfogues del municipio de San Pedro Carchá, A.V	154
14. Mapa comparativo de la Demanda Quimica de Oxígeno (DQO) de los 21 desfogues del municipio de San Pedro Carchá, A.V	155
15. Propuesta de ubicacion para la construccion de las plantas de tratamiento 1, 2, 3 y 4	156
16. Propuesta de ubicación para la construcción de las plantas de tratamiento 5, 6, 7 y 8	157

## RESUMEN

El agua se encuentra en diversas formas en la naturaleza, e influenciada según el ambiente que le rodea, el cual de manera natural o por intervención humana puede alterar sus propiedades y hacerla condicionada de acuerdo al uso.

En el municipio de San Pedro Carcha se encuentra el río Cahabón y los ríos Chió y *Tzimajil*, los cuales son utilizados por la población para verter veintiún drenajes municipales, dos de ellos poseen tratamiento y diecinueve de ellos no poseen ninguno, los cuales en gran parte crean condiciones desagradables y alteran la apariencia de los mismos. Por tal razón, se realizó la caracterización de las descargas del alcantarillado público de la cabecera municipal de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, se tomaron como base los reglamentos y propuestas de ley, para la descarga de los contaminantes municipales.

Para determinar la carga contaminante de las aguas residuales, se recolectaron muestras simples de los veintiún puntos de descarga de las aguas municipales, así como también de los veintiún drenajes. Seguidamente se analizaron las muestras para determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Como resultado del análisis, se determinó que las aguas residuales provenientes de la red de alcantarillado público de la cabecera municipal no cumplen con los parámetros legislados; se encontró que la relación  $DBO_5/DQO$  en un promedio de las veintiún descargas es de 1.9, lo que indica que las aguas residuales contienen una cantidad de compuestos de materia orgánica degradable pudiéndose utilizar sistemas de tratamiento biológicos.

Tomando como base esta información, se propuso un tratamiento desde el punto de vista teórico, que consiste en un proceso de neutralización de los altos parámetros encontrados en las aguas analizadas como los coliformes fecales, DBO5, DQO, Fosforo, y Solidos Suspendidos Totales y como información preliminar que sirva de base para futuras investigaciones, y que permita realizar acciones iniciales de manejo y control para mitigar dichos efectos, no sólo en la calidad del agua sino también para la salud de los habitantes del municipio de San Pedro Carchá, A.V.

## INTRODUCCIÓN

El municipio de San Pedro Carchá, se encuentra situado en el departamento de Alta Verapaz, al norte de la república de Guatemala, con una distancia de la cabecera departamental de ocho kilómetros y de la ciudad capital, doscientos diecinueve kilómetros. Atraviesa el municipio y la cabecera municipal el río Cahabón y el río proveniente del balneario las islas (río Chió). El río Cahabón cubre una extensión de aproximadamente cuatro kilómetros cuadrados y el río proveniente del balneario las islas, que mediante a una presa deriva el agua al interior del municipio cubre una extensión de aproximadamente dos punto cinco kilómetros cuadrados

El municipio posee entre otros, veintiún desfogues de drenajes municipales que conducen aguas residuales provenientes de los diferentes sectores y actividades del municipio, mismas que son vertidas directamente y sin tratamiento alguno al cauce de los ríos. El caudal del río es permanente, sin embargo en las condiciones de los meses de verano este se reduce, no así los aportes de las aguas negras, las cuales aumentan la concentración, turbidez y los malos olores, y ocasionan mayor formación de sedimentos, espuma y una modificación total de la apariencia general de las aguas de los ríos.

Por tal razón se planteó la presente investigación con el propósito de reconocer cuales son las principales fuentes de contaminación y los principales contaminantes de los ríos por medio de análisis físicos, químicos y microbiólogos de las descargas municipales de aguas residuales. Se recolectaron muestras puntuales a las veintiún descargas en un periodo de dos semanas en horario de la mañana.

De la misma forma, se realizó una zonificación para cada descarga municipal. También se contempló conocer la opinión de algunos sectores de la población, para determinar su percepción de la importancia de los ríos y conocer su opinión respecto la posibilidad de rescatarlos, por medio de las soluciones propuestas de tratamiento biológico.

## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la cabecera municipal de San Pedro Carchá, Alta Verapaz los ríos Cahabón, Chió y *Tzimajil*, habían sido utilizados con fines de recreación y de abastecimiento de agua para la población hasta hace apenas unas décadas, sin embargo debido al crecimiento de la población, la carencia de drenajes y de sistemas de tratamiento primario, ha causado que la mayoría de las descargas de aguas residuales se viertan directamente a estos cuerpos de agua, esto se agranda con la disposición de los desechos sólidos que diariamente se depositan en ellos, esto ocasiona que sus aguas se contaminen crecientemente hasta al punto que es imposible su uso.

A medida que el tiempo transcurre, la contaminación debido a las aguas residuales se hace más evidente con malos olores y el desarrollo de flora acuática indicadora, así también altas concentraciones de materia orgánica. Actualmente se predice que de no tomarse las medidas necesarias para su rescate, pronto los ríos se convertirán en un foco de contaminación y de enfermedades para la población.

Es evidente la necesidad de proponer alternativas o propuestas de solución para las descargas municipales en los ríos Cahabón, Chió y *Tzimajil*, esto será posible después de investigar e identificar las principales características de las aguas residuales y determinar los contaminantes que se vierten actualmente a estos cuerpos de agua, para luego seleccionar los sistemas de tratamiento adecuados.



## JUSTIFICACIÓN

El río Cahabón recorre varios municipios del departamento de Alta Verapaz y debería ser una importante fuente de agua para suplir muchas de las necesidades humanas, sin embargo, debido a sus altos niveles de contaminación, sus aguas se desperdician y se usan como un vertedero de desechos. Las autoridades como los habitantes de la cabecera municipal de San Pedro Carchá están conscientes de que el agua del río Cahabón y los ríos Chió y *Tzimajil* se encuentran contaminadas, sin embargo por falta de información se desconocen los principales contaminantes y en qué medida los afectan.

A falta de información básica, no se puede esperar que las personas se concienticen de la importancia de no contaminar los preciados cuerpos de agua y como consecuencia se verán más deteriorados, con problemas de malos olores, convirtiéndose en una importante fuente de enfermedades de origen hídrico para animales y personas. Un hecho alarmante es que en los últimos años, el río ha incrementado sus niveles de contaminación drásticamente, al punto que ya es posible ver en algunas áreas la proliferación de plantas indicadoras de altos contenidos de materia orgánica como lo es el Jacinto acuático *Eichornia crassipes*<sup>1</sup>, a pesar del fuerte caudal del río Cahabón y Chió.

Por lo que se ha visto en pequeños cuerpos de agua como el río *Tzimajil* del municipio, las altas concentraciones de materia orgánica que despiden olores nauseabundos por el efecto de los microorganismos reductores

---

<sup>1</sup> Reyes Villatoro, Rodolfo. *Contaminación en el Río Cahabón, Fuentes de contaminación* (Guatemala: Editorial de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009) 17.

anaerobios, han sido la fuente de enfermedades para las personas donde el río tiene su recorrido<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> *Ibíd.*

Si los ríos Cahabón y Chió no tuvieran un caudal lo suficientemente fuerte como para arrastrar toda la materia orgánica que diariamente se le vierte, especialmente durante la época de lluvias, sin duda ya habrían sucumbido ante los efectos de la eutrofización, igual que muchos otros. Sin embargo, nada puede garantizar que pueda sobrevivir a las cada vez mayores descargas de contaminantes orgánicos.

Por lo tanto, es imprescindible hacer un reconocimiento de las principales fuentes de contaminación, identificándolas y caracterizándolas, para luego proceder a elaborar planes de prevención y manejo de los ríos, en base a los resultados y a las alternativas de solución propuestas. De no hacerse de inmediato una identificación de las fuentes de contaminación y la caracterización de las mismas, no sería posible en principio evitar que los contaminantes sigan en los ríos, en poco tiempo éstos estarían atestados de materia orgánica, proliferarían las plantas acuáticas, la ausencia de oxígeno acabaría con lo poco que queda de fauna acuática y el agua no podría fluir con la misma facilidad.

## OBJETIVOS

### Generales

Generar información básica confiable que permita observar las características físico-químicas y biológicas de las aguas residuales municipales.

Proponer sistemas de tratamiento para reducir la contaminación y recuperación de la calidad de agua de los ríos Cahabón, Chió y *Tzimajil* del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

### Específicos

- Identificar las fuentes de contaminación más importantes de los ríos Cahabón, Chió y *Tzimajil*.
- Determinar por medio de los resultados de laboratorio los niveles de contaminación para cada descarga municipal.
- Establecer mediante las características del agua, una zonificación del área de muestreo en el río, con el fin de identificar los lugares en los cuales ocurren los diversos procesos de degradación y contaminación.
- Proponer un plan de manejo para las fuentes de contaminación más severas.



## CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes

“El municipio de San Pedro Carchá, pertenece al departamento de Alta Verapaz, está ubicado a una distancia de 219 kilómetros, de la ciudad de Guatemala, con carretera asfaltada. Se accede por la carretera CA-14, 83 kilómetros hasta el Rancho Guastatoya, el Progreso, luego el desvió por la ruta RN-14 hasta Cobán”.<sup>3</sup>

El municipio cuenta con un sistema de alcantarillado combinado (sanitario y pluvial), en la que las mayorías de las descargas no cuentan con un tratamiento, antes de su disposición final en excepción con dos puntos de descargas que actualmente se le da el tratamiento primario, antes de su disposición final hacia los cuerpos receptores.

“A la fecha las plantas de tratamiento donde se realizan los tratamientos primarios están operando inadecuadamente, ya que algunas unidades no están funcionando de la forma en que se esperaba, es decir en un 100 % de eficiencia en la degradación a las aguas residuales. Ambas plantas están compuestas por las siguientes unidades: canal de rejillas, fosa séptica, pozo de absorción y filtro de arena”.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> *Diagnostico socioeconómico, Del Municipal de San Pedro Carchá*, de la facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. 2009.

<sup>4</sup> Municipalidad de San Pedro Carchá, Servicios Públicos, *Plantas de tratamiento primarias*, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, 2015.

Municipalidad de San Pedro Carchá.<sup>5</sup> Cuando las plantas de tratamiento comenzaron a funcionar en los sectores 1 y 2 de la colonia la trinidad, no hubo por parte de la corporación municipal un control adecuado, tanto en sus servicios nuevos a conectar de alcantarillado sanitario y el drenaje pluvial, por lo que el periodo de diseño se adelantó, es decir que se tenía un horizonte de 20 años. Pero este se redujo al incremento inesperado de la población de los sectores. Siendo los únicos esfuerzos por las autoridades municipales para tratar las aguas residuales, dejando al margen los sectores principales de la cabecera municipal.

## 1.2 Marco conceptual

### 1.2.1 Características del río Cahabón

“El río Cahabón nace en la aldea Pantín de Tactic, Alta Verapaz, recorre parte de los municipios de Tactic y Santa Cruz Verapaz, antes de entrar al municipio de Cobán. Durante su recorrido recibe la afluencia de otros pequeños ríos y al llegar a la ciudad de Cobán ya presenta un caudal bastante considerable, luego recorre el municipio de San Pedro Carchá, Lanquín y Cahabón, desemboca en el río Polochic en el municipio del Estor, Izabal”.<sup>6</sup>

Bernni Castillo<sup>7</sup>, realizó una investigación titulada “Elaboración de la línea base para la calidad de agua de la parte occidental de la cuenca del río Cahabón”. Un estudio en que definieron unidades litológicas, que indican que el río Cahabón

---

<sup>5</sup> Municipalidad de San Pedro Carchá, *Plantas de tratamiento*, Dirección de Servicios Públicos, San Pedro Carchá. A.V. 2 015

<sup>6</sup> Castillo Bernni. *Elaboración de la línea base para la calidad de agua de la parte occidental de la Cuenca del río Cahabón*. Trabajo de Graduación. Maestría en Gestión para la Reducción de Riesgos. Guatemala: 2 009., p. 12

<sup>7</sup> Ibidem.

drena principalmente rocas carbonatadas del cretácico fuertemente karstificadas. Ellos determinaron que debido al acelerado crecimiento urbano y al ambiente kárstico, el río Cahabón es muy vulnerable a la contaminación.

En la elaboración de la línea base para la calidad de agua de la parte occidental de la cuenca del río Cahabón, establece que durante el recorrido del río Cahabón por los diferentes municipios recibe los desechos de varias poblaciones como Tactic, Cobán, San Pedro Carchá, Lanquín y Santa María Cahabón. , así como desperdicios de plaguicidas agrícolas.

Herbeth Trigueros<sup>8</sup>, reconocer que el grado de contaminación de los ríos Cahabón, Chió y *Tzimajil* los inhabilita para fines de turismo y recreación, tampoco se aprovechan sus aguas con otros fines, aunque en el pasado abastecía de agua a algunas fincas que la usaban para la producción de café, de lo cual aún quedan vestigios de presas construidas con ese fin.

### 1.2.2 La contaminación en cuerpos de agua dulce

“El agua pura es un recurso renovable. Sin embargo, puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que deja de ser útil para las necesidades humanas y se vuelve más bien nociva”.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Trigueros Herberth, *Contaminación de los ríos Cahabón, Chió y Tzimajil*, entrevista, San Pedro Carchá, A.V. 2015.

<sup>9</sup> Prando, Raúl. *Manual de gestión ambiental*. Guatemala, Piedra Santa. 1 996., p. 184

Por lo tanto, se va a considerar como un contaminante a:

“Toda materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, los derivados químicos o biológicos, así como toda forma de energía térmica, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido que al incorporarse o actuar con la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental, altere o modifique su composición o afecte a la salud humana”.<sup>10</sup>

Raúl Prado<sup>11</sup>, en su libro edición vega, también considera contaminantes del agua, los desechos orgánicos que requieren oxígeno para ser descompuestos por bacterias. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, eliminando así otras formas de vida acuáticas. De allí que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) sea un indicador de contaminación. La Demanda Bioquímica de Oxígeno se define como:

“Sustancias químicas inorgánicas como ácidos, compuestos de metales tóxicos como mercurio y plomo, son contaminantes muy nocivos en el agua. Pero, los nutrientes vegetales que pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que posteriormente se mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua también se deben considerar como contaminantes”.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> *Ibíd.*

<sup>11</sup> Rivas Gregorio. *Tratamiento de aguas residuales*, Edición vega, España. 1975

<sup>12</sup> *Ibidem.*

En las aguas residuales de un sistema de alcantarillado municipal se pueden encontrar sustancias químicas orgánicas como el petróleo, plásticos, plaguicidas y detergentes, que estas sustancias sin dudar amenazan la vida acuática por su toxicidad.

### **1.2.3 Calidad del agua**

La calidad del agua, es un factor importante para la vida acuática y las actividades desarrolladas por las personas. Tanto como los seres humanos y las animales dependemos de este recursos para poder subsistir es por ello importante determinar el tipo de calidad de agua que se poseen en nuestros alrededores.

“La calidad del agua es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas de esta en su estado natural o después de ser alterada por la acción del hombre, que hacen que sea apropiada para un uso determinado”.<sup>13</sup>

### **1.2.4 Características que determinan la calidad de agua**

#### **a. Riesgos Biológicos**

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. Establece que los principales agentes biológicos transmitidos a través del agua se agrupan en las siguientes categorías: Bacterias, virus, parásitos y otros organismos.

---

<sup>13</sup> Dorren Brown Salaza, *Guía para el manejo de excretas y aguas residuales Municipales*, (proarca/sigma, Guatemala) 2004.

“La contaminación del agua por bacterias, virus y parásitos puede atribuirse a la contaminación de la propia fuente, especialmente las excreciones fecales y urinarias del hombre y animales, los cuales pueden ser enfermos”.<sup>14</sup>

## 1) Enfermedades adquiridas por ingestión

Básicamente estas son enfermedades en las que los organismos patógenos se encuentran en el agua y cuando se ingieren en dosis suficientes infectan al que la bebe. Ingresan al organismo principalmente por la transmisión feco-oral, según la publicación en Agua y Salud Humana<sup>15</sup>.

## 2) Enfermedades adquiridas por contacto

“Estas son las enfermedades transmitidas a través del contacto de la piel y orificios naturales (mucosas ocular, nasal, canal auditivo, etc) con agua contaminada con organismos patógenos”.<sup>16</sup>

En el agua de consumo pueden encontrarse diversos tipos y clases de microorganismos y parásitos que son contaminantes y a la vez agentes de diferentes estados patológicos del agua, en el diario de Centro América presenta estos parámetros en los cuadros

---

<sup>14</sup> Oficina sanitaria panamericana. 1973. *Riesgos del ambiente humano para la salud*. Bogotá, Col., Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. p. 34-44.

<sup>15</sup> McJunon, Eugene. Agua y salud humana, Limusa, Mexico 1986, 32-39

<sup>16</sup> *Ibíd.*

siguientes:

**CUADRO 1**  
**PRINCIPALES MICROORGANISMOS Y PARÁSITOS QUE**  
**PODRÍAN ENCONTRARSE EN EL AGUA COMO**  
**CONTAMINANTES**

MICROORGANISMOS	GENERO	ESPECIES
BACTERIAS	<i>Pseudomonas</i>	<i>aeruginosa</i>
	<i>Chromobacterium</i>	<i>Violaceum</i>
	<i>Staphylococcus</i>	<i>Aureus</i>
	<i>Mycobacterium</i>	<i>Marinum</i>
	<i>Aeromonas</i>	<i>Hydrophila</i>
	<i>Escherichia</i>	<i>Coli</i>
	<i>Chromobacterium</i>	<i>Violaceum</i>
	<i>Salmonella</i>	<i>Thyphi</i>
		<i>enteritidis</i>
		<i>Cholerae suis</i>
	<i>Shigella</i>	<i>A-dysenteriae</i>
		<i>B-flexneri</i>
<i>C-boydii</i>		
CLAMIDIAS	<i>Chlamydia</i>	<i>Trachomatis</i>
HONGOS	<i>Candida</i>	<i>Albicans</i>
VIRUS	<i>Adenovirus</i>	
	<i>Enterovirus</i>	<i>Polio</i>
	<i>Picornaviridae</i>	<i>Coxsackie</i>
		<i>Echo</i>
		<i>Otros</i>
		<i>Hepatitis A</i>
	<i>Reovirus</i>	
	<i>Rotavirus</i>	
<i>Norwalk y similares</i>		
PARASITOS	<i>Naegleria</i>	<i>Fowleri</i>
	<i>Trichomanas</i>	<i>Vaginalis</i>
		<i>Foetus</i>
	<i>Entamoeba</i>	<i>Histolytica</i>
	<i>Eimerias</i>	
	<i>Giardia</i>	
	<i>Balantidium</i>	
	<i>Áscaris</i>	
<i>Stronglus</i>		

Fuente: Diario de Centro América. 1 989.

**CUADRO 2**  
**ENFERMEDADES QUE PODRÍAN SER**  
**ADQUIRIDAS POR CONTACTO O**  
**INGESTIÓN DEL AGUA**

<b>Enfermedad</b>	<b>Agente</b>	<b>Periodo de incubación</b>	<b>Signos y síntomas</b>
Otitis-conjuntivitis y dermatitis	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Unas horas hasta días	Inflamación del oído externo, conjuntiva y piel
Dermatitis, abscesos, enteritis	<i>Chromobacterium violaceum</i>		Inflamación de la piel, pus y diarrea
Infecciones de piel, oído y mucosas	<i>Staphylococcus aureus</i>	24 – 48 horas	Inflamación y pus en la piel. Oídos y mucosas
Gastroenteritis	<i>Escherichia coli</i>	1 – 3 días	Dolor abdominal, diarrea, fiebre, vómitos
Fiebre tifoidea salmonelosis	<i>Salmonella typhi</i>	8 – 21 días	Dolor abdominal. Fiebre, dolor muscular, vómitos
Shigelosis	<i>Shigella (A-B-C-D)</i>	1 – 7 días	Dolor abdominal, diarrea, tenesmo, fiebre, vómitos
Leptospirosis	<i>Leptospira (varias)</i>	4 – 19 días	Diversos síntomas dependiendo de la especie
Conjuntivitis	<i>Chlamydia Trachomatis</i>	Minutos	Inflamación con y secreción conjuntival

Fuente: *Diario de Centro América*. 1 989.

### 1.2.5 Agua residual

En el Acuerdo Gubernativo 236-2006, las aguas residuales son las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.

“En las diferentes actividades humanas se generan residuos, tanto líquidos como sólidos. La fracción líquida es principalmente agua residual y está constituida, por el agua de abastecimiento, después de haber sido modificada su calidad por los diversos usos a que ha sido sometida. Las aguas residuales pueden estar constituidas por la combinación de los desechos líquidos procedentes de viviendas, establecimientos comerciales e industriales, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan agregarse a las anteriores. El Acuerdo Gubernativo 236-2006: Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, presenta una clasificación de estas según su origen”.<sup>17</sup>

#### a. Agua residual de tipo especial

Para este tipo de agua especial, es el más complejo de tratar por los sedimentos y químicos que poseen estas aguas, no deberían de conectarse al alcantarillado público, sino que por cada actividad o sector que genere estas aguas le dé su respectivo tratamiento y no descargarlas sin un tratamiento previo a un cuerpo de agua.

---

<sup>17</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Acuerdo Gubernativo 236-2006. Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos.* Guatemala, 2006. p. 2.

“Son las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas”.<sup>18</sup>

#### **b. Agua residual de tipo ordinario**

“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 un alcantarillado”.<sup>19</sup>

Estas aguas se caracterizan por estar conectadas al servicio público prestado por la municipalidad (drenaje) que por medio del alcantarillado público son trasladadas para su descarga hacia un cuerpo receptor, que en muchos casos son ríos, lagos, lagunas, etc.

### **1.2.6 Características físico-químicas de las aguas residuales**

“Las aguas residuales poseen características que varían ampliamente de industria a industria, pero existen características generales en las que se agrupan las sustancias de iguales efectos sobre la calidad de las mismas”.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> Ibidem.

<sup>19</sup> Ibidem., 24

<sup>20</sup> Delgado, Carlos, CORREAL S., Magda Carolina. <[www.itescham.com](http://www.itescham.com)

### **a. Parámetros de aguas residuales según Acuerdo Gubernativo 236-2006**

El Acuerdo Gubernativo 236-2006<sup>21</sup>: Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, requiere la caracterización del efluente de agua residual para determinar las características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el reglamento. Dichos parámetros son las variables que identifican cada una de las características de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos, asignándole un valor numérico.

#### **1) Temperatura**

Para poder determinar el tipo de agua residual generada se puede determinar si la temperatura tienden a presentar un esta superior a la de los cursos de agua se puede concluir que es agua residual de tipo especial.

“La mayoría de los procesos biológicos se aceleran cuando la temperatura se incrementa y se desaceleran cuando la temperatura disminuye. Debido a que la utilización del oxígeno es provocada por el metabolismo de los microorganismos,

la tasa de utilización es afectada de igual forma por la temperatura”.<sup>22</sup>

## 2) Potencial de hidrógeno

“Las aguas residuales deben tener valores de pH entre 6 y 9 para que provoquen un mínimo impacto ambiental. Necesitan ser controladas a través del proceso de tratamiento. Las aguas residuales con valores de pH inferiores a 6 tenderán a ser corrosivas debido al exceso de iones hidrógeno. Las aguas que presentan un pH superior a 9 tenderán a ser incrustantes”.<sup>23</sup>

Según análisis realizados por el laboratorio ECOQUIMSA, los cambios drásticos en el pH pueden afectar a los microorganismos en el sistema de tratamiento y la vida acuática de los cuerpos receptores. La mayoría de los organismos no los toleran.

“En los cuerpos receptores, la acidez excesiva permite la liberación de metales tóxicos que de otra manera hubiesen quedado fijados al sedimento (y así pudiesen haber sido removidos más fácilmente por los sistemas de tratamiento de agua potable)”.<sup>24</sup>

<sup>22</sup> Seoáñez calvo, Mariano. *Ingeniería medioambiental aplicada. Casos prácticos.*

<sup>23</sup> Perry, Robert. *Manual del ingeniero químico.* Mexico, 2002 p. 77

<sup>24</sup> Mcjunkin, Eugene. *Agua y salud humana.* México, Limusa. 1 986 p. 32-39.

### 3) Aceites y grasas

Eugene Mcjunkin<sup>25</sup> Establece que se incluyen los aceites, grasas, ceras y otros compuestos relacionados. Interfieren con la actividad biológica en el sistema de tratamiento y en los cuerpos receptores. Estos compuestos tienden a flotar sobre la superficie del agua y limitan la transferencia de oxígeno.

### 4) Materia flotante

“La determinación de materia flotante en aguas residuales es de gran importancia para el control y tratamiento de las descargas. Es un método cualitativo y se basa en la observación de la materia flotante en una muestra de aguas residuales en el sitio de muestreo”.<sup>26</sup>

### 5) Sólidos suspendidos totales

“La presencia de sólidos en las aguas residuales provocan aumento en la turbidez, menor penetración de luz en las aguas lo que reduce la fotosíntesis. Los sólidos suspendidos totales de una muestra de agua residual industrial o doméstica, se definen como la porción de

---

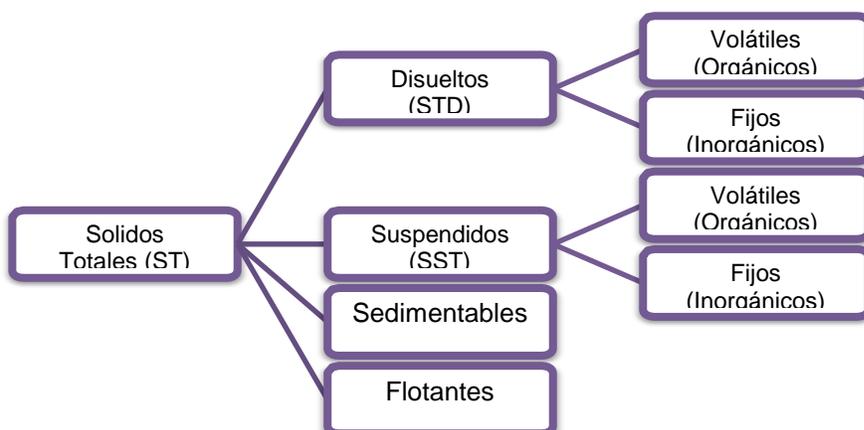
<sup>25</sup> Ibidem., 45

<sup>26</sup> Ibidem.

sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio, previamente pesado, que posteriormente se seca a 103- 105°C hasta peso constante. El incremento de peso del filtro representa el total de sólidos suspendidos”.<sup>27</sup>

Lo Sólidos suspendidos también pueden afectar la capacidad visual de los peces, tapan sus branquias y afectan su crecimiento lo que ocasiona en muchos de ellos la muerte.

### ILUSTRACIÓN 1 IDENTIFICACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



Fuente: *Manual del ingeniero químico*. 2 006

#### 6) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días, a veinte grados Celsius

La Demanda Bioquímica de Oxígeno según el Acuerdo Gubernativo 236-2006 es la cantidad de oxígeno que utilizan los microorganismos para llevar a

<sup>27</sup> Verrey Jack, *Agua su calidad y tratamiento*. México, UTEHA: Editorial American water works association, 1968, 564 p.

cabo la reducción de la materia orgánica.

“La medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius”.<sup>28</sup>

## 7) Demanda química de oxígeno

Acuerdo Gubernativo 236 – 2006<sup>29</sup>. La medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.

“Parte de los materiales orgánicos no se pueden degradar biológicamente porque resultan ser tóxicos a los microorganismos o porque su reducción llega a ser tan lenta que son considerados como no biodegradables. Estos materiales son los pesticidas, insecticidas y herbicidas”.<sup>30</sup>

## 8) Nitrógeno total

---

<sup>28</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Acuerdo Gubernativo 236-2006. Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Guatemala, 2006. p. 2.3.

<sup>29</sup> Ibidem., 4

<sup>30</sup> Canter Willson, *Manual de evaluación de impacto ambiental*. Editorial Mc.Graw 1998.

“El nitrógeno y el fósforo, son nutrientes los cuales causan problemas importantes en el medio ambiente y requieren una especial atención en los vertidos de aguas residuales industriales. El nitrógeno, fósforo o ambos pueden provocar un aumento de la productividad biológica, disminuyendo los niveles de oxígeno disuelto, dando lugar a la eutrofización de lagos, ríos, etc”.<sup>31</sup>

## 9) Fósforo total

“Está constituido por las formas usuales en solución acuosa: fósforo orgánico, polifosfato y ortofosfato. Con el tiempo, el fósforo orgánico y el polifosfato se degradan a ortofosfato, la cual se asume es la forma principal presente en las aguas residuales”.<sup>32</sup>

## 10) Color

“La naturaleza de las sustancias presentes en el agua residual, varía en función del uso que se le haya dado con anterioridad o de los materiales con que haya estado en contacto, muchos de los cuales producen una coloración característica que facilita su identificación. El color en el agua se debe a la existencia de sustancias disueltas o en suspensión o a la presencia de material coloidal”.<sup>33</sup>

---

<sup>31</sup> Ibidem., 3.

<sup>32</sup> Mayorga Ilicona, *Estudio sobre la cantidad y calidad de las aguas negras en el proyecto '10' del INVI. Tesis Ing. Civ.* Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1969, 73 p.

<sup>33</sup> Garcia Ferrer Carlos. *Tratamiento biológico de aguas de desecho. Trad.* México,

### 1.2.7 Características microbiológicas de las aguas residuales

José María<sup>34</sup>, en el análisis microbiológico del agua residual no buscamos tal o cual microorganismo patógeno, es decir, no se aísla o se identifica los microorganismos patógenos del agua, sino que averiguamos si esta tiene o no contaminación de origen fecal. El análisis microbiológico se define como el conjunto de operaciones encaminadas a determinar los microorganismos presentes en una muestra de agua, el interés se centra en los microorganismos patógenos que son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos, que transmiten enfermedades.

#### a. Toma de muestras para análisis microbiológico

“Las muestras que se toman para el análisis deben ser representativas para poder determinar así su calidad microbiológica. Hay normas para la toma de muestras de aguas según sus distintas procedencias (grifos, pozos, depósitos, lagos, ríos, manantiales, etc.) para su recogida debe utilizarse frascos estériles y debe recolectarse cantidades comprendidas entre 500 y 1000 ml”.<sup>35</sup>

#### 1) Coliformes fecales

El Acuerdo Gubernativo 236-2006<sup>36</sup>, Se

---

Limusa. 1986, 338 p.

<sup>34</sup> Ibidem.

<sup>35</sup> Ibidem., 8

<sup>36</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Acuerdo Gubernativo 236-2006.

consideran organismos exclusivamente fecales, *Escherichia coli*, coliformes fecales y estreptococos fecales. El término coliformes agrupa a diversas especies bacterianas que pertenecen a la familia de las Enterobacteriáceas, y cuya característica fundamental es la fermentación de la lactosa con producción de gas. Incluye como característica biológica del agua residual las coliformes fecales. Este es el parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente.

#### **1.2.8 Zonificación para descarga de aguas residuales en ríos o efluentes**

Unada Opazo<sup>37</sup>, habla que una zonificación para las descargas de aguas residuales en ríos o efluentes, las cuales son:

##### **b. Zona de degradación**

Esta zona se encuentra muy cerca del punto de descarga de las aguas residuales, esta zona produce depósitos de lodos con un olor desagradable y a simple vista se puede observar un cambio de color en el punto de descarga.

“Esta zona se encuentra muy cerca del punto de descarga de las aguas negras. En esta zona, las cualidades físicas y químicas del agua son deterioradas y las formas de vida inferior más tolerantes reemplazan

---

Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Guatemala, 2006. p. 2.3

<sup>37</sup> Unada Opazo, Francisco, Zonificación para descargas de aguas residuales, Ingeniería sanitaria Gestión del agua y salud pública, Perú, 2013

a las formas de vida superior. En esta zona de degradación aumenta la flora bacteriana, se producen depósitos de materia orgánica, decrece paulatinamente el oxígeno disuelto y se incrementa el anhídrido carbónico. En cuanto viene la descomposición, hongos acuáticos reemplazan a las plantas verdes y microorganismos superiores”.<sup>38</sup>

### **c. Zona de activa descomposición**

Hector Solis<sup>39</sup>, realizó un Diagnostico de las aguas residuales municipales y habla que la zona de activa descomposición está caracterizada por la ausencia de oxígeno disuelto y condiciones sépticas, marcado color gris oscuro, con olor característico a descomposición de aguas negras (ácido sulfhídrico, olor a huevos descompuestos), depósitos de lodo negro viscoso y desprendimiento de burbujas de gas. Al establecerse la descomposición anaerobia, se incrementa el anhídrido carbónico, y el amoníaco y las bacterias anaerobias reemplazan a las aerobias, descomposición que permanece hasta que la DBO es menor que la tasa de aireación.

### **c. Zona de recuperación**

En esta zona, las características son opuestas a la zona de degradación. Se puede observar una gradual clarificación del agua, no hay burbujas, no hay olores desagradables y se presenta la vida acuática.

---

<sup>38</sup> Ibidem., 45

<sup>39</sup> Solis Cuellar, Hector Antonio. *Diagnóstico de las aguas residuales Municipales*, trabajo de graduación, ingeniería, facultad de agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, octubre de 2005

“El oxígeno disuelto se incrementa hasta el punto de saturación, disminuye el anhídrido carbónico mientras que los nitritos y nitratos aumentan. El recuento bacteriano disminuye a medida que baja el alimento del agua y se desarrollan protozoos, rotíferos y crustáceos”.<sup>40</sup>

#### **d. Zona de aguas claras**

Esta zona se caracteriza por una similitud con las aguas naturales. Es atractiva en apariencia y tiene vida animal y vegetal normal. En esta zona hay bacterias aerobias junto con otros microorganismos, y las condiciones permiten la vida superior (peces).

Salazar Doreen<sup>41</sup>, en un curso de agua en el cual se pretende mantener las condiciones agradables al sentido de la vista y el olfato, que haya vida superior y que sea atractiva desde el punto de vista urbanístico, el contenido de oxígeno del agua no debe bajar de 5 mg/l, para ello es necesario estudiar la carga orgánica máxima permitida, considerada en función de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

---

<sup>40</sup> Mayorga Ilicona, Estudio sobre la cantidad y calidad de las aguas negras en el proyecto '10' del INVI. Tesis Ing. Civ. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1969, 73 p.

<sup>41</sup> Doreen Brown Salaza, *Guía para el manejo de excretas y aguas residuales Municipales*, (proarca/sigma, Guatemala) 2004.

### 1.2.9 Recolección de muestras

#### a. Cantidad

Carlos Arita<sup>42</sup>, para la mayor parte de los análisis físicos y químicos es suficiente una muestra de uno a dos litros dependiendo el tipo de análisis, pero para ciertas determinaciones especiales, se puede necesitar un mayor volumen.

No debe utilizarse la misma muestra para examen químico y microbiológico porque es diferente la técnica de recolección y manejo.

#### b. Muestras representativas

“Se debe poner especial cuidado para que se obtenga una muestra que sea realmente representativa de las condiciones existentes y para que se maneje en una forma tal que no se deteriore o contamine antes de llegar al laboratorio. Antes de llenarlo se debe enjuagar el frasco de muestra, por dos o tres veces, con la misma agua que se va a muestrear”.<sup>43</sup>

---

<sup>42</sup> Arita armendariz, Carlos. *Las aguas negras en el riego*. Guatemala, Dirección Técnica de Riego y Avenamiento. Publicación Técnica no. 8, 1985. 23 p

<sup>43</sup> Velasquez mazariegos *Caracterización cualitativa y cuantitativa del recurso agua de la cuenca del río Grande de Zacapa. Tesis Ing. Agr.* Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 1984, 136 p.

### 1.2.10 Tipos de muestras

Fabián Yáñez<sup>44</sup>, hay tres tipos básicos de muestra:

#### a. Muestra simple

Es la toma de una muestra en un lugar y tiempo específicos, que representa la composición del agua en un tiempo y lugar.

#### b. Muestra compuesta

Es una serie de muestras simples combinadas tomadas en tiempos diferentes.

#### c. Muestra integrada

Una serie de muestras simples combinadas tomadas en diferentes lugares de la misma corriente, pero en el mismo tiempo.

### 1.2.11 Carga Contaminante

---

<sup>44</sup> Yanez, Fabián. *Criterios para la selección de procesos de tratamiento de aguas residuales*. Ginebra, Suiza: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS., 1 978.

Fabián Yáñez<sup>45</sup>, los efectos de las aguas residuales sobre los sistemas de tratamiento y sobre la fuente receptora es función de sus características o composición, es decir, de su concentración así como de su cantidad o caudal. El producto de la concentración por el caudal, en un sitio específico, se denomina carga y generalmente se expresa en kg/d.

En la evaluación y control de la contaminación, la cuantificación de la concentración y de la carga contaminante del agua residual es de máxima importancia para:

- a. Asegurar diseños confiables de los sistemas de tratamiento.
- b. Equidad en los costos.
- c. Calcular tasas retributivas asignadas por tratamiento o por disposición de efluentes de aguas residuales.
- d. Su concentración, mg/lts, ppm
- e. Carga contaminante, kg/día.

### 1.2.12 Alcantarillado

“Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías usados para el transporte de aguas residuales o servidas (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia, (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten a cauce o se tratan”.<sup>46</sup>

---

<sup>45</sup> Ibidem., 78

<sup>46</sup> CPIS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, *sistemas de alcantarillado*, Peru, lima, 2002.

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente –CEPIS-. En el tema de Sistemas de Alcantarillado. Existen en funcionamiento redes de alcantarillado mixto, es decir, que juntan las aguas negras y las aguas de lluvia (sistemas unitarios). Este tipo de alcantarillado es necesario en zonas secas y con épocas de escasa pluviosidad, puesto que los sistemas de pluviales no usados, pueden convertirse en un foco de infecciones. Ciertamente existe la posibilidad de poner en las cabeceras de los ramales arcas de descarga que, cada cierto tiempo, descargan una cierta cantidad de agua para limpiar los conductos, pero es un gasto que muchas zonas no se pueden permitir precisamente por falta de agua y por ser necesario hacerlo en las estaciones secas

### **1.2.13 Tratamiento de aguas residuales**

Salaza Doreen<sup>47</sup>, Al final del alcantarillado sanitario, es importante ubicar una planta de tratamiento. Para escoger el tipo de tratamiento, es importante considerar. Las leyes nacionales, las metas establecidas para la protección de la salud y el ambiente, factores económicos, terrenos disponibles, valores de los terrenos y capacidades para la operación y el mantenimiento.

---

<sup>47</sup> Doreen Brown Salaza, *Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales*. Guatemala, Edición PROARCA/SIGA, Guatemala 2004

**CUADRO 3**  
**CLASIFICACIÓN ACOSTUMBRADA SOBRE EL TRATAMIENTO**  
**DE AGUAS RESIDUALES**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Tratamiento preliminar o pre-tratamiento	Es el conjunto de unidades que tienen como finalidad eliminar materiales gruesos, que podrían perjudicar el sistema de conducción en la planta. Las principales unidades son las rejas y el desarenador.
Tratamiento primario	La finalidad de este es remover sólidos suspendidos por medio de sedimentación, filtración, flotación y precipitación
Tratamiento secundario	La finalidad de este, es remover material orgánico en suspensión. Se utilizan procesos biológicos, aprovechando la acción de microorganismos, que en su proceso de alimentación degradan la materia orgánica.
Tratamiento terciario	Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad físico-químico y biológica alta adecuada para cuerpos receptores sensitivos o para ciertos tipos de re-uso. Normalmente se trata de remover nutrientes (nitrógeno y fosforo) del agua, porque estos estimulan el crecimiento desmedido de plantas acuáticas.
Desinfección	Es el tratamiento adicional para remover patógenos (microorganismos)
Tratamiento de lodos	Es el tratamiento de la porción "sólida" (más del 80% es agua) removida del agua contaminada. La finalidad del proceso es secar y tratar esa materia con una combinación de tiempo y temperatura para eliminar los patógenos.

**Fuente:** Guía para el manejo de excretas y aguas residuales Municipales. Año 2 004.

### 1.2.14 Sistemas de tratamiento

**CUADRO 4  
UNIDADES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

<b>UNIDAD DE TRATAMIENTO</b>	<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CONSIDERACIONES</b>
Fosa sépticas	Primario avanzado	Proceso de sedimentación y descomposición anaerobia. Los lodos se remueven parcialmente estabilizados y digeridos.	Debe de ir seguido por un tratamiento secundario o infiltración del efluente.
Tanque Imhoff	Primario Avanzado	Proceso de sedimentación y descomposición anaerobia. Los lodos salen estabilizados y digeridos.	Debe de ir seguido por un tratamiento secundario.
Sedimentador Primario	Primario	Lodos no salen estabilizados	Debe de ser antecedido de una unidad desarenadora
Reactor Anaerobio de flujo ascendente (RAFA)	Primario Avanzado	Proceso de sedimentación y descomposición anaerobia. Produce lodos estabilizados y digeridos.	Debe de ir seguido por un tratamiento secundario por ejemplo, lagunas, filtros percoladores (lo que ha sido más aplicado en Centroamérica) o filtros anaerobios de flujo ascendente.
Filtros percoladores	Secundario	Funcionamiento por gravedad Proceso aerobio generando un comensalismo bacteriano	Va antecedido por sistema de sedimentación. Si no existe un sitio con suficiente pendiente, el bombeo es necesario

Lagunas de estabilización	Primario, secundario y terciario	Trabajan de forma anaerobia o facultativa, de acuerdo a sus dimensiones. Producen lodo estabilizado	Pueden ser utilizadas como unidades individuales de tratamiento o como un solo sistema.
---------------------------	----------------------------------	---	---

**Fuente:** Guía para el manejo de excretas y aguas residuales Municipales. 2 004.

### 1.2.15 Costos de implementación de los sistemas

Salaza Doreen<sup>48</sup>, en la Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales, Programa Ambiental Regional para Centroamérica estable los costos de la construcción de obras para el manejo de excretas y aguas residuales juntamente con el costo por mano de obra local, de disponibilidad de materiales locales, topografía (necesidad de bombeo), costo de acarreo, densidad de casas, tamaño de la construcción (el costo/familiar de plantas de tratamiento es más alto para plantas de pequeñas escala) y por el tipo de sistema o tecnología de tratamiento a utilizar.

“Dadas todas estas consideraciones, es difícil encontrar y sistematizar información única sobre los costos estimados para los diferentes sistemas. Sin embargo, el siguiente cuadro resume información disponible que pueda guiar o dar una idea general de los rangos de costos para diferentes soluciones. Estos costos se pueden minimizar utilizando maquinaria y labor de la municipalidad, si fuera disponible. Es de notar que es importante presupuestar costos por administración del proceso y para programas de educación comunitaria al inicio y periódicamente”.<sup>49</sup>

---

<sup>48</sup> Doreen Brown Salaza, *Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales*. Guatemala, Edición PROARCA/SIGA, Guatemala 2004

<sup>49</sup> *Ibidem.*, 12

**CUADRO 5**  
**COSTOS INVOLUCRADOS EN EL MANEJO DE EXCRETAS Y**  
**AGUAS RESIDUALES, DÓLARES (\$)**

<b>Tipo</b>	<b>Costo de construcción por familia</b>	<b>Costo mensual de construcción por familia</b>	<b>Costo mensual de operación por familia</b>	<b>Costo total mensual por familia</b>
<b>Sistemas individuales</b>				
Letrinas	125-400	1.2-3.8	1	2.2-4.8
Inodoro con tanque séptico y fosa o campo de absorción	350-500	3.3-4.8	1	4.3-5.8
Sumidero o zanja de absorción para aguas grises	50-150	0.48-1.4	0.4	0.88-1.8
Sistemas de tratamiento "paquete" de lodos activados	600-1500	5.7-14	4.0-8.0	9.7-22
<b>Alcantarillado</b>				
Alcantarillado pluvial	250-750	2.4-7.2	3.0-5.0	5.4-12
Alcantarillado sanitario sin arrastre de sólidos	100-200	0.96-1.9	1.0-1.5	2.0-3.4
Alcantarillado simplificado	110-200	1.1-1.9	1.4-3.0	2.5-3.4
Alcantarillado sanitario convencional	150-450	1.4-4.3	1.0-2.5	2.4-6.8
Alcantarilla combinado	250-850	2.4-8.1	3.0-5.0	5.4-13
Estación de bombeo	15 – 30	0.14 – 0.29	2.0 – 4.0	2.1 – 4.3
<b>Plantas de tratamiento</b>				

Tanque séptico comunal	35 – 50	0.33 – 0.48	1.3 – 3.0	1.5 – 3.5
Tratamiento primario, filtros percoladores	175 – 350	1.7 – 3.3	3.0 – 5.0	4.7 – 8.3
Lagunas	125 – 250	1.2 – 2.4	2.0 – 3.0	2.2 – 5.4
Lodos activados	500 – 2500	4.8 – 24	5.0 – 10	9.8 - 34

**Fuente:** Guia para el manejo de excretas y aguas residuales Municipales. 2 004.

### 1.3 Marco referencial

#### 1.3.1 Descripción del área

Con el programa ArcGis se pudo identificar el área de estudio que contemplo aproximadamente cuatro kilómetros de recorrido por el río Cahabón, dos punto cinco kilómetros del río proveniente del balneario las islas (río Chió) y un kilómetro del río *Tzimajil*, en los cuales se encuentran veintiún drenajes de aguas residuales municipales, donde quince de ellos van directamente al río Cahabón, tres al río *Tzimajil* y los tres restantes provienen del río Chió, que posteriores que se unen con el río Cahabón.

#### 1.3.2 Localización geográfica

“El municipio de San Pedro Carchá está ubicado en una latitud de 15° 28’38” y longitud de 90° 18’38”, la distancia del municipio a la cabecera departamental es de ocho kilómetros y de la cabecera municipal a la capital de Guatemala es de 219 kilómetros, ambas carreteras asfaltadas. Se accede desde Guatemala por la carretera CA-14, 83 kilómetros hasta el Rancho Guastatoya, El Progreso, luego el desvío por la ruta RN-14 hasta Cobán”.<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Diagnostico socioeconómico, Del Municipio de San Pedro Carchá, de la facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. 2009

En el sistema de cuencas de Guatemala, muestra que la cuenca del río Cahabón se une en el río Polochic en la localidad de Panzos y desembocar en el lago de Izabal.

Con información del Diagnóstico socioeconómico del municipio de San Pedro Carchá, se habla que desde la época de los mayas, el río ha tenido una importancia capital en el desarrollo de la región de Alta Verapaz, siendo sus orillas el lugar elegido para establecer numerosos asentamientos humanos y sus aguas utilizadas para el consumo de las personas y el desarrollo de la agricultura. Su caudal es alimentado por más de 50 pequeños afluentes y entre ellos está el río *Tzimajil* y el río Chió.

### 1.3.3 Localización ecológica

Jorge Cruz<sup>51</sup>, Basado en el sistema Holdridge, indica que el área se encuentra en la zona de vida de Bosque muy húmedo subtropical (frio).

“La clasificación según Thorntwaite es clima templado y con abundante vegetación con una temperatura media anual que varía entre 19.7° y 25.4°C, en donde la época más lluviosa es de junio a octubre, con una precipitación promedio anual de 2,500 – 3,000 mm”.<sup>52</sup>

---

<sup>51</sup>, Cruz Jorge Rene, *Clasificación de zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge*. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 1975, 24 p

<sup>52</sup>.Ibidem.

## **CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA**

Para alcanzar los objetivos propuestos se realizaron visitas de reconocimiento a la zona objeto de estudio y según las normas establecidas en el acuerdo Gubernativo 236–2006. Reglamento de las Descargas y Reusó de las Aguas Residuales y Disposición de Lodos y su reforma acuerdo gubernativo 129-2015. Para analizar los resultados que obtenidos. En los numerales siguientes se describen las fases de la metodología utilizada.

### **2.1 Tipo de investigación**

El presente proceso investigativo propuesto, se identificó por ser una investigación cuantitativa, con base a la caracterización de las descargas de aguas residual, observación directa, el análisis de carga contaminante, entrevistas y encuestas, cuya información describió una serie de hechos, para alcanzar cada uno de los objetivos específicos. Las observaciones fueron analizadas para encontrar las razones o causas de los efectos de las aguas residuales.

Finalmente la investigación propone alternativas de solución por medio de sistemas de tratamiento basados en la caracterización de las aguas residuales y las condiciones en las que se encuentra el nivel de contaminación de los ríos Cahabón, Chió y *Tzimajil* del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, punto de referencia que permitirá aplicar a corto, mediano y largo plazo el plan de manejo para cada descarga municipal que al mismo tiempo permita el rescate de los ríos.

## **2.2 Métodos de investigación**

De acuerdo con los objetivos planteados, se utilizaron métodos cuantitativos, ajustándose a la necesidad que cada proceso de la investigación requirió o disposición de información. El método cuantitativo en esta investigación permitió, desde la caracterización y el análisis de los datos de laboratorio, lograr generalizar comportamientos o aptitudes de los entes contaminantes y generadores de las descargas de las aguas residuales municipales y clandestinas.

## **2.3 Población**

Fue establecida por 50 viviendas alrededor del recorrido del río Cahabón y de los ríos alrededor (*Chió* y *Tzimajil*) del mismo, del cual se tomaron muestras de aguas de las descargas residuales de los drenajes de la cabecera municipal, mismas que fueron sometidas a análisis.

## **2.4 Fuentes de información secundaria**

Con este primer paso se utilizó la técnica de recopilación, revisión y análisis de la información secundaria bibliográfica, de documentos históricos, archivos y cartográfica, en particular la relacionada con los estudios que sirvieron para la caracterización de las descarga de las aguas residuales, los sistemas a desarrollar, sistemas de tratamiento existentes, las características del recurso hídrico, del suelo, análisis de calidad de agua para la fuente receptora, tipo de tanques sépticos instalados, fabricantes, diseños implementados, entre otros.

Adicionalmente se realizaron consultas para la recopilación de información de aspectos históricos y técnicos con el personal de la Oficina de Planificación Municipal del Municipio de San Pedro Carchá, A.V.

## 2.5 Indicadores de impactos en las aguas superficiales

Se evaluaron dos tipos principales de impactos de la contaminación en las aguas superficiales, estas fueron: no puntuales y puntuales. Las fuentes no puntuales también se denominan de área o difusas. Los contaminantes difusos se refieren aquellas sustancias que pueden introducirse en los cauces receptores como consecuencia de zonas urbanas, zonas industriales o escorrentía rural.

“Las fuentes puntuales están relacionadas con vertidos específicos de complejos municipales o industriales, por ejemplo, compuestos orgánicos o metales que acceden al agua superficial como consecuencia de los vertidos de aguas residuales de una industria”.<sup>53</sup>

Willson Canter<sup>54</sup>, se determinaron los compuestos orgánicos solubles, representados por residuos con alta DBO, que provocan el agotamiento del oxígeno en el agua superficial. Que estos ocasionan la muerte de los peces y la aparición de organismos acuáticos y olores indeseables, debido a las condiciones anaerobias. Los sólidos a su vez disminuyen la transparencia del agua y dificultan los procesos fotosintéticos. Esta caracterización se realizó de acuerdo al siguiente cuadro.

---

<sup>53</sup> Canter Willson, Manual de evaluación de impacto ambiental. Editorial Mc.Graw Hill, 2 ed. 1998.

<sup>54</sup> Ibidem.

**CUADRO 6**  
**CONTAMINANTES IMPORTANTES A EVALUAR DE LAS AGUAS**  
**SUPERFICIALES Y SUS IMPACTOS**

<b>Contaminantes</b>	<b>Razón de su importancia</b>
Sólidos en suspensión	Los sólidos suspendidos pueden producir depósitos de fango y condiciones anaerobias cuando se vierten aguas residuales sin tratar en el medio acuático
Materia orgánica Biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas, la materia orgánica biodegradable se mide comúnmente en forma de DBO. Si se vierte sin tratar al medio ambiente, su estabilización biológica puede producir el agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y el desarrollo de condiciones sépticas
Patógenos	Los organismos patógenos pueden transmitir enfermedades a través del agua
Compuestos inorgánicos	Los constituyentes inorgánicos, como el calcio, sodio y sulfato, disueltos aparecen en el agua de abastecimiento como resultado de la utilización del agua y tienen que eliminarse si el agua residual se va a reutilizar

**Fuente:** *Manual de evaluación de impacto ambiental. Año 1998.*

Los límites en el uso del agua se determinaron con la siguiente matriz (cuadro 7) donde se resumen los impactos que se relacionan al deterioro potencial por los contaminantes y el uso del agua.

## CUADRO 7

### LIMITE EN LOS USOS DEL AGUA DEBIDO A LA DEGRADACIÓN DE SU CALIDAD

Contaminante	Uso						
	Agua para consumo	Vida acuática	Usos recreativos	Riego	Usos industriales	Energía y refrigeración	Paisaje
<b>Patógenos</b>	XX	0	XX	X	XX <sup>3</sup>	NA	NA
<b>Sólidos en suspensión</b>	XX	XX	XX	X	X	X <sup>b</sup>	X <sup>c</sup>
<b>Materia orgánica</b>	XX	X	XX	+	XX <sup>d</sup>	XX <sup>e</sup>	NA
<b>Algas</b>	X <sup>e,i</sup>	X <sup>g</sup>	XX	+	XX <sup>d</sup>	X <sup>e</sup>	X <sup>h</sup>
<b>Nitrato</b>	XX	X	NA	+	XX <sup>a</sup>	NA	NA
<b>Sales</b>	XX	XX	NA	XX	XX <sup>i</sup>	NA	NA
<b>DBO y DQO</b>	XX	XX <sup>h</sup>	XX <sup>i</sup>	XX	X	NA	X <sup>h</sup>
<b>Micro-contaminantes orgánicos</b>	XX	XX	X	X		NA	NA
<b>Acidificación</b>	X	XX	X		X	X	NA

xx= daño importante; 0= ningún daño; x= daño menor; na= no aplicable; <sup>a</sup>= industrias cárnicas; <sup>b</sup> = abrasión; <sup>c</sup>= depósitos de sedimentos en los canales; <sup>d</sup>= industrias eléctricas; <sup>e</sup>= obstrucción de los filtros; <sup>f</sup>= olor, sabor; <sup>g</sup>= en estanques de peces puede aceptarse mayor biomasa algal; <sup>h</sup>= desarrollo de jacintos de agua (*Eichhonia crassipes*); <sup>i</sup>= Ca, Fe, Mn, en las industrias textiles, etc

**Fuente:** Manual de evaluación de impacto ambiental. Año 1 998.

## **2.6 Selección de puntos de muestreo**

Para el proceso de identificación y evaluación de los entes generadores de aguas residuales. Se realizó un recorrido en lancha por el río Cahabón y Chió, y un recorrido a pie por toda la orilla de los tres ríos para obtener la cantidad real y exacta de los entes contaminantes ya sean domiciliarios, industriales, y municipales, determinando por medio del sistema de alcantarillado público y el caudal constante de los desfuegos los que son de ente municipal georreferenciados ubicándolos con sus respectivas coordenadas en donde se muestrearon bajo el criterio de evaluar los parámetros, caudal y deterioro del área según el acuerdo gubernativo 236-2006 y su reforma.

## **2.7 Indicadores de calidad del agua**

Los indicadores de la calidad de agua y sedimentos de los desfuegos de aguas residuales se muestran en los límites máximos permisibles y plazos establecidos para las municipalidades. Indicadores de interpretación a partir del análisis de los resultados, información secundaria del estudio y diseños implementados por la principal autoridad ambiental, con la experiencia en el tema el MARN, mediante el acuerdo gubernativo 236 – 2006, reglamento de las descargas y reusó de las aguas residuales y disposición de lodos, en su artículo 16. Parámetros de aguas residuales y según el catastro de usuarios. Con los índices de la calidad ambiental de las aguas. Estos determinaron el conjunto de características con relación a las condiciones ambientales que propician la preservación de la flora y la fauna.

### **2.7.1 Indicadores de interpretación a partir del análisis de resultados**

Para la interpretación de los resultados del laboratorio, se

utilizó el acuerdo gubernativo 236 – 2006, Reglamento de las Descargas y Reusó de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos” en su artículo 24. Límites máximos permisibles de descargas a cuerpos receptores para aguas residuales municipales y de urbanizaciones no conectadas al alcantarillado público.

### CUADRO 8 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES Y PLAZOS ESTABLECIDOS PARA LAS MUNICIPALIDADES

No.	Parámetros	Artículo 24 del Reglamento				
		Valor inicial	Año 2017	Año 2020	Año 2024	Año 2029
1	Temperatura (°C)	TCR+/- 7	TCR+/- 7	TCR+/- 7	TCR+/- 7	TCR+/- 7
2	Grasas y Aceites (mg/l)	100	50	10	10	10
3	Material Flotante	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
4	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO <sub>5</sub> (mg/l)	700	250	100	100	100
5	Sólidos Suspendidos totales (mg/l)	300	275	200	100	100
6	Nitrógeno total (mg/l)	150	150	70	20	20
7	Fosforo total (mg/l)	50	40	20	10	10
8	Potencial de Hidrogeno pH (u) (laboratorio)	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
9	Coliformes Fecales	< 1.0 x 10 <sup>8</sup>	< 1.0 x 10 <sup>7</sup>	< 1.0 x 10 <sup>4</sup>	< 1.0 x 10 <sup>4</sup>	< 1.0 x 10 <sup>4</sup>
10	Arsénico (As) (mg/l)	1	0.1	0.1	0.1	0.1
11	Cadmio (Cd) (mg/l)	1	0.1	0.1	0.1	0.1
12	Cianuro (Cn) (mg/l)	6	1	1	1	1
13	Cobre (Cu) (mg/l)	4	3	3	3	3
14	Cromo Hexavalente (Cr VI) (mg/l)	1	0.1	0.1	0.1	0.1
15	Mercurio (Hg) (mg/l)	0.1	0.02	0.02	0.01	0.01
16	Níquel (Ni) (mg/l)	6	2	2	2	2
17	Plomo (Pb) (mg/l)	4	0.4	0.4	0.4	0.4
18	Zinc (Zn) (mg/l)	10	10	10	10	10
19	Color aparente	1500	1000	750	500	500

**Fuente:** Reglamento de Descargas de Aguas Residuales, Acuerdo Gubernativo 236-2006. Año 2006.

## **2.8 Técnicas de observación**

Unada Opazo<sup>55</sup>. La zonificación del río se determinó mediante observaciones directas y a la apreciación de características de acuerdo a las especificaciones.

Para el análisis físico-químico se recolectaron muestras simples de cada uno de los drenajes municipales. Para el análisis microbiológico (determinación de coliformes fecales, DBO y DQO), se recolectaron muestras simples, considerando únicamente el agua de los drenajes municipales, de conformidad con las recomendaciones que propone el laboratorio.

## **2.9 Trabajo de campo**

### **2.9.1 Inventario y cartografía de los entes generadores**

Se realizó la cartografía de la zona para delimitar la porción de la cuenca objeto de estudio. Se identificó la quebrada y sus afluentes en la zona a estudiar, así mismo las líneas divisorias que definían las quebradas y el número existente de los entes generadores de contaminación ya sean domiciliarios, industriales o municipales.

Con el plano topográfico y ayudado de las ortofotos por medio del programa Arcgis 10.1, se seleccionaron en primera instancia con sus respectivas coordenadas en WGS 85 UTM y GTM, los entes generadores de las viviendas, industrias y

---

<sup>55</sup> Unada Opazo, Francisco, Zonificación para descargas de aguas residuales, Ingeniería sanitaria Gestión del agua y salud pública, Perú, 2013.

municipales que están localizadas en la cuenca y en los ríos adyacentes que fueron objeto de visita.

### **2.9.2 Zonificación y catastro de usuarios**

Se realizó una zonificación del área para cada desfogue municipal con la categoría de zona de degradación, zona de activa descomposición, zona de recuperación y zona de aguas claras.

Se realizó la distribución de la clasificación de los usuarios que están conectados al alcantarillado público para determinar las zonas y sectores que corresponden a los desfogues municipales y las áreas potencialmente comerciales e industriales para la realización de los análisis de metales pesados. Con relación al acuerdo gubernativo 236 – 2006, en su artículo 12. Exención de medición de parámetros, que establece, la exención de medición de parámetros cuando se demuestre a través del Estudio al que se refiere el estudio técnico, del reglamento. Por tal razón no se realizaron los análisis de metales pesados, por la falta de industrias generadoras de químicos.

### **2.9.3 Localización y ubicación de los puntos a muestrear**

En el mapa 1 se presenta la ubicación exacta de los puntos muestreados estos son desfogues municipales, con sus respectivas coordenadas, los muestreos se realizaron con las recomendaciones del laboratorio ecológico y químico ECOQUIMSA, estas son:

- a. Colocar la información de los puntos en la etiqueta y en la

hoja de recepción de datos *in situ*. Colocar con marcador indeleble.

- b. Todas las muestras se estabilizan colocándolas en una hielera a temperatura de 5C°. Después de la toma de muestra, no debe de pasar 23 horas después de la misma ya que puede haber cambios en la muestra.
- c. En la hielera se enviara un frasco de alcohol, este servirá como un indicador para el laboratorio para determinar la temperatura de la muestra.
- d. Usar equipo de seguridad: guantes de látex, mascarilla simple y anteojos de seguridad.
- e. Antes de tomar la muestra, debe colocarse el equipo de seguridad necesario para la toma de muestra de agua.
- f. Cada envase llenarlo al borde, lo tapaná con el plug o lines y la tapa rosca.
- g. La muestra de microbiología, la tomará directamente del punto, en la bolsa estéril y la colocará en una bolsa tipo ziploc para aislarla del resto de las muestras.
- h. Identificar adecuadamente las muestras.
- i. Toda la información recabada deberá anotarla en la hoja de datos *in situ*.
- j. Colocar las muestras tomadas en la hielera y procederá a colocarles hielo para mantenerlas refrigeradas.<sup>56</sup>

---

<sup>56</sup> Laboratorio ECOQUIMSA, *Recomendaciones para la toma de muestra de agua residual*. Guatemala, 2015

## MAPA 1

### MAPA DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS 23 PUNTOS MUESTREADOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA, A.V.



**Fuente:** Investigación de campo. Año 2015

Para que las muestras no fuesen alteradas fueron tomadas en horarios de la mañana, y trasladadas por medio de tres hieleras con una temperatura de 5 grados para preservar la muestra en un periodo mínimo de 23 horas al laboratorio.

#### 2.9.4 Muestreo y análisis de laboratorio

Debido a uno de los objetivos del estudio que era evaluar

la contaminación por aguas residuales domésticas, se tomaron muestras para los siguientes parámetros: análisis Físico-químico, Análisis Microbiológico, DQO y DBO<sub>5</sub>. Estos análisis se realizaron en el laboratorio ecológico y químico ECOQUIMSA de la ciudad Capital.

### **2.9.5 Medición de caudal**

Identificados los desfogues de aguas residuales municipales se realizó la medición del caudal para cada una de ellos, esta caracterización se realizó de acuerdo al método volumétrico, de medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente de la descarga se desvió hacia el recipiente de 5 litros, se tomó el tiempo que demoró su llenado por medio de un cronometro, este análisis se realizó en horarios de la mañana de 6:00 AM a 10:00 AM.

### **2.10 Técnicas de recolección y análisis de datos**

Para el análisis físico-químico se recolectaron muestras de 1 litro de los desfogues municipales, en horario de la mañana en frascos de plástico con tapón esterilizado y debidamente rotulados con registros de fecha, lugar, hora y temperatura. Para el análisis microbiológico, se realizó un solo muestreo consistente en muestras simples de 0.5 litro, en una bolsa estéril y conducida bajo refrigeración.

“Los análisis microbiológicos fueron realizados mediante técnicas de incubación y cultivos bacterianos para las determinaciones de DBO<sub>5</sub> y DQO se realizaron pruebas en frascos especiales saturados de oxígeno, durante 5 días y con

una temperatura de 20 °C<sup>57</sup>.

Las muestras fueron recolectadas en épocas donde no se registró precipitación con la finalidad de obtener muestras bajo condiciones normales de las descargas, para ello se siguieron las técnicas y recomendaciones del laboratorio. Los análisis físico-químicos fueron realizados mediante técnicas tabulares, colorimetría y absorción atómica. Por la cantidad de muestras tomadas fue imposible muestrearlas las 23 en un solo día por lo cual se determinó tomar los desfogues D1 al D10 el día 06 de agosto y el día jueves 13 de agosto los desfogues D11 y D21 y las muestras E1 y S1 trasladando las muestras en tres hieleras hacia el laboratorio ECOQUIMSA. A continuación se presenta las fotografías que evidencias la metodología descrita.

### FOTOGRAFÍA 1 EQUIPO COMPLETO PARA LA TOMA DE MUESTRA



**Tomada por:** Joel Meléndez. Año 2 015

---

<sup>57</sup> Laboratorio ecológico y químico ECOQUIMSA “Metodología para procesar muestras”, Guatemala, 2015.

**FOTOGRAFÍA 2**  
**TOMA DE MUESTRA DE LA DESCARGA 5**



Tomada por: Edgar Meléndez. Año 2 015

**FOTOGRAFÍA 3**  
**TOMA DE MUESTRA DE LA DESCARGA 12**



Tomada por: Edgar Meléndez. Año 2 015

### **FOTOGRAFÍA 4**

### **TOMA DE MUESTRA DEL DESFOGUE 21**



Tomada por: Edgar Meléndez. Año 2 015

### **FOTOGRAFÍA 5**

### **TOMA DE MUESTRA DEL RÍO CAHABÓN SALIDA**



Tomada por: Edgar Meléndez. Año 2 015

### **FOTOGRAFÍA 6**

### **TOMA DE MUESTRA DEL RÍO CAHABÓN ENTRADA**



Tomada por: Edgar Meléndez. Año 2 015

### **FOTOGRAFÍA 7**

### **RECORRIDO EN LANCHAS POR EL RÍO CAHABÓN**



Tomada por: Edgar Meléndez. Año 2 015

## **FOTOGRAFÍA 8 RECORRIDO EN LANCHA POR EL RÍO CHIÓ**



Tomada por: Edgar Meléndez. Año 2 015

### **2.11 Descripción de las alternativas y propuestas de solución considerables de acuerdo al contexto local y a los datos a obtener**

En esta sección se compararon en primera instancia los resultados del laboratorio de las descargas de aguas residuales del municipio de San Pedro Carchá, con el Acuerdo Gubernativo 236-2006 y su reforma. Resultados que sirvieron para indicar las o la alternativa adecuada para el tratamiento de las mismas es decir el grado de limpieza o remoción de contaminantes que se esperaba de las “unidades de tratamiento”, se hizo una descripción de cada una de estas unidades y el conjunto que varias de ellas conforman para una planta de tratamiento. Se

presentan las ventajas y desventajas para el caso particular de la topografía del municipio de San Pedro Carchá, obteniendo la alternativa viable, a la situación del municipio.

## **2.12 Evaluaciones de las soluciones en las regiones priorizadas**

### **2.12.1 Evaluación técnica**

En la matriz (Cuadro 9). Se resumen los distintos parámetros para distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales. De este cuadro la variable cuyo costo es crítico es el espacio o metros cuadrados por habitante. En segunda instancia la calidad de mano de obra para la construcción y finalmente pero no menos importante en el caso del análisis financiero, el costo de la operación y mantenimiento. Con esta matriz se determinó el sistema de tratamiento más apto para las condiciones topográficas y a los resultados obtenidos en los veintiún análisis realizados en este estudio.



Decantación	0,04-3								
Microtamizado	0,02-1								
Referencia: MS=muy sencillo; S=sencillo; C=complicado; MC= muy complicado; MP=muy poco; P=poco; I=intermedio; B=bastante; M=mucho									

**Fuente:** *Guía para el Manejo de Excretas y aguas. Año 2 004*

### **2.13 Análisis presupuestal en la implementación de obras relacionadas, o de plantas de tratamiento**

Para este análisis se tuvo en cuenta tres tipos de costos existentes a considerar: costos de la Inversión, costos de la tierra o superficie donde se construirán las instalaciones, en caso no haya espacio municipal; costos de operación y mantenimiento.

### **2.14 Elaboración y edición del documento**

Luego de evaluada la información obtenida de la revisión bibliográfica, los datos de campo, los ensayos de laboratorio, los análisis interpretativos, los análisis comparativos, los cálculos de cargas contaminantes y una vez identificada la problemática existente, se realizó el informe con las alternativas viables y adecuadas a los resultados obtenidos, se plantearon sistemas de soluciones a la problemática actual del municipio, las recomendaciones y conclusiones, acompañado de las gráficas, figuras, fotografías y demás elementos necesarios para la comprensión integral del mismo.

### **CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo se analizan y explican los resultados obtenidos en la investigación y el análisis de los resultados con el Acuerdo Gubernativo 236-2006, de aguas residuales y su reforma 129-2015.

#### **3.1 Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales**

En la cabecera municipal se cuenta con un sistema de alcantarillado público, el cual está formado por tuberías y drenajes que recolectan e interconectan las aguas de tipo doméstico y especial, y son descargadas en otros cuerpos receptores.

Este alcantarillado público está formado por dos ramas principales que parten desde la parte con mayor elevación hasta su desagüe en la parte de menor elevación, respectivamente.

De igual manera conecta toda la tubería del servicio entre las viviendas con el drenaje principal. Por lo que la tubería se divide en veintiún sectores o cuarteles los cuales son:

El primer sector (D1) formado por drenajes de aguas negras y pluviales que abarca parte de las viviendas en la Colonia la Trinidad (Trinidad II), el mismo descarga sus aguas servidas en el punto denominado los Salesianos, (sector de hogar) denominado D1.

El segundo sector (D2) lo forma un sistema de tubería de drenajes que capta las aguas negras y pluviales de algunas viviendas en la Colonia la Trinidad (Trinidad I) y lo conduce hasta descargarlo en el punto denominado la Trinidad hacia el afluente del río *Tzimajil*, (sector de hogar).

El tercer y cuarto sector (D3 y D4) lo forman un sistema de tubería de drenajes que capta las aguas negras y pluviales de la Colonia Santo Domingo, en la zona 7 del municipio y que conduce las aguas hasta descargarlo en los puntos denominados Santo Domingo y el puente Chinja, (sector de hogares)

El quinto sector (D5) lo forma un sistema de tubería de drenajes que capta las aguas negras y pluviales del Barrio Boquicar en la zona 3 del municipio y una parte del barrio San Pablo , el mismo descarga sus aguas servidas en el punto denominado Pilita Boquicar, (sector de hogares, comercio y del Nacimiento de la Pilita).

El sexto sector (D6) formado por drenajes de aguas negras y pluviales abarca una parte del Barrio Chichum, específicamente la 3ª. Avenida. Donde descarga sus aguas servidas en el punto denominado el puente Chicoy, (sector de hogares).

El séptimo sector (D7) formado por un sistema de tubería y drenajes que capta las aguas negras y pluviales del barrio San Pablo, barrio Calvario, la mitad del barrio Sarachox, la zona 1 del municipio, parte del barrio Santiago, específicamente: el parque central, Despensa Familiar, mercado central, (4ª. y 5ª. Calle y 9ª. y 10ª. Avenida) que conduce las aguas hasta descargarlo en el punto denominado encuentro del Río Chió y del Río Cahabon, (sector de hogares y comercios).

El octavo sector (D8) formado por drenajes de aguas negras y pluviales abarca el Barrio Chichum en la parte alta, en la 2ª calle, 1ª avenida zona 2, la misma descarga sus aguas servidas en el punto denominado 2ª calle, 1ª avenida, zona 2, (Sector de hogares).

El noveno sector (D9) formado por drenajes de aguas negras y pluviales la mayoría de ellas son aguas negras, este sector abarca el oeste de la lotificación Raxpec, hacia la carretera del Instituto Hall y parte de la colonia China Peten, (sector de hogares).

El décimo sector (D10) formado por drenajes de aguas negras y pluviales la mayor parte de ellas aguas negras, este sector abarca el sur de la lotificación Raxpec, (sector de hogares).

El décimo primero (D11) está formado por drenajes de aguas negras y pluviales donde la mayor parte de las aguas es pluvial, este abarca el Mercado Chixtun, (Mercado Chixtun).

El décimo segundo (D12) está formado por drenajes de aguas negras y pluviales donde la mayor parte está formado por los negocios que están en la Calzada Chixtun y hogares al este de la lotificación Raxpec, (sector de hogares y comercios).

El décimo tercero (D13) está formado por drenajes de aguas negras y pluviales donde la mayor parte está formado por aguas pluviales, este sector abarca la mitad de la Colonia las Ilusiones (sector de hogares y de negocios).

El décimo cuarto (D14) está formado por drenajes de aguas negras y pluviales, este sector abarca una pequeña parte Colonia las

Ilusiones al norte y de la Colonia Chibujbu, (sector de hogares).

El décimo quinto (D15) está formado por drenajes de aguas negras y pluviales, este sector abarca una parte de la Colonia Chibujbu y otra parte de la Colonia las Ilusiones zona 5 en su parte superior (sector de hogares).

El décimo sexto (D16) está formado por drenajes de aguas negras y pluviales, abarca una parte barrio Santiago en la 3ª. Calle 8ª. 7ª. Avenida, la 1ª. Calle y 2ª. Calle del barrio Chichum (sector de comercios, negocios y hogares).

El décimo séptimo (D17) está formado por drenajes de aguas negras, es uno de los dos sectores más contaminados ya que en los análisis presento una alta demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno, este sector abarca una parte de la Colonia Chibujbu, punto denominado Beneficio de Café ya que este se encuentra adentro del área del Beneficio (sector de hogares)

El décimo octavo (D18) está formado por drenajes de aguas negras, este sector juntamente con el sector décimo séptimo son los dos más contaminados según los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio con una alta DBO y DQO, este sector abarca la Colonia Chibujbu, este descarga sus aguas residuales a un costado del Beneficio de Cafe (sector de hogares).

El décimo noveno (D19) está formado por drenajes de aguas negras, este sector abarca todo el barrio Canihab (sector de hogares)

El vigésimo sector (D20) está formado por drenajes de aguas negras y pluviales donde se destaca el agua pluvial en este sector, de acuerdo a los análisis presenta una leve contaminación debido a que el

agua pluvial afecto los resultados de las aguas negras, el sector abarca la mitad del barrio San Pedro, Barrio Setoc, Chajsaquil, Cuatro Caminos y el barrio Chajompek (sector de hogares y negocios)

El vigésimo primero (D21) está formado por drenajes de aguas negras y pluviales, este sector abarca la colonia San Francisco y una parte del Barrio Saraxoch (sector de hogares) (Véase en anexo Mapa 15)

**CUADRO 10**  
**COBERTURA DE LÍNEAS DE DRENAJE Y DESCARGAS SIN**  
**TRATAR CABECERA DE SAN PEDRO CARCHÁ, A.V. Y**  
**CAUDALES DEL 2015**

<b>NO.</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>NO. VIVIENDAS</b>	<b>% de la población</b>	<b>CAUDAL m<sup>3</sup>/día</b>	<b>CAUDAL lts/seg</b>
D1	Finca Chipati (salesianos)	73	1.75 %	30.17	0.35
D2	Trinidad	194	4.64 %	63.84	0.74
D3	Colonia Santo Domingo	78	1.87 %	22.00	0.25
D4	Puente Chinja	50	1.20 %	71.20	0.82
D5	Pilita Boquicar	215	5.14 %	324	3.75
D6	Puente Chicoy	20	0.48 %	0.26	0.00301
D7	Encuentro Río Chió y Cahabón	1094	26.17 %	1296	15
D8	2ª. Calle 1ª avenida zona 2	52	1.24 %	28.05	0.32
D9	Salida a Raxpec carretera al Hall	237	5.67 %	209.03	2.42
D10	Residenciales Raxpec, Planta baja	94	2.25 %	30.28	0.35
D11	Mercado Chixtun	20	0.48 %	17.12	0.20
D12	Puente Chixtun	304	7.27 %	264.48	3.06
D13	Puente Chixtun	146	3.49 %	63.84	0.74
D14	Puente Chixtun	26	0.62 %	10.74	0.12
D15	Puente Chixtun hacia colonia Chibujbu	104	2.49 %	60	0.69
D16	Terminal Santiago hacia el Sur	252	6.03 %	259.2	3.00
D17	Beneficio de café	86	2.06 %	22.42	0.26
D18	Beneficio de Café	315	7.53 %	308.57	3.57
D19	Rastro Municipal	161	3.85 %	35.16	0.41
D20	Rastro Municipal	506	12.10 %	518.4	6
D21	Colonia San Francisco	154	3.68 %	36.55	0.42
<b>Totales</b>		<b>4181</b>	<b>100 %</b>	<b>3671.37</b>	<b>42.49</b>

**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

## 3.2 Análisis de los resultados de laboratorio

### 3.2.1 Temperatura

Este parámetro es muy importante por su efecto sobre las características del agua, especialmente sobre las operaciones y procesos unitarios en una planta de tratamiento, pero también para el cuerpo receptor. La temperatura óptima para la actividad bacteriana este entre 25 °C; y el reglamento menciona que puede estar en  $\pm 7$  °C de la temperatura del cuerpo receptor.

**CUADRO 11**  
**TEMPERATURA T °C**

Punto de muestreo	Resultado	Valor Inicial Reglamento	Fecha máxima de cumplimiento			
			02 de mayo del año:			
			2017	2020	2024	2029
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
		TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
D1	21°	✓	✓	✓	✓	✓
D2	22°	✓	✓	✓	✓	✓
D3	20°	✓	✓	✓	✓	✓
D4	23°	✓	✓	✓	✓	✓
D5	22°	✓	✓	✓	✓	✓
D6	20°	✓	✓	✓	✓	✓
D7	21°	✓	✓	✓	✓	✓
D8	19°	✓	✓	✓	✓	✓
D9	21°	✓	✓	✓	✓	✓
D10	20°	✓	✓	✓	✓	✓
D11	21°	✓	✓	✓	✓	✓
D12	21°	✓	✓	✓	✓	✓
D13	20°	✓	✓	✓	✓	✓
D14	20°	✓	✓	✓	✓	✓
D15	21°	✓	✓	✓	✓	✓
D16	22°	✓	✓	✓	✓	✓
D17	25°	✓	✓	✓	✓	✓
D18	23°	✓	✓	✓	✓	✓
D19	21°	✓	✓	✓	✓	✓
D20	23°	✓	✓	✓	✓	✓
D21	21°	✓	✓	✓	✓	✓

✓ Cumple con la fecha de cumplimiento establecida.  
X: no Cumple con la fecha máxima de cumplimiento

**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

Para el caso del municipio de San Pedro Carchá, todos los puntos están con la temperatura promedio de 22 °C, no es significativa porque Cumple con el reglamento en su totalidad.

### 3.2.2 Grasas y aceites

**CUADRO 12**  
**GRASAS Y ACEITES MG/L**

Punto de muestreo	Resultado	Valor Inicial Reglamento	Fecha máxima de cumplimiento			
			02 de mayo del año:			
			2017	2020	2024	2029
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
		100	50	10	10	10
D1	< 5	✓	✓	✓	✓	✓
D2	28	✓	✓	X	X	X
D3	45	✓	✓	X	X	X
D4	84	✓	X	X	X	X
D5	14	✓	✓	X	X	X
D6	3	✓	✓	✓	✓	✓
D7	33	✓	✓	X	X	X
D8	67	✓	X	X	X	X
D9	63	✓	X	X	X	X
D10	44	✓	✓	X	X	X
D11	< 5	✓	✓	✓	✓	✓
D12	7	✓	✓	✓	✓	✓
D13	5	✓	✓	✓	✓	✓
D14	67	✓	X	X	X	X
D15	70	✓	X	X	X	X
D16	24	✓	✓	X	X	X
D17	104	X	X	X	X	X
D18	114	X	X	X	X	X
D19	14	✓	✓	X	X	X
D20	5	✓	✓	✓	✓	✓
D21	32	✓	✓	X	X	X

✓ Cumple con la fecha de cumplimiento establecida.  
X: no Cumple con la fecha máxima de cumplimiento

**Fuente:** Investigación de campo. 2 015.

Una vez terminada la extracción se evapora el hexano y

se pesa el residuo que haya quedado en el mineral pueden ser no biodegradables, requiriendo algún tratamiento previo, antes de ser tratados biológicamente. En el caso del municipio de San Pedro Carchá, todos los puntos se presentaron grasas y aceites: 7 no cumple con el Reglamento y 14 si cumplen para el año 2017.

### 3.2.3 Materia Flotante presente/ausente

#### CUADRO 13

Punto de muestreo	Resultado	Valor Inicial Reglamento	Fecha máxima de cumplimiento			
			02 de mayo del año:			
			2017	2020	2024	2029
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
		Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
D1	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D2	Presente	X	X	X	X	X
D3	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D4	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D5	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D6	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D7	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D8	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D9	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D10	Presente	X	X	X	X	X
D11	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D12	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D13	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D14	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D15	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D16	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D17	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D18	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D19	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D20	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓
D21	Ausente	✓	✓	✓	✓	✓

✓ Cumple con la fecha de cumplimiento establecida.  
X: no Cumple con la fecha máxima de cumplimiento

#### MATERIA FLOTANTE PRESENTE/AUSENTE

Fuente: Investigación de campo. 2015.

En los dos puntos D2 y D10 resultado positivo, es decir, hay material flotante en el agua residual del municipio. Sin embargo la presencia de ellos significa que deben considerarse en el diseño del sistema de tratamiento para su eliminación, pero que en este momento no causa ningún problema serio de contaminación. 19 desfogues Cumplen con el Reglamento y 2 desfogues no cumplen con los límites para el año 2 017.

### 3.2.4 Solidos suspendidos totales

**CUADRO 14**  
**SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MG/L**

Punto de muestreo	Resultado	Valor Inicial Reglamento	Fecha máxima de cumplimiento			
			02 de mayo del año:			
			2017	2020	2024	2029
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
		300	275	200	100	100
D1	20	✓	✓	✓	✓	✓
D2	468	X	X	X	X	X
D3	236	✓	✓	X	X	X
D4	282	✓	X	X	X	X
D5	92	✓	✓	✓	✓	✓
D6	156	✓	✓	✓	X	X
D7	320	X	X	X	X	X
D8	297	✓	X	X	X	X
D9	253	✓	✓	X	X	X
D10	328	X	X	X	X	X
D11	30	✓	✓	✓	✓	✓
D12	178	✓	✓	✓	X	X
D13	36	✓	✓	✓	✓	✓
D14	256	✓	✓	X	X	X
D15	250	✓	✓	X	X	X
D16	146	✓	✓	✓	X	X
D17	368	X	X	X	X	X
D18	500	X	X	X	X	X
D19	253	✓	✓	X	X	X
D20	10	✓	✓	✓	✓	✓
D21	143	✓	✓	X	X	X

✓ Cumple con la fecha de cumplimiento establecida.  
 X: no Cumple con la fecha máxima de cumplimiento

**Fuente:** Investigación de campo. 2 015.

Se aprecia en los resultados que 5 puntos muestreados dieron valores bajos de 100 mg/l, lo que reflejan que el agua está bastante clara, tal es el caso en los puntos D1, D5, D11, D13 y D20. El método más eficiente para reducir y eliminar estos solidos es la filtración, pero pueden ser también la sedimentación, flotación y cribado. Eso significa que requiere un tratamiento secundario. 14 desfogues cumplen con el reglamento y 7 desfogues no cumplen con el reglamento para el año 2 017.

### 3.2.5 Nitrógeno Total

**CUADRO 15**  
**NITRÓGENO TOTAL MG/L**

Punto de muestreo	Resultado	Valor Inicial Reglamento	Fecha máxima de cumplimiento			
			02 de mayo del año:			
			2017	2020	2024	2029
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
		150	150	70	20	20
D1	6.03	✓	✓	✓	✓	✓
D2	41.5	✓	✓	✓	X	X
D3	36.2	✓	✓	✓	X	X
D4	26.4	✓	✓	✓	X	X
D5	2.38	✓	✓	✓	✓	✓
D6	5.28	✓	✓	✓	✓	✓
D7	28.4	✓	✓	✓	X	X
D8	46	✓	✓	✓	X	X
D9	24.1	✓	✓	✓	X	X
D10	21.8	✓	✓	✓	X	X
D11	1.23	✓	✓	✓	✓	✓
D12	18.6	✓	✓	✓	✓	✓
D13	1.32	✓	✓	✓	✓	✓
D14	19.5	✓	✓	✓	✓	✓
D15	19.1	✓	✓	✓	✓	✓
D16	15.8	✓	✓	✓	✓	✓
D17	22.9	✓	✓	✓	X	X
D18	19.6	✓	✓	✓	✓	✓

D19	35.8	✓	✓	✓	X	X
D20	1.8	✓	✓	✓	✓	✓
D21	31.8	✓	✓	✓	X	X
✓ Cumple con la fecha de cumplimiento establecida. X: no Cumple con la fecha máxima de cumplimiento						

**Fuente:** Investigación de campo. 2 015.

Para los puntos de control, se tiene que en 11 desfuegos no se detectó nitrógeno total para ninguna etapa del reglamento; los otros 10 puntos tienen valores menores de 70 mg/l. Uno de los métodos más eficientes para reducir los valores de nitrógeno y fosforo total es el sistema de reactores anaerobios de flujo ascendente. Por lo tanto Todos los puntos muestreados cumplen con el reglamento para el año 2 017.

### 3.2.6 Fosforo total

#### CUADRO 16 FOSFORO TOTAL mg/l

Punto de	Resultado	Valor Inicial	Fecha máxima de cumplimiento
----------	-----------	---------------	------------------------------

muestreo		Reglamento	02 de mayo del año:			
			2017	2020	2024	2029
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
		50	40	20	10	10
D1	4.16	✓	✓	✓	✓	✓
D2	11.36	✓	✓	✓	X	X
D3	5.88	✓	✓	✓	✓	✓
D4	8.68	✓	✓	✓	✓	✓
D5	2.56	✓	✓	✓	✓	✓
D6	4.4	✓	✓	✓	✓	✓
D7	6	✓	✓	✓	✓	✓
D8	2.36	✓	✓	✓	✓	✓
D9	6.68	✓	✓	✓	✓	✓
D10	6.12	✓	✓	✓	✓	✓
D11	0.27	✓	✓	✓	✓	✓
D12	1.4	✓	✓	✓	✓	✓
D13	1.07	✓	✓	✓	✓	✓
D14	5.02	✓	✓	✓	✓	✓
D15	2.56	✓	✓	✓	✓	✓
D16	2.16	✓	✓	✓	✓	✓
D17	11.6	✓	✓	✓	X	X
D18	5.2	✓	✓	✓	✓	✓
D19	18.3	✓	✓	✓	X	X
D20	0.33	✓	✓	✓	✓	✓
D21	6.4	✓	✓	✓	✓	✓

✓ Cumple con la fecha de cumplimiento establecida.  
X: no Cumple con la fecha máxima de cumplimiento

**Fuente:** Investigación de campo. 2 015.

Al igual que el nitrógeno total, se requiere de un proceso primario y secundario para bajar los niveles de fosforo en el agua. Los resultados demuestran que incluso el cuerpo receptor tiene valores bastante bajos y en ningún caso llega siquiera a 1mg/l; nuevamente se sugiere tomar una muestra en época de verano. Por lo tanto, de acuerdo a los resultados de ECOQUIMSA, el valor; Todos los puntos muestreados cumplen con el reglamento para el año 2 017.

### 3.2.7 Potencial de Hidrogeno

## CUADRO 17 POTENCIAL DE HIDROGENO pH

Punto de muestreo	Resultado	Valor Inicial Reglamento	Fecha máxima de cumplimiento			
			02 de mayo del año:			
			2017	2020	2024	2029
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
		6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
D1	7.4	✓	✓	✓	✓	✓
D2	7.8	✓	✓	✓	✓	✓
D3	7.6	✓	✓	✓	✓	✓
D4	7.6	✓	✓	✓	✓	✓
D5	7.6	✓	✓	✓	✓	✓
D6	7.8	✓	✓	✓	✓	✓
D7	7.4	✓	✓	✓	✓	✓
D8	7.8	✓	✓	✓	✓	✓
D9	7.6	✓	✓	✓	✓	✓
D10	7.6	✓	✓	✓	✓	✓
D11	7.7	✓	✓	✓	✓	✓
D12	7.2	✓	✓	✓	✓	✓
D13	7.2	✓	✓	✓	✓	✓
D14	6.6	✓	✓	✓	✓	✓
D15	6.6	✓	✓	✓	✓	✓
D16	6.9	✓	✓	✓	✓	✓
D17	6.4	✓	✓	✓	✓	✓
D18	6.3	✓	✓	✓	✓	✓
D19	6.4	✓	✓	✓	✓	✓
D20	7	✓	✓	✓	✓	✓
D21	6.6	✓	✓	✓	✓	✓

✓ Cumple con la fecha de cumplimiento establecida.  
X: no Cumple con la fecha máxima de cumplimiento

**Fuente:** Investigación de campo. 2 015.

La contaminación puede cambiar el pH del agua, lo que a su vez puede dañar la vida animal y vegetal que existe en el agua. Para las aguas residuales por ejemplo, su valor es importante para escoger los procesos de tratamiento a seguir. En el caso de los resultados obtenidos, se observa que el agua es levemente básica, desestimando un proceso de tratamiento químico. Solamente el cuerpo receptor está un poco más alto que el resto pero dentro del rango establecido en el reglamento; por lo tanto cumple con el reglamento en su totalidad.

### 3.2.8 Coliformes Fecales

## CUADRO 18

## COLIFORMES FECALES NMP/100ML

Punto de muestreo	Resultado	Valor Inicial Reglamento	Fecha máxima de cumplimiento			
			02 de mayo del año:			
			2017	2020	2024	2029
			Etapa			
Uno	Dos	Tres	Cuatro			
$<1.0 \times 10^5$	$<1.0 \times 10^7$	$<1.0 \times 10^4$	$<1.0 \times 10^4$	$<1.0 \times 10^4$		
D1	160,000	✓	✓	X	X	X
D2	35,000,000	✓	X	X	X	X
D3	24,000,000	✓	X	X	X	X
D4	16,000,000	✓	X	X	X	X
D5	3,500,000	✓	✓	X	X	X
D6	16,000,000	✓	X	X	X	X
D7	9,000,000	✓	✓	X	X	X
D8	3,500,000	✓	✓	X	X	X
D9	54,000,000	✓	X	X	X	X
D10	2,800,000	✓	✓	X	X	X
D11	35,000	✓	✓	X	X	X
D12	920,000	✓	✓	X	X	X
D13	2,800,000	✓	✓	X	X	X
D14	5,400,000	✓	✓	X	X	X
D15	5,400,000	✓	✓	X	X	X
D16	2,400,000	✓	✓	X	X	X
D17	5,400,000	✓	✓	X	X	X
D18	1,100,000	✓	✓	X	X	X
D19	11,000,000	✓	X	X	X	X
D20	920,000	✓	✓	X	X	X
D21	4,900,000	✓	✓	X	X	X

✓ Cumple con la fecha de cumplimiento establecida.  
X: no Cumple con la fecha máxima de cumplimiento

**Fuente:** Investigación de campo. 2 015.

Los coliformes son utilizados como indicadores de contaminación por organismos productores de enfermedades. El hombre en promedio arroja diariamente en sus excrementos entre  $1.0 \times 10^9$  y  $4.0 \times 10^{11}$  coliformes, es por ello que se utiliza como norma de control sanitario. Para el caso del municipio de San Pedro Carcha. Por el momento hay 15 desfogues que cumple con el reglamento hasta el año 2 017 y hay 6 que no cumplen con el reglamento en el año 2 017.

### 3.2.9 Color

## CUADRO 19 COLOR

Punto de muestreo	Resultado	Valor Inicial Reglamento	Fecha máxima de cumplimiento			
			02 de mayo del año:			
			2017	2020	2024	2029
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
		1500	1000	750	500	500
D1	100	✓	✓	✓	✓	✓
D2	686	✓	✓	✓	X	X
D3	297	✓	✓	✓	✓	✓
D4	199	✓	✓	✓	✓	✓
D5	90	✓	✓	✓	✓	✓
D6	127	✓	✓	✓	✓	✓
D7	214	✓	✓	✓	✓	✓
D8	150	✓	✓	✓	✓	✓
D9	209	✓	✓	✓	✓	✓
D10	294	✓	✓	✓	✓	✓
D11	137	✓	✓	✓	✓	✓
D12	130	✓	✓	✓	✓	✓
D13	19	✓	✓	✓	✓	✓
D14	476	✓	✓	✓	✓	✓
D15	389	✓	✓	✓	✓	✓
D16	145	✓	✓	✓	✓	✓
D17	2812	X	X	X	X	X
D18	347	✓	✓	✓	✓	✓
D19	483	✓		✓	✓	✓
D20	5	✓	✓	✓	✓	✓
D21	449	✓	✓	✓	✓	✓

✓ Cumple con la fecha de cumplimiento establecida.  
X: no Cumple con la fecha máxima de cumplimiento

**Fuente:** Investigación de campo. 2 015.

Es un indicativo de las aguas residuales domésticas. Cuando son frescas, el color es grisáceo; El color afecta principalmente el paso de la luz a través del agua, la presencia de materiales coloridos de difícil degradación que son de riesgo para la vida acuática ya que obstruyen el buen desarrollo de esta. Debido a esta condición, se establece que el parámetro de color: en 20 descargas cumple con el reglamento en su totalidad, mientras la descarga D17 no cumple con el reglamento en ninguna etapa.

### 3.2.10 Demanda Bioquímica de Oxígeno

## CUADRO 20

## DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) mg/l

Punto de muestreo	Resultado	Valor Inicial Reglamento	Fecha máxima de cumplimiento			
			02 de mayo del año:			
			2017	2020	2024	2029
			Etapa			
		700	Uno 250	Dos 100	Tres 100	Cuatro 100
D1	51	✓	✓	✓	✓	✓
D2	750	X	X	X	X	X
D3	450	✓	X	X	X	X
D4	320	✓	X	X	X	X
D5	86	✓	✓	✓	✓	✓
D6	198	✓	✓	X	X	X
D7	420	✓	X	X	X	X
D8	400	✓	X	X	X	X
D9	450	✓	X	X	X	X
D10	420	✓	X	X	X	X
D11	15	✓	✓	✓	✓	✓
D12	280	✓	X	X	X	X
D13	39	✓	✓	✓	✓	✓
D14	420	✓	X	X	X	X
D15	420	✓	X	X	X	X
D16	168	✓	✓	X	X	X
D17	900	X	X	X	X	X
D18	900	X	X	X	X	X
D19	450	✓	X	X	X	X
D20	20	✓	✓	✓	✓	✓
D21	280	✓	X	X	X	X

✓ Cumple con la fecha de cumplimiento establecida.  
X: no Cumple con la fecha máxima de cumplimiento

**Fuente:** Investigación de campo 2015. La demanda Bioquímica de Oxígeno es la cantidad de

oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. En condiciones normales de laboratorio, esta demanda se cuantifica a 20 °C, el ensayo se realiza a cinco días de incubación y se conoce convencionalmente como DBO<sub>5</sub>.

“La DBO<sub>5</sub> es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, según sea para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras. De

acuerdo a la teoría las concentraciones van desde los 100 a 300 mg/l, siendo un promedio de 200 mg/l un valor aceptable”<sup>58</sup>.

Como se puede observar, la calidad del agua en los puntos muestreados resulta ser muy mala ya que 16 de los puntos no cumplen con el año 2017 según los límites permisibles en el reglamento, tan solo 5 puntos cumplen con la totalidad del reglamento. Por lo tanto 14 puntos de descargas no cumplen con el reglamento y 7 cumplen con el reglamento hasta el año 2017.

### 3.2.11 Demanda química de oxígeno

**CUADRO 21**  
**DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) mg/l**

Punto de muestreo	Resultado	Valor Inicial Reglamento	Fecha máxima de cumplimiento				
			02 de mayo del año:				
			2017	2020	2024	2029	
			Etapa				
Uno	Dos	Tres	Cuatro				
			500				
D1	108	✓	✓	✓	✓	✓	✓
D2	1259	X	X	X	X	X	X
D3	939	✓	X	X	X	X	X
D4	604	✓	X	X	X	X	X
D5	184	✓	✓	✓	✓	✓	✓
D6	429	✓	✓	X	X	X	X
D7	823	✓	X	X	X	X	X
D8	737	✓	X	X	X	X	X

<sup>58</sup> Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). *Manual de disposición de aguas residuales. Origen, descarga, tratamiento y análisis de las aguas residuales. Tomo I Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS. Lima 1991. Pagina 17.*

D9	746	✓	X	X	X	X
D10	706	✓	X	X	X	X
D11	33	✓	✓	✓	✓	✓
D12	492	✓	✓	X	X	X
D13	97	✓	✓	✓	✓	✓
D14	726	✓	X	X	X	X
D15	744	✓	X	X	X	X
D16	340	✓	✓	X	X	X
D17	1454	X	X	X	X	X
D18	1187	X	X	X	X	X
D19	983	✓	X	X	X	X
D20	43	✓	✓	✓	✓	✓
D21	521	✓	X	X	X	X
✓ Cumple con la fecha de cumplimiento establecida.						
X: no Cumple con la fecha máxima de cumplimiento						

**Fuente:** Investigación de campo. 2 015

La demanda química de oxígeno se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general bicromato de potasio. La DQO es útil como parámetro de concentraciones orgánica en aguas residuales industriales o municipales tóxicas a la vida biológica. La interpretación correcta de los resultados de demanda de oxígeno, para la oxidación de la materia orgánica, mediante DBO o DQO, es problemática por los diferentes factores y variables que afectan dichos ensayos.

Se analiza este valor como parte del estudio, sin embargo, al considerar ambos valores y calcular de acuerdo con el artículo 18 del reglamento (determinación de demanda química de oxígeno) tenemos el siguiente análisis:

## CUADRO 22 RELACIÓN DQO/DBO

Demanda Bioquímica de Oxígeno (relación DQO/DBO)			
Punto de muestreo	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO <sub>5</sub>	Demanda Química de Oxígeno DQO	Relación DQO/DBO <sub>5</sub>

D1	51	108	2.1
D2	750	1259	1.7
D3	450	939	2.1
D4	320	604	1.9
D5	86	184	2.1
D6	198	429	2.2
D7	420	823	2.0
D8	400	737	1.8
D9	450	746	1.7
D10	420	706	1.7
D11	15	33	2.2
D12	280	492	1.8
D13	39	97	2.5
D14	420	726	1.7
D15	420	744	1.8
D16	168	340	2.0
D17	900	1454	1.6
D18	900	1187	1.3
D19	450	983	2.2
D20	20	43	2.2
D21	280	521	1.9
<b>TOTAL</b>			<b>40.5</b>
<b>PROMEDIO</b>			<b>1.9</b>

**Fuente:** Reglamento de Descargas. 2 015

La relación de la demanda química de oxígeno con la demanda bioquímica de oxígeno se le conoce como índice de biodegradabilidad y sirve para definir el grado de contaminación del agua y que tan biodegradable es; también para decir el criterio de tratamiento a seguir. Un criterio de análisis es el siguiente:

- $DQO/DBO = 1.5$  = Materia orgánica muy degradable
- $DQO/DBO = 2$  = Materia orgánica moderadamente degradable
- $DQO/DBO = 10$  = Materia orgánica poco degradable

Otro criterio utilizado es el siguiente:

- $(DQO/DBO_5) < 2.5$  = Es un efluente o compuesto

biodegradable, pudiéndose utilizar sistema biológicos como tangos activos o lechos bacterianos.

- $2.5 < (DQO/DBO5) < 5 =$  Es biodegradable siendo recomendable el empleo de lechos bacterianos.

De cualquier manera vemos que los resultados en la relación DQO/DBO, que los procesos de tratamiento pueden ser biológicos únicamente.

La biodegradabilidad y las aguas residuales, son dos conceptos estrechamente vinculados, se sabe que gran parte de las sustancias que transporta el agua ya sea disuelta, suspendida o coloidal, es materia orgánica, la cual en una importante fracción es biodegradable. La biodegradabilidad de estas sustancias es la propiedad que permite que las aguas residuales puedan ser depuradas por medio de microorganismos, los que utilizan estas sustancias como alimento.

### **3.3 Comparación de la calidad del agua del río Cahabón al entrar y salir del casco urbano del municipio**

En la comparación de los resultados de la toma de muestras en la entrada del río Cahabón y al momento de su salida para determinar el estado de calidad del agua al cruzar la cabecera municipal y recibir las veintiún descargas de aguas residual. En el siguiente cuadro se muestra la comparación de la calidad del río al momento de entrar a la cabecera municipal y su respectiva salida.

## **CUADRO 23 COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAHABON EN SU ENTRADA Y SALIDA DE LA CABECERA MUNICIPAL**

Parámetro	Muestras		Límite Máximo
	E1	S1	
Color	31	47	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	10	10	250
Demanda Química de Oxígeno	10	19	500
Relación de DQO/DBO	1	1.9	--
Fosforo Total	0.19	0.23	40
Grasas y Aceites	5	5	50
Materia Flotante	Ausente	Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	3.04	2.04	150
pH	7.6	7.6	6 a 9
Solidos Sedimentables	0.1	0.1	0.5
Solidos Suspendidos	10	12	275
Temperatura	19	21	TCR +/- 7
Coliformes fecales	54,000	350,000	10,000,000

**Fuente:** Investigación de campo. 2 015

En la comparación se demuestra que los parámetros muestreados no sobre pasan los límites máximos del acuerdo gubernativo 236-2006 y su reforma 129-2015. Se observa una leve variación con los resultados de entrada y salida especialmente con los coliformes fecales que aumentan considerablemente.

### 3.4 Análisis microbiológico de muestras

#### 3.4.1 Coliformes Fecales

El resultado de los análisis demostró que para 21 desfogues en 18 se encontró crecimiento masivo de enterobacterias. Esto debido a la naturaleza de dichas aguas y

las grandes cantidades de sedimentos.

### 3.4.2 Demanda Biológica y Química de Oxígeno (DBO<sub>5</sub> y DQO)

Los resultados de DBO<sub>5</sub> y DQO (mg/l), efectuados a los drenajes fueron los siguientes con parámetros para el año 2015:

**CUADRO 24**  
**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE DBO<sub>5</sub> Y DQO (mg/l),**  
**EFFECTUADOS A MUESTRAS PROVENIENTES DE LOS VEINTIÚN**  
**DRENAJES DE AGUAS SERVIDAS MUNICIPALES. SAN PEDRO**  
**CARCHÁ, A.V. 2015**

Desfogue	DBO <sub>5</sub>	Límite Máximo Permisible	DQO	Límite Máximo Permisible
D1	51	250	108	500
D2	750		1259	
D3	450		939	
D4	320		604	
D5	86		184	
D6	198		429	
D7	420		823	

Fuente : Acuerdo do Gubernativo 236 – 2006. 2 006	D8	400		737	
	D9	450		746	
	D10	420		706	
	D11	15		33	
	D12	280		492	
	D13	39		97	
	D14	420		726	
	D15	420		744	
	D16	168		340	
	D17	900		1454	
	D18	900		1187	
	D19	450		983	
	D20	20		43	
	D21	280		521	

valores reportados demuestran que quince descargas de los drenajes no cumplen con el límite máximo permisible para ninguno de los análisis efectuados. Esto se relaciona con el examen microbiológico y con la cantidad de sólidos de origen orgánico, en la medida que a mayor contenido de microorganismos y sólidos presentes, mayor será la demanda de oxígeno para su degradación.

### 3.5 Zonificación del área de muestreo en el río Cahábon, Chió y Tzimajil

Al adaptar la propuesta de Unda Opazo (1 969) al área de muestreo, tanto en los drenajes como en el río, se establece la zonificación siguiente:

#### CUADRO 25 ZONIFICACIÓN DEL ÁREA DE MUESTREO EN LOS RÍOS SAN PEDRO CARCHÁ, A. V. 2 015

Lugar	Zonificación
-------	--------------

Punto de descarga drenajes 2,4,6,8,9,10, 17, 19 y 20	Zona de degradación
Del punto de descarga hacia llegada al Rio 1, 3, 5, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18 y 21	Zona de activa descomposición

Fuente: Investigación de campo, 2 015.

### 3.6 Situación de la dotación de agua potable y la carga contaminante

El municipio de San Pedro Carchá posee una distribución de agua del 150,714.00m<sup>3</sup>/mes para 4181 usuarios que actualmente hay en estos se incluyen aquellos que aún no sean registrado en la municipalidad y un consumo de 5023.8 m<sup>3</sup>/día.

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Consumo/mes}}{30}$$

$$\text{Consumo} = 5023.8 \text{ m}^3/\text{día}$$

El parámetro o el porcentaje de aguas potable que se convierte en agua residual es del 70% al 80% y para poder calcular si los caudales tomados de los 21 puntos muestreados están entre este rango. Se elaboró la siguiente ecuación. Con un resultado de 3,671.37 m<sup>3</sup>/día del agua residual.

$$Promedio = \frac{ConsumoARD * 100}{Consumo/dia}$$

$$Promedio = \frac{3671.37m3/dia * 100}{5023.8 m3/dia}$$

$$Promedio = 73.07\%$$

Se obtuvo un resultado que esta entre el parámetro para el agua residual se comprobó que los caudales unificados de los 21 puntos muestreados corresponden a la dotación diaria de agua potable que se suministra en el municipio de San Pedro Carchá, de 240.31 litros/habitante/día y de agua residual de 175.62 litros/habitante/día. En el siguiente cuadro se muestran los valores de la carga contaminante para cada descarga según los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio y el caudal correspondiente de las veintiún descargas de aguas residuales.

**CUADRO 26**  
**CARGA CONTAMINANTE SEGÚN DQO Y DBO<sub>5</sub>**

MUESTRA	DATOS OBTENIDOS				CARGA CONTAMINANTE	
	DBO	DQO	CAUDAL l/s	CAUDAL m <sup>3</sup> /dia	DBO <sub>5</sub> Kg/dia	DQO kg/dia
<b>D1</b>	51	108	0.35	30.17	1.54	3.26
<b>D2</b>	750	1259	0.74	63.84	47.88	80.38
<b>D3</b>	450	939	0.25	22.00	9.90	20.66
<b>D4</b>	320	604	0.82	71.20	22.79	43.01
<b>D5</b>	86	184	3.75	324	27.86	59.62
<b>D6</b>	198	429	0.0030	0.260	0.05	0.11
<b>D7</b>	420	823	16.67	1296	604.80	1185.12
<b>D8</b>	400	737	0.32	28.05	11.22	20.67

D9	450	746	2.42	209.03	94.06	155.94
D10	420	706	0.35	30.28	12.72	21.38
D11	15	33	0.20	17.28	0.26	0.56
D12	280	492	3.06	264.48	74.06	130.13
D13	39	97	0.74	63.84	2.49	6.19
D14	420	726	0.12	10.74	4.51	7.80
D15	420	744	0.69	60	25.20	44.64
D16	168	340	3.00	259.20	43.55	88.13
D17	900	1454	0.26	22.42	20.18	32.60
D18	900	1187	3.57	308.57	277.71	366.27
D19	450	983	0.41	35.16	15.83	34.57
D20	20	43	6.00	518	10.37	22.29
D21	280	521	0.42	36.55	10.24	19.05
<b>TOTAL</b>			<b>42.49 l/s</b>	<b>3671.37 m<sup>3</sup>/día</b>	<b>1317.22 kg/día</b>	<b>2342.39 kg/día</b>

Fuente: Investigación de campo, 2 015.

### 3.7 Situación de las redes del alcantarillado público de la cabecera municipal

El municipio de San Pedro Carchá posee redes de alcantarillado combinado en algunos sectores del municipio, las cuales están construidas con material de cemento, arena de río y tubos de PVC, en diámetros que van de las 4, 8, 10 hasta las 13 pulgadas. Siguen las pendientes naturales del terreno. Hay muchas viviendas a las orillas del río Cahabón, Chió y *Tzimajil*, que simplemente descargan hacia los cuerpos receptores por medio de tubos de pvc de 4 y 6 pulgadas. En el siguiente mapa se presentan los puntos clandestinos encontrados en el municipio de San Pedro Carchá son estos 150 y tienden a aumentar.

## MAPA 2 MAPA DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS DESFOGUES CLANDESTINOS, MUNICIPALES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ, A.V.



**Fuente:** Investigación de campo. 2 015.

### **3.8 Encuestas realizadas**

En este espacio, se presenta la interpretación de las cuatro preguntas fundamentales y las más importantes de la encuesta realizada a los cincuenta usuarios y pobladores a los alrededores del río Cahabón y Chió, para conocer el punto de vista de la población con relación a las descargas de aguas residuales.

#### **3.8.1 Análisis cuantitativos**

Basándose en las cuatro preguntas más importantes que se aplicaron al sector de usuarios de la red de alcantarillado se presentan los siguientes resultados.

- a. ¿Cuál considera usted que es el problema más acuciante en relación al manejo del agua residual a nivel municipal?

Para esta pregunta hubieron respuestas múltiples en las cuales las más importantes fueron

- Un 20 % de los encuestados manifestaron que al no controlar los residuos sólidos e inorgánicos vertidos en los ríos, este se ve afectado cada vez más, generando contaminación y pérdida de la vida acuática.
- Un 44% manifestaron que la falta del interés por el sector público y privado en invertir en proyectos de construcción de sistemas de tratamiento para reducir la contaminación y en la falta de campañas de concientización.
- Y el 18% manifestó que el problema más acuciante es la falta de información verídica de la contaminación de los ríos, ya que solo se dice que están contaminados pero no se cuentan con datos estadísticos que muestre sus niveles reales de contaminación.

b. ¿Cree que la municipalidad impulsa suficientes campañas contra la contaminación del agua?

- Con relación a esta pregunta se observó que los resultados el 100% de los encuestados manifestaron que la municipalidad de San Pedro Carchá, no genera campañas contra la contaminación el agua, por lo que se ve la falta de interés por invertir en proyectos de sistemas de tratamientos ya que estos son de inversión pública lo cual no hay un retorno en lo invertido.

c. ¿Si se ofreciera el recurso de agua residual tratada a un mayor costo a la del agua potable, estaría dispuesto a aceptar este recurso?

- Con realización a esta pregunta se puede determinar la viabilidad de la construcción de sistemas de tratamiento en la cabecera municipal ya que la mayoría de los encuestados en un 76% muestran respuestas favorables en el aumento de la tarifa mensual para el tratamiento de las aguas residuales, ya que ven la importancia de este tema y como principal objetivo el cuidado del recurso agua, por lo que esta información es muy relevante porque impulsa la iniciativa en la construcción de los sistemas de tratamiento.

d. ¿Cree usted que es importante realizar una caracterización de las descargas municipales del alcantarillado público y propuesta de manejo para conocer la contaminación de los ríos Cahabón, Chió y *Tzimajil*?

- El 82% de los usuarios manifestó que la obtención de información verídica y cuantitativa de la contaminación de los ríos es de mucha importancia para poder desarrollar estrategias para el rescate de los ríos. Y un 18% manifestó que no es importante la realización de este estudio.

### **3.9 Descripción de las alternativas considerables de acuerdo al contexto local y opinión técnica profesional que justifique la o las opciones propuestas**

En esta sección se comparan primero los resultados del laboratorio de las descargas de aguas residuales sin tratamiento del municipio de San Pedro Carchá, con el acuerdo gubernativo 236-2006. Si es necesario se indica el nivel de tratamiento requerido es decir el grado de limpieza o remoción de contaminantes que se esperarías de las “unidades de tratamiento”, se hará una descripción de cada una de estas

unidades y el conjunto que varias de ellas conforman para una planta de tratamiento. Se presentaran las ventajas y desventajas para el caso particular del municipio de San Pedro Carcha.

### **3.9.1 Nivel de tratamiento**

Para las unidades tratamiento se presentan cuatro fases la cuales son:

#### **a. Pre-tratamiento**

Que incluye, canal de rejas, desarenador, trampas de grasa y bombeo.

#### **b. Tratamiento primario**

Incluye: tanque séptico, tanques imhoff, sedimentadores primarios y reactor anaerobio de flujo ascendente o RAFA.

#### **c. Tratamiento secundario**

Filtro anaerobio de flujo ascendente o FAFA, filtros percoladores, lagunas de estabilización, Humedales y lodos activados.

#### **d. Tratamiento terciario**

“Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una alta calidad físico-química y biológica. Son procesos por los cuales se le da un pulimento alto al agua. Las metas de tratamiento varían de acuerdo al reusó que se le pretenda dar a las aguas. Generalmente no se utiliza el tratamiento terciario para aguas residuales municipales, a menos que el reusó de las aguas tenga alguna aplicación en la industria y en algún caso, porque interesa la protección de un área ecológicamente sensitiva”.<sup>59</sup>

Para cada una de las tecnologías es necesario contar con los insumos de espacio y energía. En cuanto al espacio la medida mínima estimada es de 7 cuerdas o su equivalente a 8,000 metros cuadrados. El factor de energía se suple por carga hidráulica; es decir la transformación de energía potencial (altura sobre el nivel de la unidad que se trate) que se transforma en cinética o velocidad al liberar el volumen de agua desde el punto más alto a otro más bajo.

“Si la situación fuera al revés, es decir si el nivel de la unidad estuviera arriba de la descarga, entonces es necesario utilizar mecanismos de bombeo para elevar el volumen de agua, generalmente el insumo es electricidad desde una línea de transmisión formal o utilizando generadores de gasolina o diésel”.<sup>60</sup>

### **3.9.2 Tecnología existente de tratamiento para las aguas residuales**

Considerando los resultados de laboratorio es susceptible

---

<sup>59</sup> Doreen Brown Salaza, *Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales*. Guatemala, Edición PROARCA/SIGA, Guatemala 2004

<sup>60</sup> *Ibíd.*

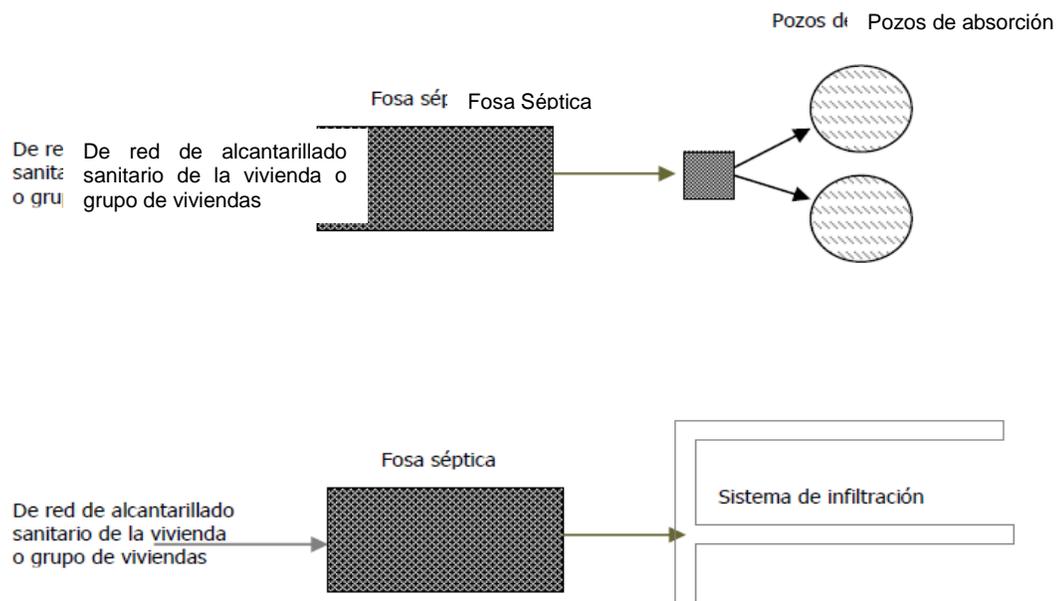
de evaluar las siguientes tecnologías:

- a. Tanque Séptico (Opción 1)
- b. Tanque Imhoff (Opción 2)
- c. Filtros Percoladores (Opción 3)

En cada fase, se integrara el costo para cada una de las plantas y la proyección de los años de ejecución y general para el VAN y el TIR para 10 y 20 años tomando en cuenta el caudal proyectado a cubrir y los costos siguientes:

- a. valor de la tierra (y espacio no vulnerable para la construcción del sistema de tratamiento)
- b. costo de inversión (costo de construcción, licitaciones, etc)
- c. costo de operación y mantenimiento (vida útil)

## ILLUSTRACIÓN 2 TANQUES SÉPTICO (OPCIÓN 1)



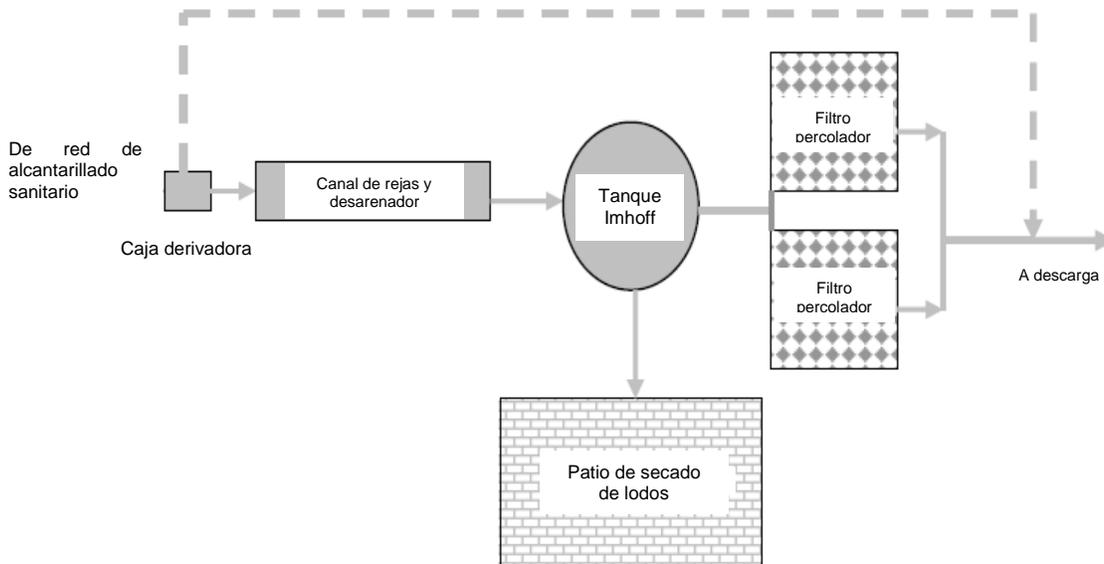
Fosa Séptica

Sistema de infiltración

De red de alcantarillado sanitario de la vivienda o grupo de viviendas

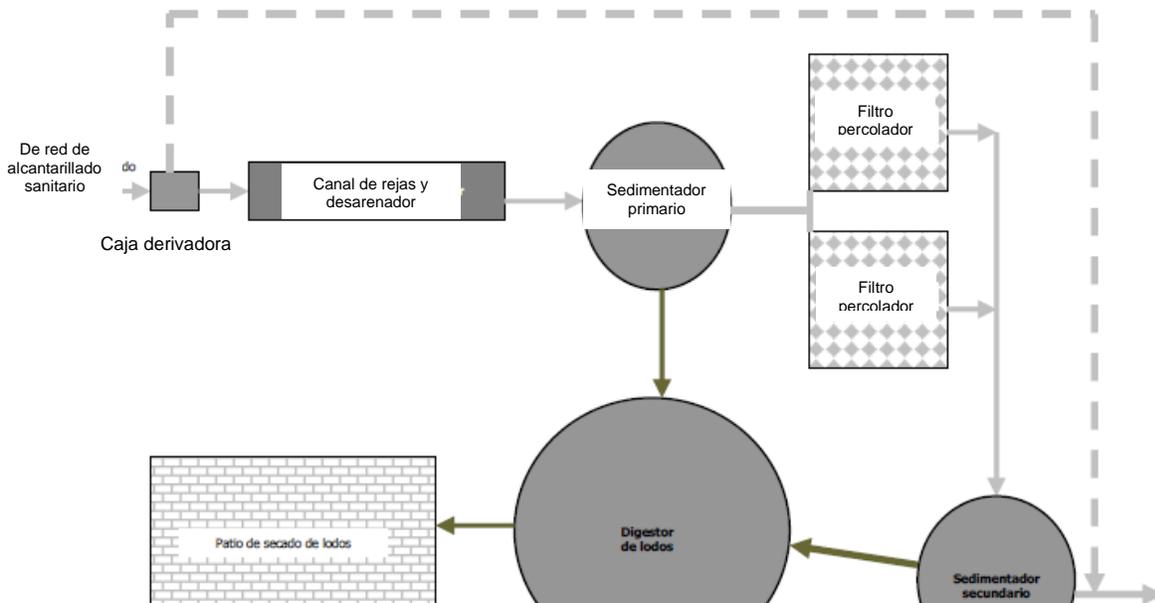
Fuente: *Guía para el Manejo de Excretas y aguas Residuales Municipales*, 2 015.

### ILUSTRACIÓN 3 TANQUES IMHOFF (OPCIÓN 2)



Fuente: *Guía para el Manejo de Excretas y aguas Residuales Municipales*, 2 015.

### ILUSTRACIÓN 4 FILTROS PERCOLADORES (OPCIÓN 3)



Patio de secado de  
lodos

Digestor de  
lodos

Sedimentador  
Secundario

A descarga

**Fuente:** *Guía para el Manejo de Excretas y aguas Residuales Municipales*, 2 015.

Hay algo fundamental luego de la exposición de las generalidades de los anteriores dispositivos, ninguno de ellos funciona independientemente. Es necesario conjugar varios de ellos para ir paso a paso logrando el grado de limpieza o depuración de los caudales de aguas residuales. Al orden de las unidades se le conoce como Flujo de Operación de la planta de tratamiento. Es la base para realizar las mediciones de eficiencia y para plantear el programa de mantenimiento de las unidades.

“Además brinda la comprensión del funcionamiento como una totalidad y evaluar si se cumple con los requisitos del diseñador. Un buen diagrama de flujo de operación se ha de adecuar a las condiciones topográficas, para evitar el movimiento de tierra excesivo y facilitar la movilización del personal así como el traslado de lodos, descarga y medición de la calidad fisicoquímica y bacteriológica, sin estorbarse ninguno de estos procesos en el camino”.<sup>61</sup>

Como apunte final a este apartado se asegura que ninguno de estos procesos y unidades funcionara aun cuando existe un buen diagrama de flujo y adecuado diseño a la carga contaminante y el caudal de entrada, para ello es necesario calibrar cada una de

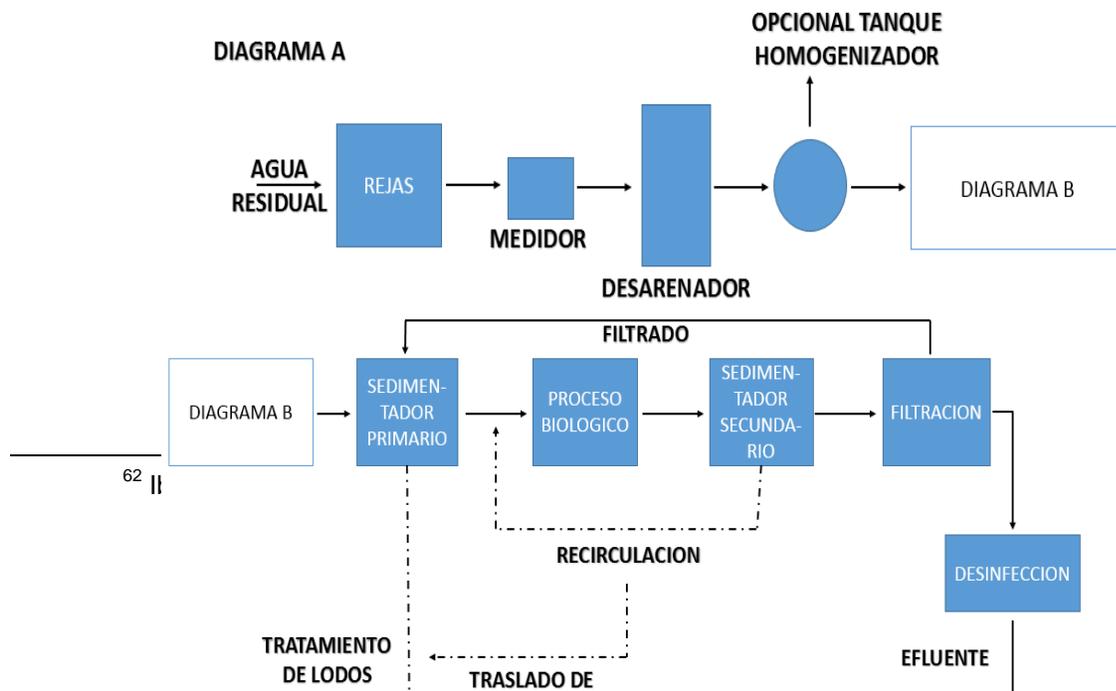
---

<sup>61</sup> Doreen Brown Salaza, *Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales*. Guatemala, Edición PROARCA/SIGA, Guatemala 2004

las unidades y monitorear con pruebas de laboratorio la calidad fisicoquímica y bacteriológica.

“La calibración debe ser considerada parte fundamental de los contratos de construcción de las plantas de tratamiento, no hacerlo equivale a arriesgar una inversión millonaria que puede fallar en cualquiera de las etapas. Un tiempo recomendable es 6 meses de operación y calibración antes de recibir una planta de tratamiento. Durante este tiempo se debe capacitar a los operarios de la municipalidad y además establecer el canal de monitoreo de laboratorio tanto de las descargas de entrada y salida y de lodos”<sup>62</sup>.

## ILUSTRACIÓN 5 EJEMPLO DE UN DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO



**Fuente:** *Guía para el Manejo de Excretas y aguas Residuales Municipales*, 2 015

### **3.9.3 Escenarios de estándares para afluentes**

Actualmente hay dos plantas de tratamiento que operan en el municipio con pre-tratamiento con tanque séptico, donde las aguas tratadas no se le da ningún reusó, por tanto no hay caracterización de aguas para reusó provenientes de un proceso de tratamiento se estima que el agua proveniente del futuro tratamiento será descargada a los tributarios del río Cahabón, no debería darse uso agrícola al agua tratada, salvo indicación de los monitoreos de calidad y eficiencia de los reactores de lodos activados que se deben poner en marcha y a los otros dispositivos nuevos.

No hay presencia de ningún metal pesado altamente dañino en las descargas del municipio de San Pedro Carchá. Para cada fase, se recomienda construir un sistema aislado próximo a las descargas, cuya área mínima será de 7 cuerdas de terreno, aproximadamente de 8,000 metros cuadrados.

A continuación se presenta la implementación del plan de manejo de las aguas residuales. Se establecerán 8 plantas de tratamiento y sus sistemas basándose en la topografía del área de

estudio, las distancias de las descargas de aguas residuales y lo que estable el cuadro 30. En la página 96. Ver en anexos los mapas 15 y 16, propuesta de ubicación para la construcción de las plantas de tratamiento.

### **CUADRO 27 FASES A IMPLEMENTAR**

<b>FASE</b>	<b>PLANTA</b>	<b>DESFOGUES</b>	<b>CAUDAL DE DISEÑO Lts/s</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>SISTEMAS DE TRATAMIENTO A IMPLEMENTAR</b>
Fase I	Planta 1	D3 y D4	1.14	740	Tanque Imhoff Opción 2
	Planta 2	D5	3.98	1107	Tanque Imhoff Opción 2
	Planta 3	D6, D7 y D8	16.26	6003	Filtros percoladores Opción 3
Fase II	Planta 4	D9 y D10	3.03	1755	Tanque Imhoff Opción 2
	Planta 5	D11, D12, D13, D14, D15 y D16	8.54	4519	Tanque Imhoff Opción 2
Fase III	Planta 6	D17 y D18	4.13	2190	Tanque Imhoff Opción 2
Fase IV	Planta 7	D19 y D20	7.41	3750	Tanque Imhoff Opción 2
	Planta 8	D21	0.49	866	Tanque Imhoff Opción 2

**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

### **3.10 Evaluaciones de las soluciones en las regiones priorizadas**

#### **3.10.1 Evaluación técnica**

### **CUADRO 28 CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Sistema	Necesidad es espacio (m2/hab)	Necesidad es de obra	Necesidad es de equipo	Necesidades de mantenimiento y personal		Mantenimiento		Costos de construcción	Costos de mantenimiento
				Funcionamiento	Personal	Control	Frecuencia de Control		
Fosa Séptica	0,4-0,6	P	NP	MS	P	P	P	P	P
Lecho Filtrante	2,2-2,8	MP	MP	S	P	P	M	M	M
Humedad Artificial	2,5-9	P-B	MP	MS	P	I	M	I	I
Tanque Imhoff	0,05-1	B	P-B	S	P	P	P	I	I
Lecho bacteriano	4-7	B	B	C	M	M	M	I	M
Lecho de Turba	0,6-1	P	MP	S	I	P	I	P	M
Filtro de arena	1,2-10	P	P-B	S	I	I	I	I	M
Infiltración percolación	2-10	P-B	MP	S	P	P	I	P	P
Escorrentía superficial	6-10	P-B	MP	S	I	I	M	P	P
Biodiscos	5-7	MP-P	MP	C	M	M	M	I	M
Aireación prolongada	2-8	B-M	MP	MC	M	M	M	i	M
Laguna aireada	1-3	B	MP	C	I	M	I	P	P
Laguna aerobia	4-7	B	MP	S	P	I	I	P	P
Laguna anaerobia	4-7	B	MP	S	P	I	I	P	P
Laguna facultativa	2-14	B	MP	S	P	I	I	P	P
Lodos Activados	0,1-0,2	B	MP	MC	M	M	M	M	M
Riego por inundación	10-30	P-B	MP	S	I	I	I	P	I
Riesgo por aspersión	8-10	P	P-B	I	I	M	M	I	I
Adsorción	0,02-1	B	B	S	P	P	P	I	I
Decantación	0,04-3	B	B	S	P	P	P	I	I
Microtamizado	0,02-1	B	B	I	P	I	I	M	I

MS=muy sencillo; S=sencillo; C=complicado; MC= muy complicado; MP=muy poco; P=poco; I=intermedio; B=bastante; M=mucho

**Fuente:** *Guía para el Manejo de Excretas y aguas. 2 004*

En la cuadro 28 se resumen los distintos parámetros para distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales. De este cuadro la variable cuyo costo es crítico es el espacio o metros cuadrados por habitante. En segunda instancia la calidad de mano de obra para la construcción y finalmente pero no menos importante en el caso del análisis financiero, el costo de la operación y mantenimiento.

### CUADRO 29 PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE AGUAS RESIDUALES

FASE	PLANTA	AÑO	POBLACIÓN	CAUDAL DE DISEÑO Lts/s	CAUDAL DE DISEÑO m <sup>3</sup> /d
Fase I	Planta 1	2016	740	1.14	98.53
	Planta 2	2016	1107	3.98	343.99
	Planta 3	2016	6003	16.26	1405.35
Fase II	Planta 4	2017	1755	3.03	261.88
	Planta 5	2017	4519	8.54	738.11
Fase III	Planta 6	2018	2190	4.13	356.95
Fase IV	Planta 7	2019	3750	7.41	640.44
	Planta 8	2019	866	0.49	42.35

Fuente: Investigación de campo, 2 015.

Referencia. Con una tasa de crecimiento de 4.7% según el INE. Instituto Nacional de Estadística, se obtuvieron estos datos para los años sugeridos para la implementación de las plantas de tratamiento.

### CUADRO 30 RENDIMIENTOS DE DISTINTOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

SISTEMA DE TRATAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	POBLACIÓN	EFICIENCIA
<b>Fosa Séptica</b> Sistema de absorción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No contamina cuerpo de agua debido a que se infiltran el efluente.</li> <li>• Requiere muy poca área para su construcción</li> <li>• Por estar enterrada, se puede colocar en área verde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de la fosa muy costosa</li> <li>• Produce malos olores</li> <li>• Lodos no estabilizados</li> <li>• Saturación del área de absorción por falta de mantenimiento</li> <li>• Depende de la calidad del</li> </ul>	5 a 300 habitantes  Área requerida Aprox. 0.10-0.25m <sup>2</sup> /hab	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S.S.: 95-100%</li> <li>• DBO: 95%</li> <li>• Patógenos: 50-99%</li> </ul>

SISTEMA DE TRATAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	POBLACIÓN	EFICIENCIA
	<ul style="list-style-type: none"> <li>No requiere energía para su funcionamiento</li> <li>Su construcción se puede realizar en terreno plano o quebrado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>suelo, el area requerida para infiltración</li> <li>Requiere equipo especial</li> <li>El efluente del tanque séptico llevan alto nivel de contaminación</li> </ul>		
Caja derivadora Canal de rejas Canal desarenador <b>Tanque Imhoff</b> <b>Filtros Percoladores</b> Sedimentador secundario Patio de secado de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proceso de sedimentación y digestión se realiza en la misma unidad.</li> <li>Se debe construir en terreno quebrado.</li> <li>Produce un efluente clarificado</li> <li>Bajo costo de operación y mantenimiento</li> <li>Producto final inodoro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de construcción elevado</li> <li>Su construcción se debe de realizar en terrenos quebrados para evitar el uso de energía</li> <li>Producción de vectores (mosquitos) en el área de filtros.</li> <li>Problemas de infestaciones de moscas es común.</li> </ul>	300 – 500 hab/max  Área requerida Aprox. 0.25-0.75m <sup>2</sup> /hba.	<ul style="list-style-type: none"> <li>S.S.: 95-100%</li> <li>DBO: 95%</li> <li>Patógenos: 30-40%</li> </ul>
Caja derivadora Canal de rejas Canal desarenador Sedimentador primario <b>Filtros percoladores</b> Sedimentadores secundario Digestor de lodos Patio de secado de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produce un efluente clarificado</li> <li>Bajo costo de operación y mantenimiento.</li> <li>Producto final inodoro</li> <li>Su construcción se debe de realizar en terrenos quebrados para evitar el uso de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de construcción elevado</li> <li>Producción de vectores (mosquitos) en el área de filtros.</li> <li>Problemas de infestaciones de moscas es común y afecta eficiencia del tratamiento.</li> </ul>	300 hab. En adelante  Área requerida Aprox. 0.35-1.5m <sup>2</sup> /hab.	<ul style="list-style-type: none"> <li>S.S.: 95-100%</li> <li>DBO: 95%</li> <li>Patógenos: 30-40%</li> </ul>
Caja derivadora Canal de rejas Canal desarenador <b>RAFA</b> <b>Filtros percoladores</b> Patio de secado de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proceso de sedimentación y digestión se realiza en la misma unidad.</li> <li>Se debe de construir en terreno quebrado.</li> <li>Producto final inodoro</li> <li>Se puede realizar la recolección de gas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de construcción elevado</li> <li>Producción de vectores (mosquitos) en el área de filtros.</li> <li>Altos costos de operación y mantenimiento</li> <li>Sensible a cambios de carga (hidráulica u orgánica)</li> <li>Requiere de energía para su operación</li> <li>Su construcción se debe de realizar en terrenos quebrados para evitar el uso de energía</li> </ul>	1000 hab. En adelante  Área requerida Aprox. 0.75-1.5 m <sup>2</sup> /hab	<ul style="list-style-type: none"> <li>S.S.: 95-100%</li> <li>DBO: 95%</li> <li>Patógenos: 30-40%</li> </ul>

Fuente: *Guía para el Manejo de Excretas y aguas.* 2 004

En la Cuadro 30 se listan las diversas eficiencias de las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, en nuestro medio hay experiencia de implementación en: Fosas Sépticas, Lechos Filtrantes y Tanque Imhoff.

### 3.10.2 Resumen de alternativas

Al considerar simultáneamente la información de los cuadros 28 y 30, es evidente que dado el nivel de consumo de energía, el grado de eficiencia de remoción de contaminantes y reducción de DBO<sub>5</sub> evaluaremos dos opciones de tratamiento:

Tanques Imhoff + Filtros Percoladores y Filtros Percoladores + Digestor de Lodos.

### **3.10.3 Evaluación Económica (FASES)**

Para cada una de las opciones existen tres tipos de costos a considerar. Costos de la Inversión, costos de la tierra o superficie donde se construirán las instalaciones, en caso no haya espacio municipal; costos de operación y mantenimiento. Realizaremos el ejercicio para las cuatro Fases y listaremos al final el resultado comparativo de todas las fases.

## **CUADRO 31 COSTOS DE INVERSIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TRATAMIENTO PARA VARIOS SISTEMAS**

Fase	Planta	Año del plan	Población a cubrir	Caudal de diseño lts/seg	Costo Tanque Imhoff + Filtros percoladores Q	Filtros Percoladores + Digestores de lodos Q
Fase I	Planta 1	2016	740	1.14	Q 251,600.00	Q 355,200.00
	Planta 2	2016	1107	3.98	Q 376.339.99	Q 531,303.52
	Planta 3	2016	6003	16.26	Q 2,040,988.00	Q 2,881,394.88
Fase II	Planta 4	2017	1756	3.03	Q 597,040.00	Q 842,880.00
	Planta 5	2017	4519	8.54	Q 1,536,460.00	Q 2,169,120.00
Fase III	Planta 6	2018	2190	4.13	Q 744,600.00	Q 1,051,200.00
Fase IV	Planta 7	2019	3750	7.41	Q 1,275,000.00	Q 1,800,000.00
	Planta 8	2019	866	0.49	Q 294,440.00	Q 415,680.00

Fuente: Guía para el Manejo de Excretas y aguas. 2 004

### CUADRO 32 COSTOS DE CADA SISTEMA POR HABITANTE

Método de Construcción	Tanque Imhoff + Filtros Percoladores	Filtros Percoladores + Digestores de lodos
COSTO POR HABITANTE	Q340,00	Q 480.00

Fuente: Guía para el Manejo de Excretas y aguas. 2 004.

Cada una de los costos considera las unidades de cribado o rejillas, sedimentación primaria. No se incluye el costo de la tierra, que es una de las principales limitantes.

Consideremos ahora el espacio que se requeriría teóricamente para cada uno de estos sistemas.

**CUADRO 33**  
**ÁREAS MÍNIMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DIVERSOS**  
**SISTEMAS DE TRATAMIENTO**

Fase	Planta	Año del plan	Población a cubrir	Caudal de diseño lts/seg	Área requerida Tanque Imhoff + Filtros Percoladores m2	Filtros percoladores + Digestores de lodos m2
Fase I	Planta 1	2016	740	1.14	555.00	555.00
	Planta 2	2016	1107	3.98	830.16	830.16
	Planta 3	2016	6003	16.26	4,502.17	4,502.17
Fase II	Planta 4	2017	1756	3.03	1317	1317
	Planta 5	2017	4519	8.54	3389.25	3389.25
Fase III	Planta 6	2018	2190	4.13	1642.50	1642.50
Fase IV	Planta 7	2019	3750	7.41	2812.50	2812.50
	Planta 8	2019	866	0.49	649.5	649.5

Fuente: *Guía para el Manejo de Excretas y aguas.* 2 004.

Para determinar el área requerida para los sistemas de tratamiento se tomó 0.75 m<sup>2</sup>/habitante que estable el cuadro 8 en la página 90.

**CUADRO 34**  
**COSTOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DIVERSOS**  
**SISTEMAS**

Fase	Planta	Año calendario	Población a cubrir	Caudal de diseño lts/seg	Costo Tanque Imhoff + Lecho de Turba Q	Costo Filtros Percoladores + Digestor de lodos Q
Fase I	Planta 1	2016	740	1.14	Q 56,832.00	Q 61,682.40
	Planta 2	2016	1107	3.98	Q 85,017.60	Q103,615.20
	Planta 3	2016	6003	16.26	Q 461,030.40	Q 576,288.00
Fase II	Planta 4	2017	1756	3.03	Q134,860.80	Q168,576.00
	Planta 5	2017	4519	8.54	Q347,059.20	Q433,824.00
Fase III	Planta 6	2018	2190	4.13	Q168,192.00	Q210,240.00
Fase IV	Planta 7	2019	3750	7.41	Q288,000.00	Q360,000.00
	Planta 8	2019	866	0.49	Q66,508.80	Q83,136.00

Fuente: Guía para el Manejo de Excretas y aguas. 2 004.

La variación más importante en los costos anuales de mantenimiento y operación se presenta en los sistemas de lodos activados, por el insumo de electricidad.

### CUADRO 35 COSTOS DE LA TIERRA DONDE SE CONSTRUIRÍAN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

Fase	Planta	Año calendario	Población a cubrir	Caudal de diseño lts/seg	Costo Tanque Imhoff + Lecho de Turba Q	Costo Filtros Percoladores Q
Fase I	Planta 1	2016	740	1.14	Q 277,500.00	Q 277,500.00
	Planta 2	2016	1107	3.98	Q 415.080.00	Q 415,080.00
	Planta 3	2016	6003	16.26	Q 2,251,085.00	Q 2,251,085.00
Fase II	Planta 4	2017	1756	3.03	Q 658,500.00	Q 658,500.00
	Planta 5	2017	4519	8.54	Q 1,694,625.00	Q 1,694,625.00
Fase III	Planta 6	2018	2190	4.13	Q 821,250.00	Q 821,250.00
Fase IV	Planta 7	2019	3750	7.41	Q 1,406,250.00	Q 1,406,250.00
	Planta 8	2019	866	0.49	Q 324,750.00	Q 324,750.00

Fuente: Guía para el Manejo de Excretas y aguas. 2 004.

En la cuadro 35 se detallan los valores a la fecha el costo de la tierra si la municipalidad no dispusiera de ella, el

valor por metro cuadrado se ha estimado en Q 500.00/m<sup>2</sup> en áreas no comerciales, no residenciales, y específicamente cercanías de los barrancos.

### CUADRO 36 COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN, SISTEMAS DE TRATAMIENTO SUGERIDOS

FASE	PLANTA	AÑO	POBL.	SISTEMA	COSTO PLANTA	COSTO TERRENO	ESTUDIO	TOTAL
Fase I	Planta 1	2016	740	Tanque Imhoff Opción 2	Q251,600.00	Q277,500.00	Q62,000.00	Q591,100.00
	Planta 2	2016	1107	Tanque Imhoff Opción 2	Q376,339.99	Q415,080.00	Q62,000.00	Q853,419.99
	Planta 3	2016	6003	Filtros percoladores Opción 3	Q2,040,988.00	Q2,251,085.00	Q81,000.00	Q4,373,073.00
Fase II	Planta 4	2017	1756	Tanque Imhoff Opción 2	Q597,040.00	Q658,500.00	Q62,000.00	Q1,317,540.00
	Planta 5	2017	4519	Tanque Imhoff Opción 2	Q1,536,460.00	Q1,694,625.00	Q62,000.00	Q3,293,085.00
Fase III	Planta 6	2018	2190	Tanque Imhoff Opción 2	Q744,600.00	Q821,250.00	Q62,000.00	Q1,627,850.00
Fase IV	Planta 7	2019	3750	Tanque Imhoff Opción 2	Q1,275,000.00	Q1,406,250.00	Q62,000.00	Q2,743,250.00
	Planta 8	2019	866	Tanque Imhoff Opción 2	Q294,440.00	Q324,750.00	Q62,000.00	Q681,190.00

**Fuente:** *Guía para el Manejo de Excretas y aguas. 2 004.*

Estos precios son hipotéticos, pues dependerá de negociación de la Municipalidad de San Pedro Carchá, el lograr el uso de riberas que siguen de la descarga son una buena alternativa. La búsqueda del lote debe cotejarse con los datos topográficos para obtener la carga hidráulica para que funcionen las unidades. Si comparamos el cuadro 31 podemos ver que el tanque Imhoff y los Filtros Percoladores + Digestores de Lodos es la alternativa más viable y que se acopla a la situación actual de las descargas. Evidentemente no se podría realizar el análisis financiero sin considerar una tarifa, o cobro por el sistema de

tratamiento, se estimó para este análisis una cuota mensual de **Q 40.00/casa/mes** del Municipio de San Pedro Carchá.

### 3.11 Evaluación Financiera

## CUADRO 37 RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO PARA LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO SUGERIDAS PARA 20 AÑOS. (TANQUE IMHOFF Y FILTROS PERCOLADORES)

**CALCULO DEL VAN, R B/C Y TIR CON UNA TASA DE DESCUENTO DEL 11.5%**

Año de operación	Costos totales (Q)	Beneficios totales (Q)	Factor de actualización 11.5%	Costos actualizados (Q)	Beneficios actualizados (Q)	Flujo neto de efectivo act. (Q)
1	Q 15,480,507.99	Q1,379,730.00	0.897	13,883,863.67	1,237,426.01	-12,646,437.66
2	Q 1,722,758.40	Q2,841,280.68	0.804	1,385,717.31	2,285,411.47	899,694.16
3	Q 1,722,758.40	Q2,926,871.80	0.721	1,242,795.79	2,111,441.72	868,645.93
4	Q 1,722,758.40	Q3,014,045.34	0.647	1,114,615.06	1,950,070.49	835,455.43
5	Q 1,722,758.40	Q3,102,461.37	0.580	999,654.76	1,800,246.79	800,592.03
6	Q 1,722,758.40	Q3,191,791.68	0.520	896,551.36	1,661,060.05	764,508.70
7	Q 1,722,758.40	Q3,281,719.80	0.467	804,081.93	1,531,713.09	727,631.16
8	Q 1,722,758.40	Q3,435,960.63	0.419	721,149.72	1,438,299.20	717,149.48
9	Q 1,722,758.40	Q3,597,450.77	0.375	646,771.05	1,350,582.30	703,811.25
10	Q 1,722,758.40	Q3,766,530.96	0.337	580,063.72	1,268,214.95	688,151.23
11	Q 1,722,758.40	Q3,943,557.92	0.302	520,236.52	1,190,870.90	670,634.38
12	Q 1,722,758.40	Q4,128,905.14	0.271	466,579.84	1,118,243.79	651,663.96
13	Q 1,722,758.40	Q4,322,963.68	0.243	418,457.25	1,050,045.97	631,588.71
14	Q 1,722,758.40	Q4,526,142.97	0.218	375,297.99	986,007.29	610,709.30
15	Q 1,722,758.40	Q4,738,871.69	0.195	336,590.12	925,874.11	589,283.99
16	Q 1,722,758.40	Q4,961,598.66	0.175	301,874.55	869,408.24	567,533.70
17	Q 1,722,758.40	Q5,194,793.80	0.157	270,739.51	816,386.04	545,646.53
18	Q 1,722,758.40	Q5,438,949.11	0.141	242,815.70	766,597.47	523,781.77
19	Q 1,722,758.40	Q5,694,579.72	0.126	217,771.93	719,845.34	502,073.41
20	Q 1,722,758.40	Q5,962,224.96	0.113	195,311.15	675,944.46	480,633.31
<b>Total</b>	<b>48,212,918.00</b>	<b>79,450,431.00</b>		<b>25,620,938.90</b>	<b>25,753,689.68</b>	<b>132,750.77</b>

**Fuente:** Investigación de campo. 2 015.

Los Indicadores Financieros que arrojan el Proyecto son:

<b>VAN=</b>	<b>Q132,750.77</b>	<b>Se acepta</b>
<b>TIR =</b>	<b>1.98%</b>	<b>Se acepta</b>
<b>B/C =</b>	<b>1.0</b>	<b>Se acepta</b>

La integración indica que si bien existe un dato de rentabilidad, este valor es solo representativo, pues si solo se construyera una o dos fases de este plan no se cubrirían los costos de mantenimiento y no sería sostenible, el criterio está en operar varias unidades con la misma cuadrilla, para disolver el costo del pasivo laboral en varias tareas. También se debe considerar que este tipo de proyectos son de inversión pública lo que significa que no abra una recuperación total de lo invertido.

### CUADRO 38 RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO PARA LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO SUGERIDAS. (TANQUE IMHOFF Y FILTROS PERCOLADORES)

*CALCULO DEL VAN, R B/C Y TIR CON UNA TASA DE DESCUENTO DEL 11.5%*

Año de operación	Costos totales (Q)	Beneficios totales (Q)	Factor de actualización 11.5%	Costos actualizados (Q)	Beneficios actualizados (Q)	Flujo neto de efectivo act. (Q)
1	Q 1,722,758.40	Q1,379,730.00	0.897	1,545,074.80	1,237,426.01	-307,648.79
2	Q 1,722,758.40	Q2,841,280.68	0.804	1,385,717.31	2,285,411.47	899,694.16
3	Q 1,722,758.40	Q2,926,871.80	0.721	1,242,795.79	2,111,441.72	868,645.93
4	Q 1,722,758.40	Q3,014,045.34	0.647	1,114,615.06	1,950,070.49	835,455.43
5	Q 1,722,758.40	Q3,102,461.37	0.580	999,654.76	1,800,246.79	800,592.03
6	Q 1,722,758.40	Q3,191,791.68	0.520	896,551.36	1,661,060.05	764,508.70
7	Q 1,722,758.40	Q3,281,719.80	0.467	804,081.93	1,531,713.09	727,631.16
8	Q 1,722,758.40	Q3,435,960.63	0.419	721,149.72	1,438,299.20	717,149.48
9	Q 1,722,758.40	Q3,597,450.77	0.375	646,771.05	1,350,582.30	703,811.25
10	Q 1,722,758.40	Q3,766,530.96	0.337	580,063.72	1,268,214.95	688,151.23
11	Q 1,722,758.40	Q3,943,557.92	0.302	520,236.52	1,190,870.90	670,634.38
<b>Total</b>	<b>18,950,342.00</b>	<b>34,481,401.00</b>		<b>10,456,712.01</b>	<b>17,825,336.97</b>	<b>7,368,624.96</b>

Fuente: Investigación de campo. 2 015.

Los Indicadores Financieros que arrojan el Proyecto son:

**VAN=** **Q7,368,624.96** **Se acepta**

<b>TIR =</b>	<b>333.59%</b>	<b>Se acepta</b>
<b>B/C =</b>	<b>1.70</b>	<b>Se acepta</b>

Para los costos de operación y mantenimiento el proyecto refleja una estimación del VAN y del TIR que es aceptable con un 1.70 B/C que esto indica que durante los años de operación las plantas tendrán recursos para cubrir la operación y mantenimiento de las plantas. Donde el primer año los costos de operación y los beneficios totales están calculados para 12 meses.



## CONCLUSIONES

Temperaturas normales en las distintas zonas de muestreo solo en algunas se presentaron temperaturas altas, posiblemente debido a la hora de recolección de muestras.

Alto grado de solidos totales presentes en cada uno de los drenajes, mismos que son descargados directamente en el cauce del río: así mismo cabe señalar que no todos los sedimentos encontrados en las muestras de agua de río son de origen orgánico, también se encontraron en algunos desfogues un 30% de suelo procedente de la erosión.

Valores de DBO<sub>5</sub> y DQO de 14 desfogues se sitúan arriba del límite permisible, indican su grado de contaminación y a su vez que la cantidad de oxígeno presente en las muestras de drenaje no es suficiente.

Los caudales del municipio de San Pedro Carchá se pueden tratar con medios biológicos.

El análisis microbiológico realizado al agua proveniente de los veintiún drenajes, mostro que catorce presentan un crecimiento masivo de enterobacterias, posiblemente por la presencia de grandes cantidades de solidos de origen orgánico, los que contribuyen al crecimiento masivo de microorganismos que utilizan oxígeno para el proceso de degradación y limitan este elemento y a su vez restringen la utilización del agua en procesos que conlleven el contacto directo con seres humanos.

La zonificación del área de muestreo en el río Cahabón, Chió y *Tzimajil*, sitúa a los puntos de descarga de los drenajes de los barrios Trinidad I, Barrio Santo domingo, Puente Chicoy, Barrio Chichum, Salida a Raxpec carretera al instituto Hall, residenciales Raxpec planta baja, Barrio las Ilusiones, Barrio Canihab y el barrio San Francisco dentro de la zona de degradación; y en la zona de activa descomposición; están los puntos de la Trinidad II, Barrio Santo Domingo, Barrio Boquicar, las zonas 2, 3 y parte de la zona 1, el Mercado Chixtun, las descargas del Punte Chixtun que estas corresponde a la Calzada Chixtun, parte de la Colonia Raxpec, Barrio las Iluciones y Chibujbu, la zona 1 que incluye la municipalidad y el parque central y el Barrio Cuatro Caminos, Setoc, y Chajsaquil.

Las distancias de separación entre las descargas hacen inviable unificar con un solo colector hacia una sola planta de tratamiento, se tendría que atravesar muchas propiedades privadas y calles principales, además de profundizar más allá de los 4 metros sugeridos por el Centro Panamericano de Ingeniera Sanitara para la colocación de la tubería para trasladar las aguas residuales previo a la entrada de la planta de tratamiento.

Las alternativas de tanques Imhoff y filtros percoladores + digester de lodos se estima que son las adecuadas, no por costo más bajo, sino por las características de espacio reducido para su instalación, dado que el costo de la tierra en las cercanías del casco urbano del municipio, puede superar hasta cinco veces el valor de este análisis

Al realizar las visitas de campo se pudo observar y confirmar que en las descargas donde hay mayor caudal y menor contaminación posee una red de drenaje combinada, con agua pluvial y residual.

Según el Código de Salud Decreto Numero 90-97 del Congreso de la República de Guatemala, Artículo 96, la construcción de obras de tratamiento

es responsabilidad de las municipalidades o de los usuarios de las cuencas o subcuentas afectadas, la construcción de obras para el tratamiento de las aguas negras y servidas, para evitar la contaminación de otras fuentes de agua: ríos, lagos, nacimientos de agua. El Ministerio de Salud deberá brindar asistencia técnica en aspectos vinculados a la construcción, funcionamiento y mantenimiento de las mismas.

Según el estudio realizado se encontraron por el momento 140 descargas clandestinas en las orillas de los ríos Cahabón, Chió y *Tzimajil* según el Código de Salud Decreto Numero 90-97 en su artículo 97: queda prohibida la descarga de contaminantes de origen industrial, agroindustrial y el uso de agua residual que no hayan sido tratadas sin previo dictamen favorable del Ministerio de Salud, El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y la autorización del Consejo Municipal de la Jurisdicción o Jurisdicciones municipales afectadas. Se prohíbe, asimismo la descarga de aguas residuales no tratadas en ríos, lagos riachuelos y lagunas o cuerpos de agua ya sean estos superficiales o subterráneos.

En base a la observación directa, entrevistas y encuestas se determinó que la mayoría de los usuarios ven lo importante que es la realización del presente estudio y la construcción de alternativas de tratamiento para las aguas residuales.

La evaluación financiera que se realizó en el estudio se determinó que la municipalidad de San Pedro Carchá para poder cumplir con el reglamento 236-2006 de las descargas y reusó de aguas residuales y disposición de lodos para el año 2017 tendrá que invertir Q 15, 480,507.99 millones.



## RECOMENDACIONES

Se sugiere a la municipalidad iniciar el proceso de normalización en agua potable y drenajes junto con el tratamiento de aguas residuales, como política municipal, lo que facilitara su financiamiento por la vía de préstamos o donaciones internacionales.

Se encontraron 10 desfogues en los cuales no se observó un brocal o disipadores para dirigir el caudal de las descargas hacia el caudal del río, por lo que los desfogues descargan directamente al suelo y generan una erosión en el mismo, se sugiere a la municipalidad la construcción de brocales o disipadores a los 10 puntos que carecen de los mismo.

Se recomienda a la municipalidad la realización de los análisis de laboratorio de los metales pesados dentro de cinco años para los veintiún puntos de descargas con los parámetros siguientes, arsénico, cadmio, cromo, cianuro total, níquel, zinc, mercurio, plomo, ya que en este estudio no fue necesario la medición de estos parámetros ya que en el área no se presenta ninguna empresa de tipo industrial que maneje metales pesados.

Se recomienda a la municipalidad firmar el convenio con el Ministerio de Salud para que de manera conjunta promuevan la cobertura universal de la población a servicios para la disposición final de excretas la conducción y tratamiento de aguas residuales y fomentar acciones de educación sanitaria para el correcto uso de las mismas, según el Código de Salud, Decreto Número 93 del Congreso de la República de Guatemala.

Se recomienda a la municipalidad reformar sus políticas de autorización de licencia de construcción en general o reparación y/o modificación de obras públicas o privadas destinadas a la eliminación o disposición de excretas o aguas residuales a cuerpos receptores y trabajar juntamente con el Ministerio de Salud o MARN para que la municipalidad previamente de autorizar una licencia pueda obtener el dictamen favorable del ministerio de Salud y MARN. Según el Código de Salud, Decreto Numero 90-97 del congreso de la República de Guatemala, Artículo 98.

Según el reglamento de las descargas y reusó de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo 236 – 2006, se recomienda la actualización del estudio técnico en 5 años o la extensión cuando se determine que no se genera alguno de los parámetros establecidos (Art. 12)

Se recomienda a la municipalidad el estudio de al menos tres puntos para la construcción de las planta 3, en el Barrio Chichum, la planta 5, en el Predio Municipal, terminala Santiago y la planta 7, en el área del rastro municipal. Realizar la limpieza y mantenimiento de los sistemas de pre-tratamiento ubicadas en los puntos denominados los salesianos y de la trinidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arita Armendariz, Carlos. *Las aguas negras en el riego*. Guatemala: Dirección Técnica de Riego y Avenamiento, 1 985.
- Brown Salazar, Doreen. *Guía para el Manejo de excretas y aguas residuales municipales*. Guatemala: Programa Ambiental Regional para Centroamérica, PROARCA., 2 004.
- Canter Willson, *Manual de evaluación de impacto ambiental*. Editorial Mc.Graw Hill, 1 998.
- Castillo, Bernni. *Elaboración de la línea base para la calidad de agua de la parte occidental de la cuenca del río Cahabón*. Trabajo de Graduación. Maestría en Gestión para la Reducción de Riesgos. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Arquitectura, 2 009.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria –CEPIS-. *Tecnología apropiada para la salud*. Ginebra, Suiza: CEPIS., 1 984.
- . *Riesgos del ambiente humano para la salud*. Bogota, Colombia: Oficina Sanitaria Panamericana, 1 973.
- . *Sistemas de alcantarillado*. Lima, Perú: Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2 002.
- Contaminación de las fuentes de agua*. <http://www.itescham.com/Syllabus/Doctos/r1340.PPT> (01 de mayo de 2 015).
- Cruz, Jorge Rene de la. *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a Nivel de reconocimiento*. Guatemala: Instituto Nacional Forestal, 1 982.
- Instituto Nacional de Estadística – INE - *Fascículo Informativo*. Instituto Nacional de Estadística, Informe estadístico, San Pedro Carchá, Alta Verapaz. Guatemala: INE., 2 008.

Laboratorio Químico y Ecológico –ECOQUIMSA-. *Metodología para la toma de muestra de aguas residuales*, San Pedro Carcha, Alta Verapaz, Guatemala: ECOQUIMSA., 2 015.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-. *Reglamento de las descargas y reusó de aguas residuales y de la disposición de lodos. (Acuerdo 236-2006)*. Guatemala: MARN., 2 006.

Municipalidad de San Pedro Carchá, *Red de alcantarillado de distribución en el municipio de San Pedro Carchá*. San Pedro Carchá, Alta Verapaz. Guatemala: Direccion Municipal de Planificación, 2 000.

------. *Plantas de tratamiento*. San Pedro Carcha, Alta Verapaz, Guatemala: Dirección de Servicios Públicos, 2 015.

Mcjunkin, Eugene. *Agua y salud humana*. México: Organización Panamericana de la Salud, Limusa., 1 986.

Obon de Castro, José María. *Análisis microbiológico del agua residual*. Cartagena, Colombia; Ingeniera Química y Ambiental, 2 004.

Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura – FAO- *Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, experiencias de américa latina*: Santiago, Chile: FAO., 2 000.

Prado, Raul. *Manual de gestión ambiental*. Guatemala: Editorial Piedra Santa. 1 996.

Saquec, Walter Yovani. *Diagnostico socioeconómico municipio de San Pedro Carchá*. Tesis en Licenciatura en Administración de Empresas. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Ciencias Económicas, 2 009.

Solis Cuellar, Héctor Antonio. *Diagnóstico de las aguas residuales municipales*. Tesis Licenciatura en Ciencias Agrícolas. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Agronomía, 2 005.

Trigueros, Herbeth. Entrevistado por [Joel Meléndez] San Pedro Carchá, Alta Verapaz. [12 de mayo del 2015]. *Contaminación de los ríos Cahabón, Chió y Tzimagil*. [Archivo word. mis documentos. Computadora personal de Joel Meléndez].

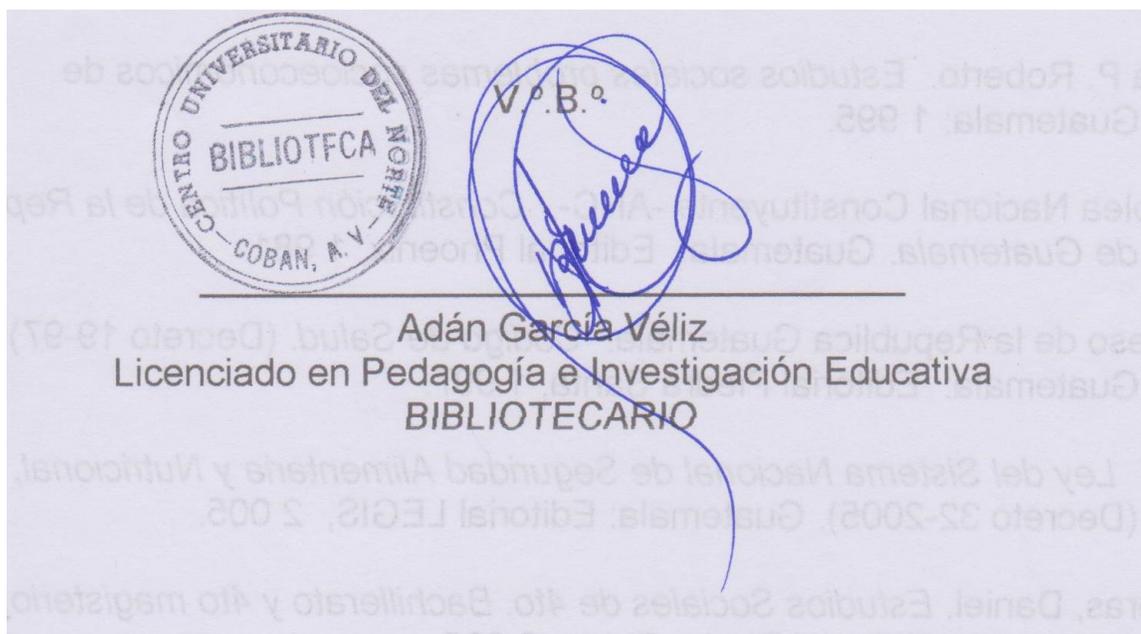
Unada Opazo, Francisco, *Zonificación para descargas de aguas residuales*. Perú: Ingeniería Sanitaria Gestión del Agua y Salud Pública, 2 013.

Velázquez, Mazariegos. *Caracterización cualitativa y cuantitativa del recurso agua de la cuenca el rio grande de Zacapa*. Tesis Licenciatura en Ciencias Agrícolas. Universidad de San Carlos de Guatemala. Zacapa: Facultad de Agronomía, 1 984.

Verrey, Jack, *Agua su calidad y tratamiento*. México: American water works association, 1 968.

Winter, Jonson. *El agua, suelo y planta*. México: Editorial de la Diana. 1 981.

Yanez, Fabián. *Criterios para la selección de procesos de tratamiento de aguas residuales*. Ginebra, Suiza: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1 978.





**ANEXOS**



## GLOSARIO

**AFLUENTE:** el agua captada por un ente generador.

**AGUAS RESIDUALES:** las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.

**AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL:** las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas.

**AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO:** 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 un alcantarillado.

**ALCANTARILLADO PLUVIAL:** el conjunto de tuberías, canalizaciones y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas de lluvia.

**ALCANTARILLADO PÚBLICO:** el conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo ordinario o de tipo especial, o combinación de ambas que deben ser previamente tratadas antes de descargarlas a un cuerpo receptor.

**CARACTERIZACIÓN DE UNA MUESTRA:** la determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, aguas para reusó o

lodos.



**CARACTERIZACIÓN DE UN EFLUENTE O UN AFLUENTE:** la determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el presente Reglamento.

**CARGA:** el resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinados en un efluente y expresada en kilogramos por día.

**CAUDAL:** el volumen de agua por unidad de tiempo.

**COLIFORMES FECALES:** el parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente.

**CUERPO RECEPTOR:** embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.

**DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO:** la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius.

**DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO:** la medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.

**EFLUENTE DE AGUAS RESIDUALES:** las aguas residuales descargadas por un ente generador.

**ENTES GENERADORES:** la persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor.

**ENTES GENERADORES EXISTENTES:** los entes generadores establecidos previo a la vigencia del presente Reglamento.

**ENTES GENERADORES NUEVOS:** los entes generadores establecidos posteriormente a la vigencia del presente Reglamento.

**ESTABILIZACIÓN DE LODOS:** el proceso físico, químico o biológico al que se someten los lodos para acondicionarlos previo a su aprovechamiento o disposición final.

**LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE:** el valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales y en aguas para reuso y lodos.

**MANTO FREÁTICO:** la capa de roca subterránea, porosa y fisurada que actúa como reservorio de aguas que pueden ser utilizables por gravedad o por bombeo.

**MONITOREO:** el proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada, para establecer el comportamiento de los valores de los parámetros de efluentes, aguas para reuso y lodos.

**MUESTRA:** la parte representativa, a analizar, de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.

**MUESTRAS COMPUESTAS:** dos o más muestras simples que se toman en intervalos determinados de tiempo y que se adicionan para obtener un resultado de las características de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.

**MUESTRA SIMPLE:** la muestra tomada en una sola operación que representa las características de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos en el momento de la toma.

**PARÁMETRO:** la variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos, asignándole un valor numérico.

**PUNTO DE DESCARGA:** el sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales.

**REUSÓ:** el aprovechamiento de un efluente, tratado o no.

**SERVICIOS PÚBLICOS MUNICIPALES:** aquellos que, de acuerdo con el Código Municipal, prestan las municipalidades directamente o los concesionan y que generan aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas.

**SISTEMA DE ALCANTARILLADO PRIVADO:** el conjunto de tuberías y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo especial, originadas por distintas personas individuales o jurídicas privadas, hasta su disposición a una planta de tratamiento de aguas residuales privada.

**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES:** cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales

## CUADRO 39 CRONOGRAMA

Proyecto: Caracterización de las descargas del alcantarillado público de la cabecera municipal de San Pedro Carcha Alta Verapaz																		
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																		
Proceso/Tiempo	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Recursos	Responsables
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Información sobre estudios anteriores de la calidad de agua del río Cahabón																	Recursos humanos y físicos: computadora, libros de texto, GPS	Joel Aníbal Meléndez Chinchilla y asesor
Visita de campo y recolección de datos tomados por GPS de los desfogues																	Hojas bond	Joel Aníbal Meléndez Chinchilla
Selección de puntos de muestreo																	Computadora, libro de texto, GPS, Lancha.	Joel Aníbal Meléndez Chinchilla
Toma de muestras																	Cartografía de desfogues	Joel Aníbal Meléndez
Encuestas a usuarios																	Suministros de laboratorio	Joel Aníbal Meléndez , y municipalidad
Comparativos de las Variables e indicadores de calidad del agua																	Recursos humanos. Recursos físicos: computadora	Joel Aníbal Meléndez Chinchilla
Metodología para evaluar impactos																	Informe de resultados	Estudiantes y asesor
Análisis e interpretación de los resultados de la investigación.																	Recursos humanos. Recursos físicos: Resultados	Joel Aníbal Meléndez Chinchilla y asesor
Formular indicadores de monitoreo a partir del análisis de resultados y propuestas de soluciones																	Informe de resultados	Joel Aníbal Meléndez Chinchilla y asesor
Planes de prevención y de manejo																	Recursos humanos y físicos: Computadora	Joel Aníbal Meléndez Chinchilla y asesor
Presentación de resultados																	Recursos humanos y	Joel Aníbal Meléndez







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE CUNOR  
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

ENCUESTA SOBRE MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES,  
SAN PEDRO CARCHA, ALTA VERAPAZ

**Proyecto de trabajo de graduación**

Caracterización de las descargas municipales del alcantarillado público y propuesta de manejo en la cabecera municipal de San Pedro Carcha, Alta Verapaz

1) ¿Sabe usted lo que son las aguas residuales?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

2) ¿Han adoptado las autoridades locales métodos funcionales para reducir la generación del agua residual y mejorar la gestión de los mismos?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

3) ¿Cuál considera usted que es el problema más acuciante en relación al manejo del agua residual a nivel municipal?

---



---

4) ¿Hay tratamiento de las aguas residuales previo a su desecho?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

5) ¿Cree que la municipalidad impulsa suficientes campañas contra la contaminación del agua?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

a) ¿Cuáles son las áreas que considera más importantes para este adiestramiento?

---

---

6) ¿Qué tipo y fuentes de información encuentra disponible por medio de la municipalidad para asistirle en la toma de decisiones relativas al manejo de las aguas residuales?

---

---

7) ¿Conoce algún proyecto exitoso en el ámbito del manejo de aguas residuales a nivel departamental que pueda servir de modelo para otras municipalidades?

Nombre de la iniciativa, localización, y contactos (e-mail o teléfono)

---

---

8) ¿Si se ofreciera el recurso de agua residual tratada a un mayor costo del de agua potable, estaría dispuesto a aceptar este recurso?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

9) ¿Cree usted que es importante realizar una caracterización de las descargas municipales del alcantarillado público y propuesta de manejo para conocer la contaminación de los ríos de Cahabón, Chió y *Tzimajil*?

Sí \_\_\_ No \_\_\_



## PLAN DE MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES

En esta sección se describe las medidas de mitigación propuestas para los impactos potenciales identificados en la investigación, para las diferentes actividades que conlleva las descargas de aguas residuales en la cabecera municipal de San Pedro Carchá, A.V. las medidas de mitigación permitirán prevenir, atenuar y/o compensar los impactos ambientales hacia los ríos Cahabón, Chió y *Tzimajil*. Las variables obligatorias para plantear las soluciones al problema de la contaminación de las aguas residuales en el municipio se ordenan de la siguiente manera:

- Actualización anual del censo poblacional
- Objetivos del plan
- Análisis de los caudales sin tratamiento en el Municipio de San Pedro Carchá
- Fases para la implantación de sistemas de tratamiento

Los análisis de todos los parámetros fisicoquímicos y Bacteriológicos de las descargas ya no se realizaron en el plan ya que en el estudio técnico fueron analizados. Véase las páginas 64 a la 83.

Al agotar estos enunciados se planteara el orden de ejecución por fases de las soluciones, fases priorizadas por el grado de contaminación, siendo el criterio inicial el tratamiento donde las descargas sean de mayor volumen de aguas residuales y mayor grado de contaminación.

**a. Población del municipio**

En base a la información del Instituto Nacional de Estadística (INE) y su estimación de la población total por municipio. Por un periodo de 2008 a 2020, se resumen en el cuadro siguiente:

**CUADRO 40  
PROYECCIÓN DE POBLACIÓN SAN  
PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ**

No.	Año	Población
1	2008	195,119
2	2009	201,343
3	2010	207,755
4	2011	214,372
5	2012	221,172
6	2013	228,128
7	2014	235,213
8	2015	242,397
9	2016	249,699
10	2017	257,136
11	2018	264,679
12	2019	272,300
13	2020	279,972

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística INE. 2 008.

## **b. Objetivos del plan**

### **1. General**

Mejorar las condiciones actuales del servicio municipal de recolección, tratamiento y disposición final de aguas residuales en el municipio de San Pedro Carchá, a través de la gestión de los recursos económicos necesarios para la implementación del plan.

### **2. Específicos**

- ✓ Proveer un servicio de recolección y tratamiento de las aguas residuales municipales a la población.
- ✓ Gestionar los recursos económicos necesarios para la implementación del Plan de Gestión y Tratamiento de las Aguas Residuales Municipales.
- ✓ Disminuir de manera progresiva los parámetros permisibles de los indicadores de calidad de las aguas residuales con meta final para el 02 de mayo del 2024.
- ✓ Cumplir con lo establecido en el Reglamento 236-2006 sobre aguas residuales y de reusó del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

## **c. Situación de las redes del alcantarillado público existente**

El Municipio de San Pedro Carchá posee redes de alcantarillado combinado en algunos sectores del municipio, las cuales están construidas

con material de cemento, arena de río y tubos de PVC, en diámetros que van de las 4, 8, 10 hasta las 13 pulgadas. Siguen las pendientes naturales del terreno. Hay muchas viviendas a las orillas del río Cahabón, Chió y *Tzimajil*, que simplemente descargan hacia los cuerpos receptores por medio de tubos de pvc de 4 y 6 pulgadas.

### CUADRO 41 LISTADOS DE DESFOGUES SIN TRATAMIENTO

No.	NOMBRE	Caudal m <sup>3</sup> /día	Caudal lts/seg
D1	Finca Chipati (salesianos)	30.17	0.35
D2	Trinidad	63.84	0.74
D3	Colonia Santo Domingo	22.00	0.25
D4	Puente Chinja	71.20	0.82
D5	Pilita Boquicar	324	3.75
D6	Encuentro Río Chió y Cahabón	0.26	0.00301
D7	Puente Chicoy	1296	15
D8	Lotificación Fam. Cuellar	28.05	0.32
D9	Salida a Raxpec carretera al Hall	209.03	2.42
D10	Residenciales Raxpec, Planta baja	30.28	0.35
D11	Mercado Chixtun	17.12	0.20
D12	Puente Chixtun	264.48	3.06
D13	Puente Chixtun	63.84	0.74
D14	Puente Chixtun	10.74	0.12
D15	Puente Chixtun Hacia colonia Chibujbu	60	0.69
D16	Terminal Santiago hacia el Sur	259.2	3.00
D17	Beneficio de café	22.42	0.26
D18	Beneficio de Café	308.57	3.57
D19	Rastro Municipal	35.16	0.41
D20	Rastro Municipal	518.4	6
D21	Colonia San Francisco	36.55	0.42
<b>Totales</b>		<b>3671.37</b>	<b>42.49</b>

**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

En base al nivel de DBO, DQO, color y caudales, se han agrupado las descargas en ocho fases para programar la intervención para el tratamiento, siendo estas las siguientes:

### **CUADRO 42 FASES A IMPLEMENTAR**

<b>FASE</b>	<b>PLANTA</b>	<b>AÑOS</b>	<b>DESFOGUES</b>	<b>NOMBRE</b>
Fase I	Planta 1	2016	D3 y D4	Colonia Santo Domingo y puente Chinia
	Planta 2	2016	D5	Pilita Boquicar
	Planta 3	2016	D6, D7 y D8	Encuentro río Chió y Cahabón, puente Chicoy y 2ª calle 1ª avenida zona 2
Fase II	Planta 4	2017	D9 y D10	Salida a Raxpec carreta al Instituto Hall y Residenciales Raxpec planta baja
	Planta 5	2017	D11, D12, D13, D14, D15 y D16	Mercado Chixtun, Puente Chixtun se encuentra 4 desfogues y Terminal Santiago
Fase III	Planta 6	2018	D17 y D18	Barrio Chibujbu
Fase IV	Planta 7	2019	D19 y D20	Barrio Canihab, Chajsaquil, Cuatro Caminos y Chaiompek
	Planta 8	2019	D21	Colonia San Francisco

**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

En la página 93 se detalla más a fondo los sistemas de tratamientos correspondientes para cada fase de implementación y para cada planta de tratamiento.

#### **d. Ampliación de Colectores y modificaciones**

Para completar la fase fase I es necesario unificar las descargas crudas actualmente existentes, Colonia Santo Domingo, Puente Chinja denominado planta 1. Pilita Boquicar planta 2 y Encuentro río Chió y Cahabón, puente Chicoy, 2ª calle, 1ª avenida zona 2, planta 3. El diámetro de la interconexión no se estima menor a las 24 pulgadas se recomienda

que sea de tubería acanalada tipo Rib-lock, plásticas para agilizar su instalación. Si se optara por tubería tradicional, los pozos de visita han de ser de plástico o PVC, todo ello por efecto de la humedad y por fugas de agua de tormenta.

Topográficamente estas descargas unificadas conducirán las aguas residuales al punto donde se iniciaran las plantas piloto requiriéndose una unidad de bombeo con tecnología de tanque Imhoff y de filtros percoladores haciendo necesario la topografía de detalle para determinar las pendientes de los colectores y con ello calcular la velocidad de entrada a las unidades. Ahí la descarga unificada debe necesariamente modularse, esto debe hacerse por medio de un dispositivo que indique el caudal y pueda desviarlo, en el caso de la época de lluvia.

En el caso de la fase II, hay espacio para iniciar una planta piloto requiriéndose una unidad de bombeo para el traslado de la descarga D9 para la D10 y tecnología del tanque Imhoff, es necesario construir una tubería nueva de 450 metros que unifique los ramales existentes al Este de la descarga D9. El diámetro recomendado mínimo para esta modificaciones es de 24 pulgadas.

En esta misma fase se realizara la planta 5 donde hay espacio para iniciar con la construcción de la planta de tratamiento siendo este previo municipal, requiriendo también una unidad de bombeo y tecnología del tanque Imhoff, en esta fase es necesario trasladar 5 puntos de descarga denominados Mercado Chixtun, Puente Chixtun D12, D13, D14 y Puente Chixtun hacia colonia Chibujbu hacia el otro lado del río donde se encuentra el espacio para la planta. Ya sea trasladar la tubería nueva ya unidad de las 5 descargas por la superficie del río o por debajo del mismo. Quedará a criterio.

Fase III, el espacio para la construcción de las unidades, ha de ser negociada sobre la base de los 2,000 metros cuadrados base. A la vez será necesario construir una tubería nueva que unifique los ramales existentes. El diámetro recomendado mínimo para esta modificación es de 24 pulgadas el tramo aproximadamente de la tubería es de 250 metros al este de la descarga Beneficio de Café D17.

En la fase IV, Observando las posibles opciones de espacio para la construcción de la planta, no se presenta un lugar apto para la planta 7 de tecnología de tanque Imhoff de 4,000 metros cuadrados de espacio. Por lo cual se tendrá que negociar el espacio de construcción o contemplar el traslado de los puntos de descarga hacia un lugar adecuado. En el caso para la Planta 8 de la colonia San Francisco, el espacio para la construcción de la planta, tendrá que ser negociado sobre la base de los 1,000 metros cuadrados, donde se podrá utilizar la tecnología del tanque Imhoff.

La primera fase de ejecución se estima que debe realizarse entre el año 2016 a 2017. Se han seleccionado estas descargas para iniciar el proceso porque se conducirán por los nuevos colectores hacia plantas de tratamiento. Además de cubrir más del 34.32% de la demanda actual de agua residuales sin tratar.

#### **e. Porcentajes de cobertura del servicio**

75% de las viviendas tiene conexión por medio de candelas de concreto de 10 a 12 pulgadas hacia la línea de colectores independientes a las descargas sin tratar actuales. El alcantarillado es combinado, incluso hay rejillas y tragantes o sumideros de agua pluvial que se conectan a la línea de drenaje. Este problema requiere de la instalación de pozos derivadores o de demasías como indicábamos antes de ingresar a las

unidades de tratamiento.

**f. Evaluación del alcantarillado (tipo, separativo o combinado)**

Se recomienda descubrir y limpiar las redes de alcantarillado de las diferentes zonas especialmente la calzada Chixtun y la diagonal 1 del barrio san pablo ya que en estos tramos poseen rejillas para evitar que la lluvia anegue las calles, el caso es que por los desechos sólidos, la arena arrastrada y el lodo, ingresan a estas rejillas, y por tanto al alcantarillado.

Se debe tener en cuenta para evitar que estos despojos sean arrastrados y llegar a las futuras instalaciones de tratamiento. Hay tramos de las calles de San Pedro Carcha, donde la pendiente rebasa el 20% de pendiente, es de evaluarse como frenar el caudal de las tuberías de drenajes en esas calles porque podría dificultar el manejo del caudal en la entrada de las plantas de tratamiento, esto puede establecerse con el levantamiento topográfico de detalle cuando se unifiquen caudales.

**g. Catastro de industrias conectadas al alcantarillado publico**

No hay Industrias de ningún tipo en el Municipio de San Pedro Carchá, aunque si comercios de alta comercialización como tiendas, abarroterías, cantinas, beneficios de café y cardamomo; y dos mercados municipales. Por lo cual según al artículo 12; del Reglamento 236-2006, Exención de Medición de Parámetros, no se realizaron los análisis de los metales pesados para este estudio. Sin obviar la realización de los mismos posteriormente.

**h. Catastro de Usuarios de tipo domestico**

Como aporte para la futura etapa de diseño final o de factibilidad de las soluciones de tratamiento, se listan a continuación el aporte de

comercio presente en el pueblo de San Pedro Carcha. Además en el anexo y también en forma digital se adjuntan los planos en formato CAD de todos estos negocios, herramienta importantísima para la integración de caudales de los nuevos colectores.

### CUADRO 43 CATASTRO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ

TIPO DE COMERCIO	CANTIDAD	TIPO DE COMERCIO	CANTIDAD	TIPO DE COMERCIO	CANTIDAD
Abarroterías	25	Venta de Pizza	2	Depósitos de Maíz	4
Academias de Mecanografía y computación	4	Venta de Electrodomésticos	4	Depósitos	7
Agropecuarias	3	Tapicería	2	Locales comerciales desocupados	87
Almacenes	6	Venta de Desechables	2	Distribuidoras	11
Alquifiestas	5	Pinchazo	3	Colegios y Escuelas	14
Tiendas	273	Funerarias	2	Taller Estructura Me.	29
Oficinas jurídicas	12	Centro Dental	8	Fabricas	7
Asociaciones	5	Clínica Naturista	3	Venta de ropa Amer.	84
Bancos	9	Gasolinera	4	Tortillerías	37
Barberías	18	Oficinas profesionales	5	Farmacias	30
Beneficios	21	Multiservicios	4	Librerías	26
Biciservicios	3	Caseta	2	Iglesias	41
Bodegas	41	Serigrafía	3	Panaderías	38
Cafeterías	12	Mercados	2	Molinos de Nixtamal	25
Ventas de Calzados	27	Venta de Aparatos Electri.	2	Ferreterías	23
Canchas sintéticas	6	Purificadora de agua pura	2	Internet	26
Venta de licores	17	Venta de Motos	1	Venta de celulares	23
Carwash	7	Venta de Muebles	1	Hotel	8
Carnicerías	7	Venta de Madera	1	Variedades	29
Carpinterías	14	Venta de Vehículos	2	Venta de Acc. Carro	20
Clínicas Medicas	9	Videojuegos	1	Venta de Agroquímicos	2
Comedores y Restaurantes	48	Surtidoras	4	Establo de animales	2
Comerciales	17	Cerrajerías	1	Florería	1
Taller de Mecánica	23	Venta de Computadoras	1	Estudio de Grabación	1
Parqueo	9	Compra de Chatarra	6	Joyería	1
Venta de Granos Básicos	13	Vidriera	3	Juzgado de Paz	1
Venta de Miscelánea	5	Venta de Huevos	2	Revelado de fotografía	2
Venta de Plástico	3	Venta de leña	2	Sastrerías	12
Venta de Pollo	4	Taller de motos	5	Ventas de Gas	7
Venta de Helados	3	Salón de belleza	4	Venta de Mercadería	3
Compra de café	3	Oficina contable	7	Venta de Cortes Típicos	13
Total			1,363		

Fuente: Catastro Municipal, 2 015.

**i. Plan de capacitación dirigido a la municipalidad respecto a la información del estudio técnico**

Se propone que la municipalidad de San Pedro Carcha debe implementar el siguiente programa de capacitación en las siguientes áreas paralelamente al funcionamiento de la planta de tratamiento.

**CUADRO 44**

TEMA	INSUMOS	REQUERIMIENTOS PROFESIONALES	COSTOS ESTIMADOS Q	PERIODO DE EJECUCIÓN MESES	MODALIDAD
Sistemas de Información Geográfico "uso Catastral"	Software Arc-Gis	Ingeniero con experiencia en el software y aplicación catastral	Q 5,000.00	1,5	Replanteos de campo y dibujo digital
Implementación del proceso de socialización y manejo de conflictos para la implementación tarifaria	Espacios Municipales	Sociólogo, antropólogo de la Municipalidad	Q 3,000.00	2	Reuniones grupos de sociedad civil
Concientización a la población con relación al costo de la tarifa	Documentación	Sociólogo, asesor ambiental de la municipalidad	Q 1,000.00	2	Visita a los hogares de los Usuarios, información móvil y TV
Curso de Fontanería Básica 25% teoría 75% practica	Fotocopias/ proyector	Ingeniero civil experiencia en construcción y operación de drenajes	Q 4,000.00	2	mantenimiento a la red existente se aprende haciendo
Curso de Administración de sistemas de alcantarillado y plantas de Tratamiento	Computadoras / fotocopias / proyector	licenciado en administración de empresas + ingeniero civil	Q 4,000.00	2	teoría y prácticas de campo
Curso de parámetros ambientales y toxicología ambiental	proyector/ computadora	Licenciado en biología, química y farmacia ingeniero sanitaria	Q 6,000.00	2	muestreo in situ
Curso de Gestión de proyectos de Tratamiento de Aguas Residuales en énfasis en TDRS	proyector/ computadora/ fotocopias	licenciado en administración de empresas + ingeniero sanitaria + abogado	Q 5,000.00	3	A corporaciones municipales
Implementación de Unidad de Drenajes y Saneamiento Municipal	acuerdo municipal	Ingeniero civil experiencia en construcción y operación de drenajes + licenciado en administración de empresas	Q 5,000.00	2	A corporaciones municipales
Curso sobre muestreo e interpretación de parámetros de calidad de aguas residuales	salón + computadora + proyector	ingeniero sanitaria	Q 6,000.00	2	prácticas de campo a OPMs sociedad civil
Curso de mantenimiento de unidades de tratamiento de	espacios municipales	ingeniero sanitaria	Q 6,000.00	6	prácticas de campo a OPMs sociedad civil

creación del sistema de información de la red de saneamiento: distribución de agua de consumo humano, calidad de agua para consumo humano, monitoreo de red de drenajes.	espacios municipales/ acuerdo municipal	ingeniero en sistemas + ingeniero sanitaria + licenciado en administración de empresas	Q15,000.00	2	A corporaciones municipales
--	--	--	------------	---	--------------------------------

## PROPUESTAS DE FORTALECIMIENTO MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO CARCHA

**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

### CUADRO 45 CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO CARCHÁ

TEMA	MESES												
Sistemas de Información Geográfico "uso Catastral"													
Implementación del proceso de socialización y manejo de conflictos para la implementación tarifaria													
Concientización a la población con relación al costo de la tarifa													
Curso de Fontanería Básica 25% teoría 75% practica													
Curso de Administración de sistemas de alcantarillado y plantas de Tratamiento													
Curso de parámetros ambientales y toxicología ambiental													
Curso de Gestión de proyectos de Tratamiento de Aguas Residuales en énfasis en TDRS													
Implementación de Unidad de Drenajes y Saneamiento Municipal													
Curso sobre muestreo e interpretación de parámetros de calidad de aguas residuales													
Curso de mantenimiento de unidades de tratamiento de aguas residuales													
creación del sistema de información de la red de saneamiento: distribución de agua de consumo humano, calidad de agua para consumo humano, monitoreo de red de drenajes, mantenimiento de unidades de tratamiento de aguas residuales													

**Fuente:** investigación de campo, 2 015.

Tanto los temas y los costos pueden bien ser gestionados ante la cooperación internacional, la base de la negociación será el acuerdo municipal de la unidad de agua y saneamiento municipal, de ahí se podrá solicitar su fortalecimiento con estas y otras conferencias equipo, pago de profesionales o suministros.

Plan de capacitación dirigido a la municipalidad respecto a la información del estudio técnico.

Se requerirá la implementación de toda una unidad de operación y mantenimiento de los drenajes y de la tecnología de tratamiento, integrando una cuadrilla de mantenimiento con el personal municipal actual y otro si el volumen de las obras de tratamiento en el tiempo lo requiera. Esta nueva unidad recibirá la capacitación y se hará un plan de financiamiento para su implementación.

**j. Referencias sobre requerimientos de capacitación a personal municipal en operación y mantenimiento, así como una propuesta de organización administrativa básica para la prestación del servicio**

Requerimientos de Capacitación para esta nueva unidad:

- a) métodos de aforo especialmente con vertederos porque por medio de ese dispositivos se modulara el caudal en las unidades de la planta de tratamiento
- b) método de toma de muestras de control de calidad para enviar al laboratorio del INFOM
- c) programa permanente de vacunación al personal de campo durante todo el año.
- d) Impresión y triple copia de todos los manuales de operación de las unidades, previa aprobación del curso de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento impartido por un ingeniero sanitarista.

El costo de esta planilla se incluye en el rubro “operación y mantenimiento” del análisis de costo anual equivalente presentado anteriormente.

## **ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006, REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSÓ DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS**

**Artículo 2. Aplicación.** El presente Reglamento debe aplicarse a:

- a) Los entes generadores de aguas residuales;
- b) Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público;
- c) Las personas que produzcan aguas residuales para reusó;
- d) Las Personas que reúsen parcial o totalmente aguas residuales; y las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.

**Artículo 3. COMPETENCIA.** Compete la aplicación del presente Reglamento al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Las Municipalidades y demás instituciones de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, deberán hacer del conocimiento de dicho Ministerio los hechos contrarios a estas disposiciones, para los efectos de la aplicación de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

**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 reusó y lodos.

**Artículo 10. VIGENCIA DEL 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 deberá, cada cinco años, actualizar el contenido del estudio técnico estipulado en el presente Reglamento.

**Artículo 12. Exención de medición de parámetros:** la exención de medición de parámetros procederá cuando se demuestre a través del Estudio al que se refiere el artículo 5 del presente Reglamento, que por las características del proceso productivo no se generan algunos de los parámetros establecidos en el presente Reglamento, aplicables a descarga de aguas residuales, reusó de aguas residuales y lodos.

**Artículo 16. PARÁMETROS DE AGUAS RESIDUALES.** Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales son los siguientes:

- a) Temperatura,
- b) Potencial de hidrógeno,
- c) Grasas y aceites,
- d) Materia flotante,
- e) Sólidos suspendidos totales,
- f) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius,
- g) Demanda química de oxígeno,
- h) Nitrógeno total,
- i) Fósforo total,

- j) Arsénico,
- k) Cadmio,
- l) Cianuro total,
- m) Cobre,
- n) Cromo hexavalente,
- o) Mercurio,
- p) Níquel,
- q) Plomo,
- s) Color y
- t) Coliformes fecales.

**Artículo 18. DETERMINACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.** Los entes generadores, en el Estudio Técnico, deberán incluir la determinación de la demanda química de oxígeno, a efecto de establecer su relación con la demanda bioquímica de oxígeno, mediante la siguiente fórmula: demanda química de oxígeno dividido entre la demanda bioquímica de oxígeno.

**Artículo 24. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES Y DE URBANIZACIONES NO CONECTADAS AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.** Las municipalidades o empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público y las urbanizaciones existentes no conectadas al alcantarillado público, cumplirán con los límites máximos permisibles para descargar a cuerpos receptores,

**Artículo 27. PARÁMETRO DE CALIDAD ASOCIADO DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.** Las personas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, deben cumplir con las etapas del modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 26 y con los valores del parámetro de calidad asociado de demanda bioquímica de oxígeno,

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

**Artículo 50. MEDICIÓN DE CAUDAL.** En la toma de cada muestra simple se hará una medición de caudal, para poder relacionarla con la concentración y así determinar la carga.

**Artículo 54. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO.** Para los efectos de lo previsto en el presente Reglamento, los laboratorios estatales, universitarios, privados legalmente constituidos, o los laboratorios establecidos por los entes generadores, emplearán los métodos de análisis y muestreo establecidos por la Comisión Guatemalteca de Normas; o en su defecto por entidades como:

- a) Asociación Americana de Salud Pública, Asociación Americana de Obras de Agua y Federación de Ambientes Acuáticos en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales;
- b) Organizaciones técnicas reconocidas en el ámbito nacional e internacional, y
- c) Especificaciones del fabricante de los equipos que se utilicen.
- d) Los informes de los resultados de los análisis de laboratorio, deberán ser firmados por profesional colegiado activo especializado en la materia.

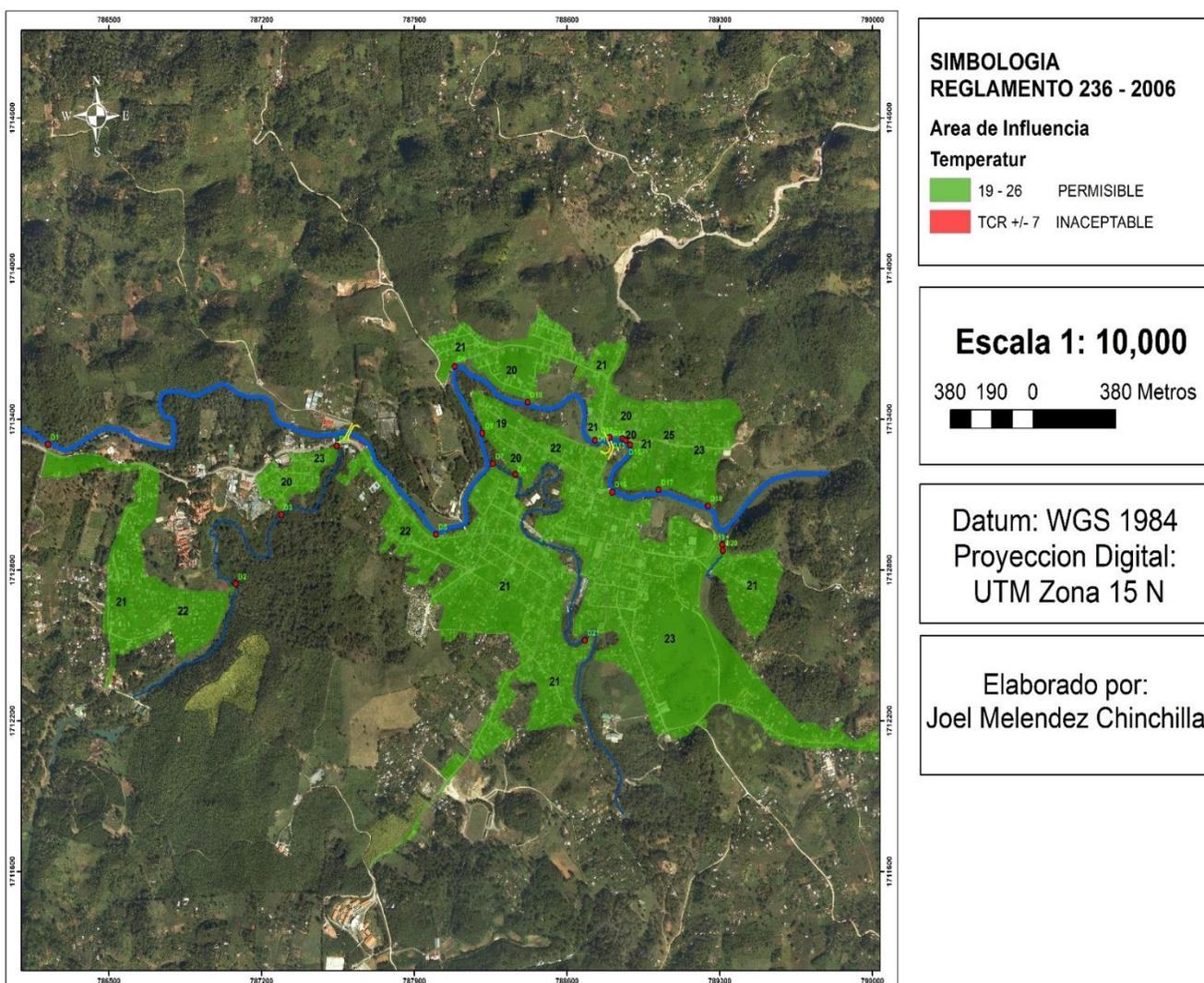
**Artículo 65. CUMPLIMIENTO DE LAS MUNICIPALIDADES.** Las Municipalidades que opten por cumplir lo preceptuado en el literal b) del artículo 24 de este Reglamento, iniciarán el cumplimiento de los límites máximos permisibles de la etapa uno para entes generadores existentes, el dos de mayo de dos mil once. A partir de dicha fecha, aplicarán las reducciones en los plazos y etapas establecidos, hasta el final de los dieciocho años.

Esta disposición no exime a las Municipalidades del cumplimiento de los demás aspectos que contempla el presente Reglamento.

### MAPA 3

## MAPA COMPARATIVO DE LA TEMPERATURA DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ, A.V.

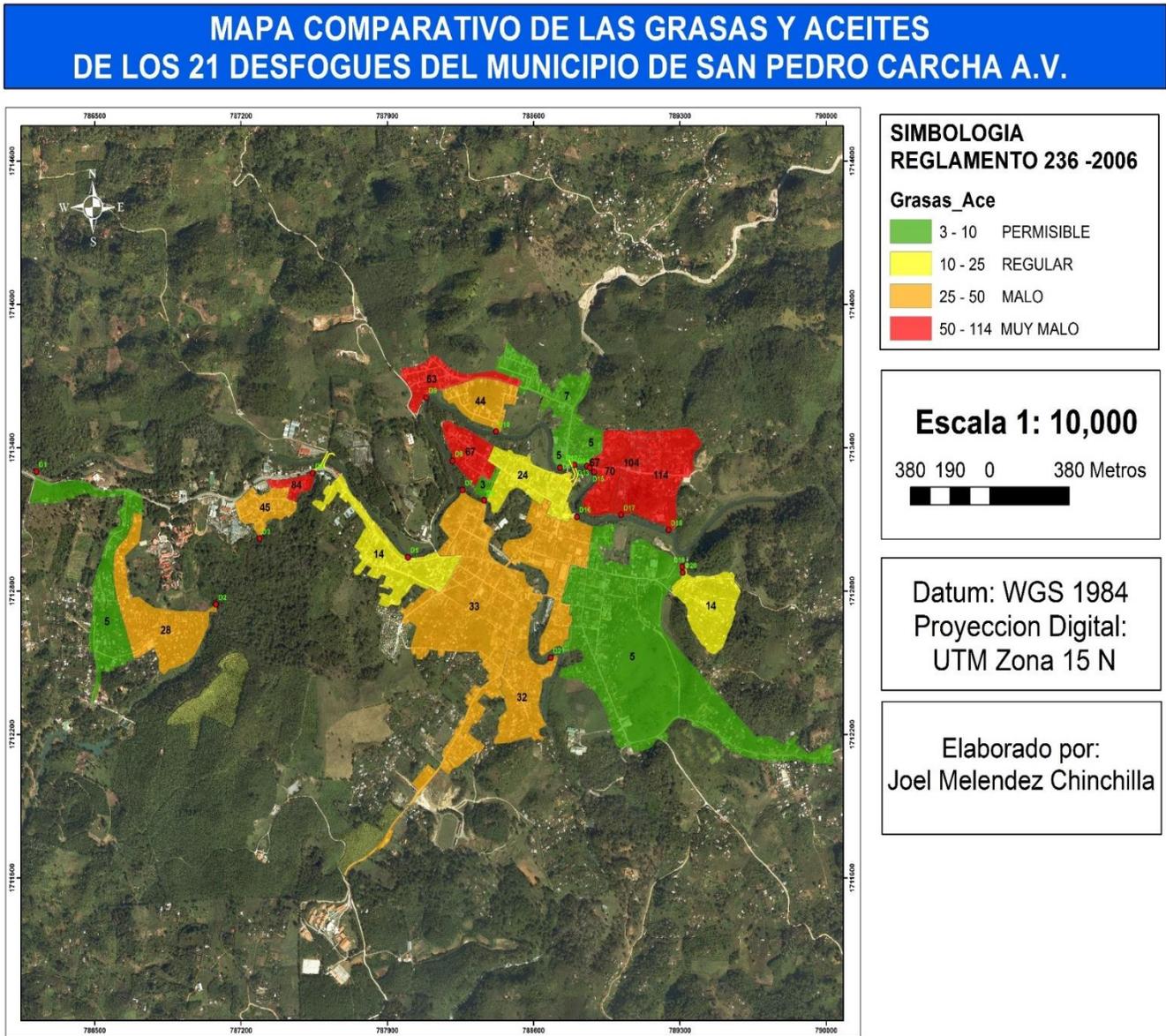
### MAPA COMPARATIVO DE LA TEMPERATURA DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA A.V.



**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.



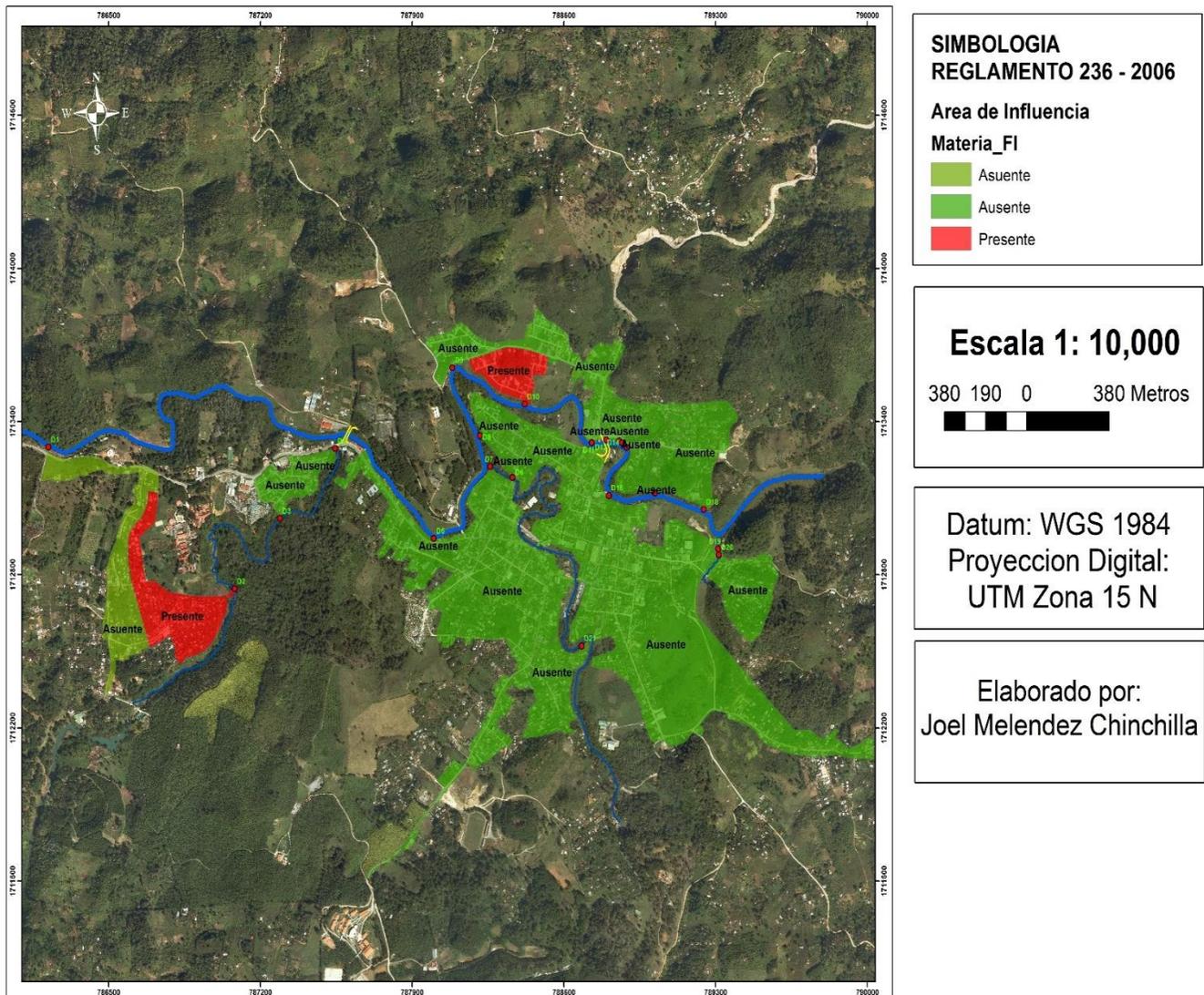
## MAPA 4 MAPA COMPARATIVO DE LA GRASAS Y ACEITES DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ, A.V.



**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

## MAPA 5 MAPA COMPARATIVO DE LA MATERIAL FLOTANTE DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ, A.V.

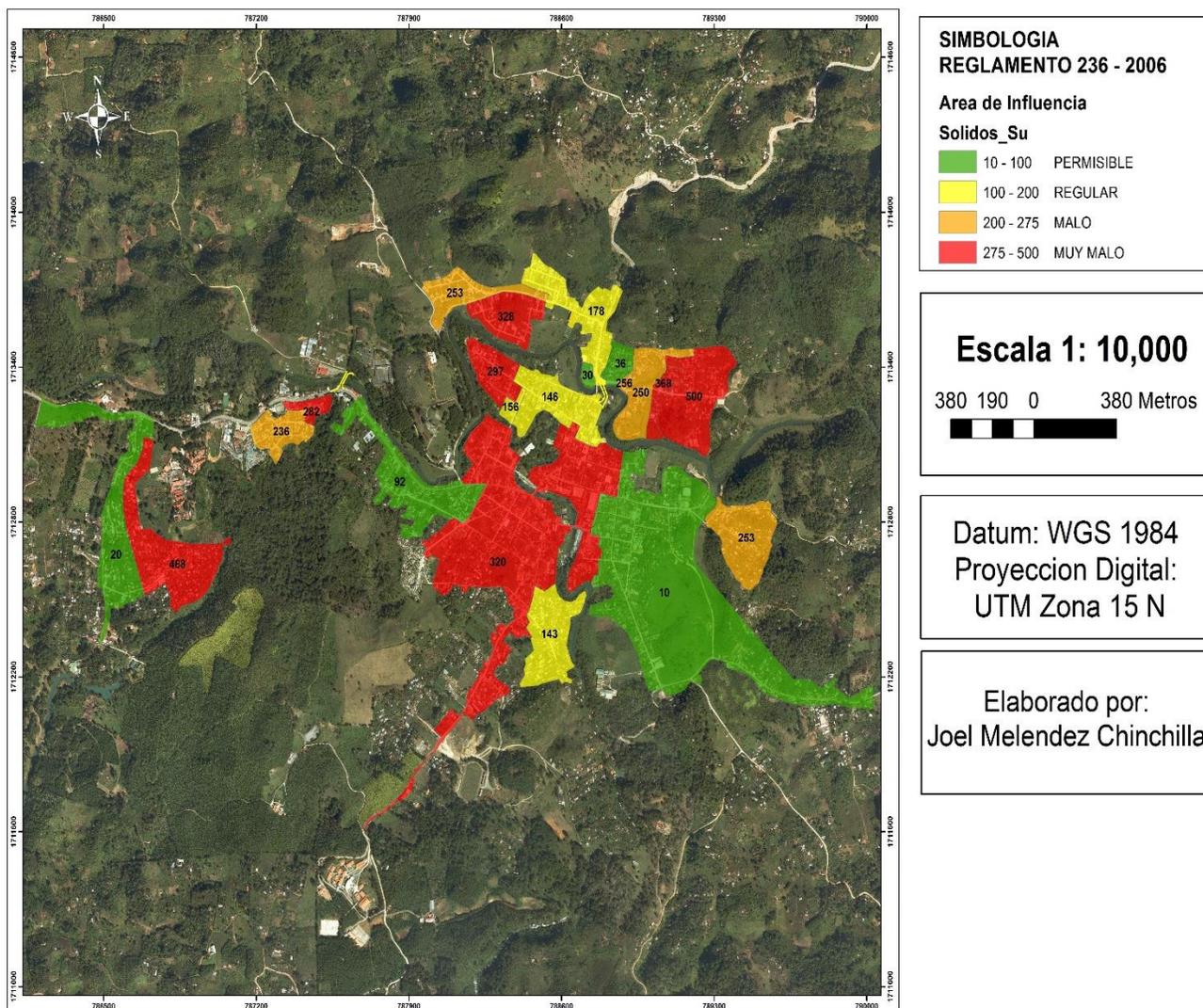
### MAPA COMPARATIVO DEL MATERIAL FLOTANTE DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA A.V.



**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

**MAPA 6**  
**MAPA COMPARATIVO DE SOLIDOS SUSPENDIDOS (SST) DE**  
**LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ,**  
**A.V.**

**MAPA COMPARATIVO DE SOLIDOS SUSPENDIDOS (SST)**  
**DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA A.V.**

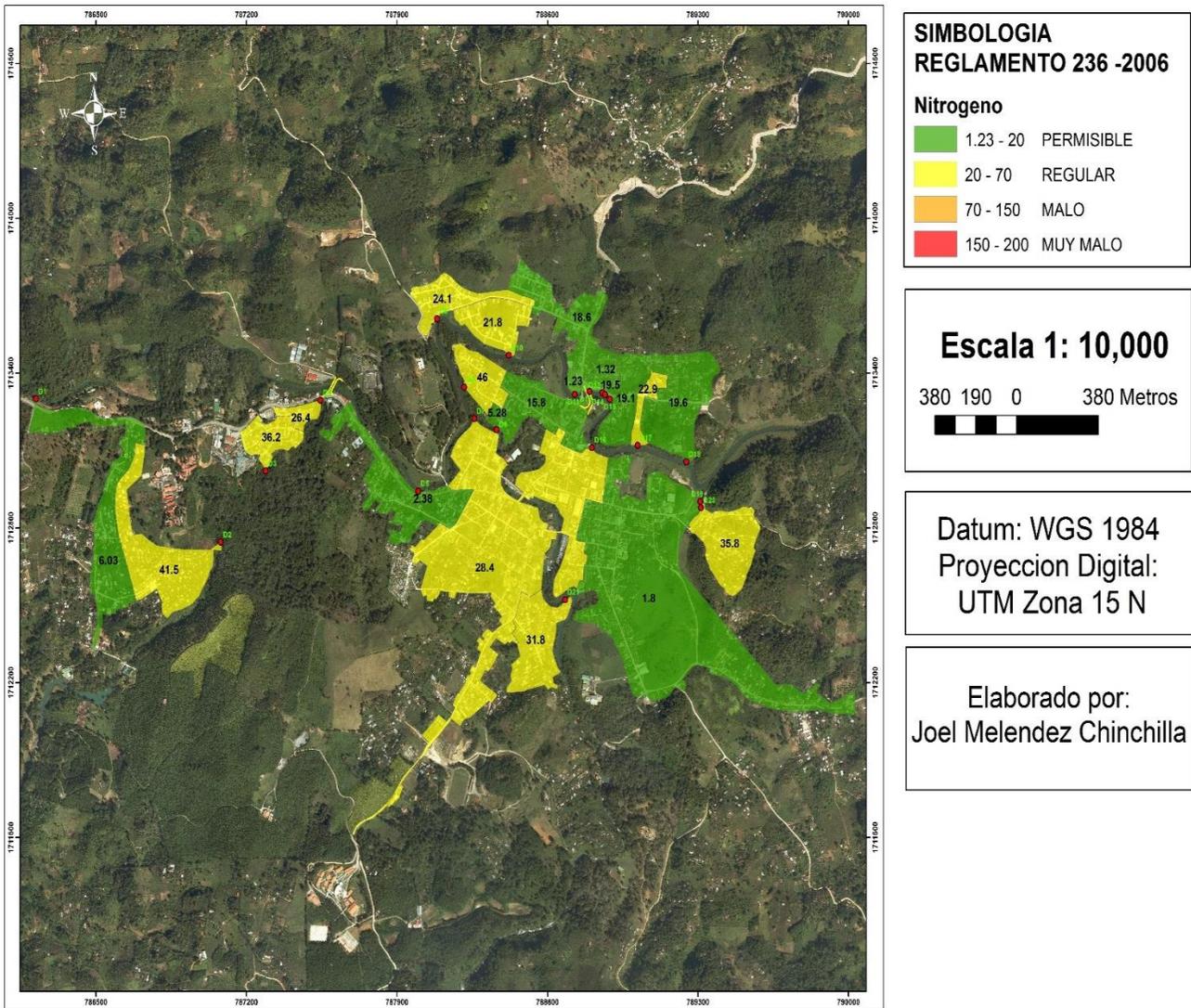


**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

## MAPA 7

### MAPA COMPARATIVO DEL NITRÓGENO DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ, A.V.

#### MAPA COMPARATIVO DEL NITROGENO DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA A.V.

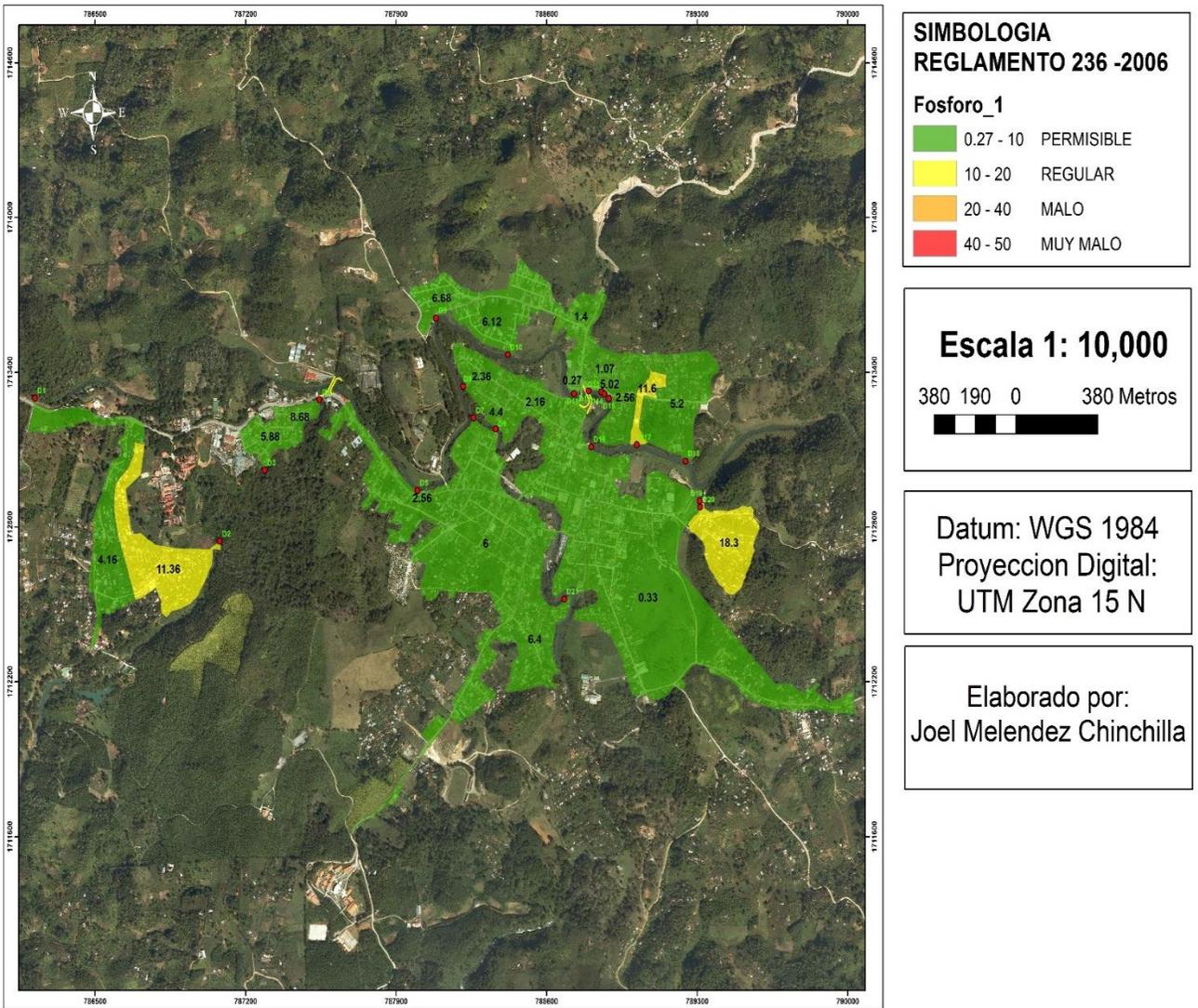


**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

## MAPA 8

### MAPA COMPARATIVO DE FOSFORO TOTAL DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ, A.V.

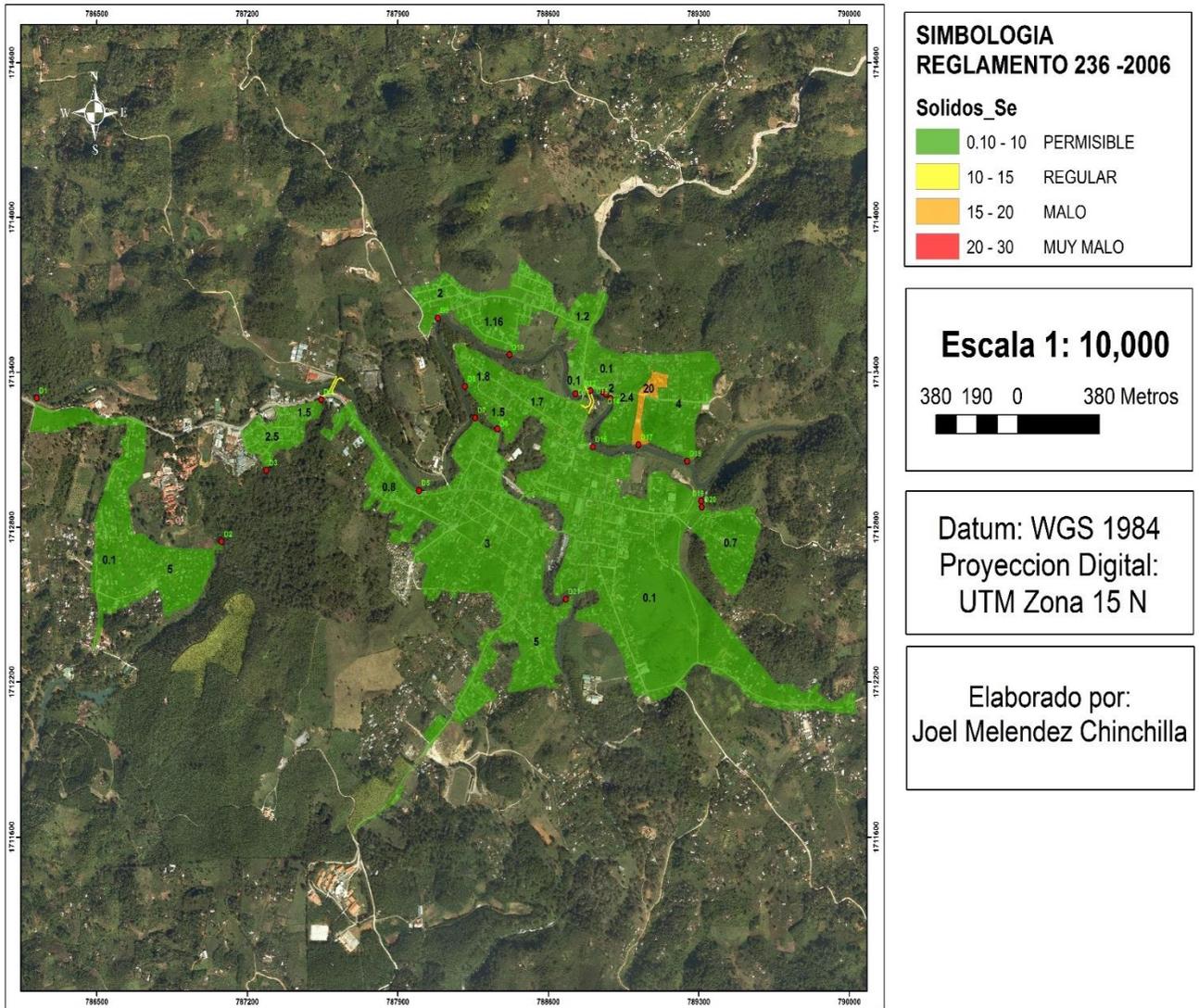
#### MAPA COMPARATIVO DE FOSFORO TOTAL DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA A.V.



**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

## MAPA 9 MAPA COMPARATIVO DE LOS SOLIDOS SEDIMENTABLES DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ, A.V.

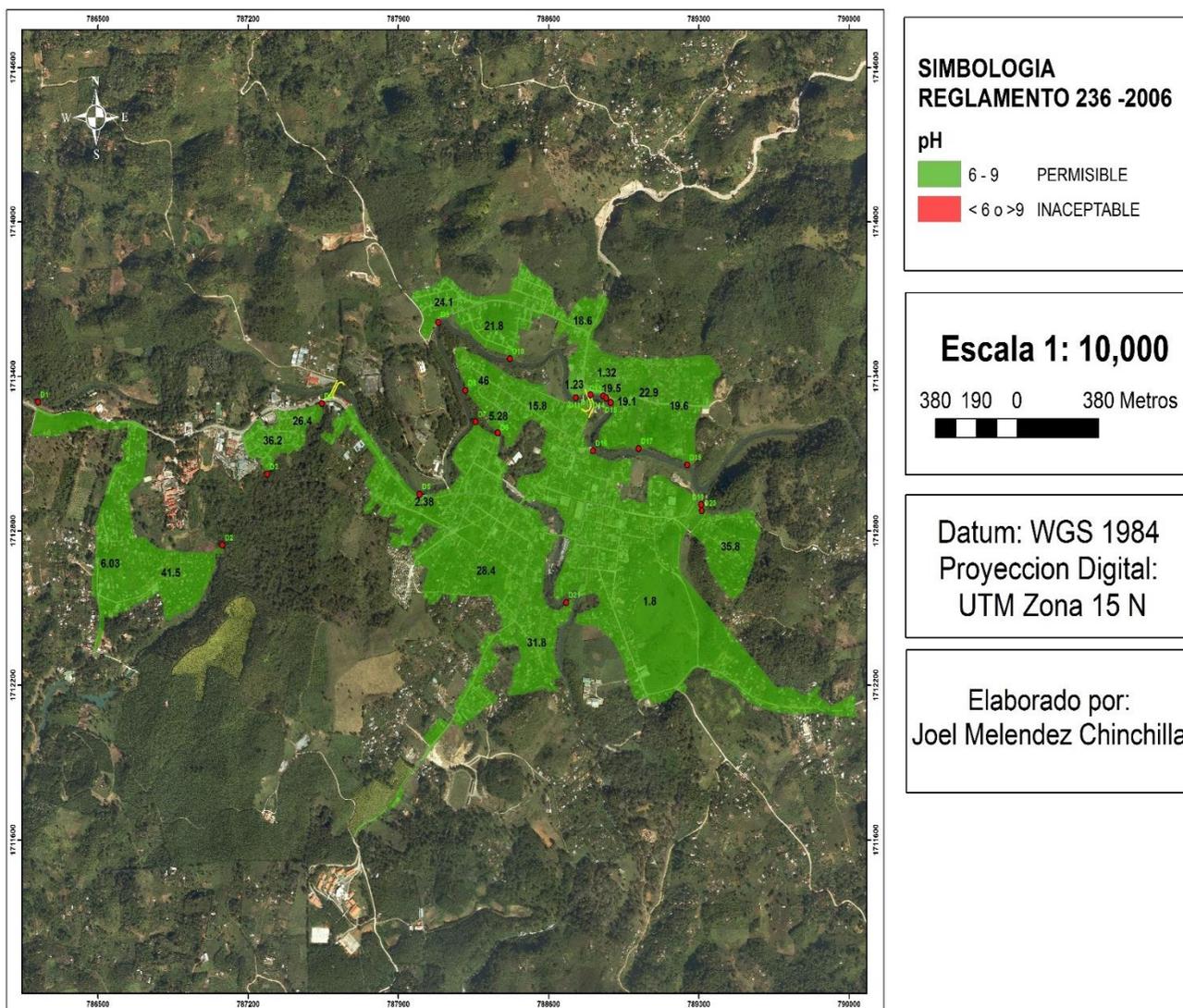
### MAPA COMPARATIVO DE LOS SOLIDOS SEDIMENTABLES DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA A.V.



**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

**MAPA 10**  
**MAPA COMPARATIVO DEL POTENCIAL DE HIDROGENO (Ph)**  
**DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO**  
**CARCHÁ, A.V.**

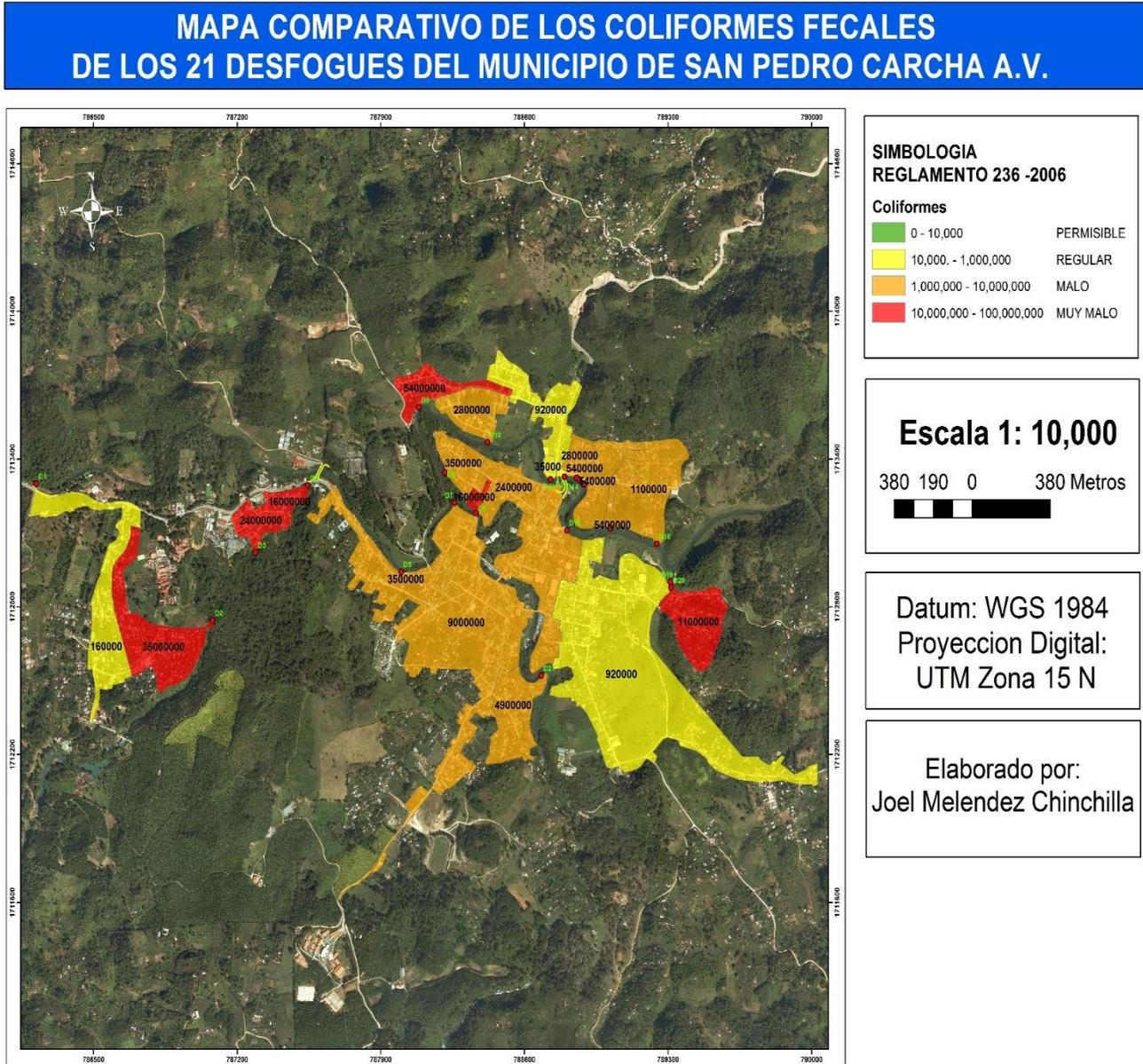
**MAPA COMPARATIVO DEL POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)**  
**DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA A.V.**



**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

## MAPA 11

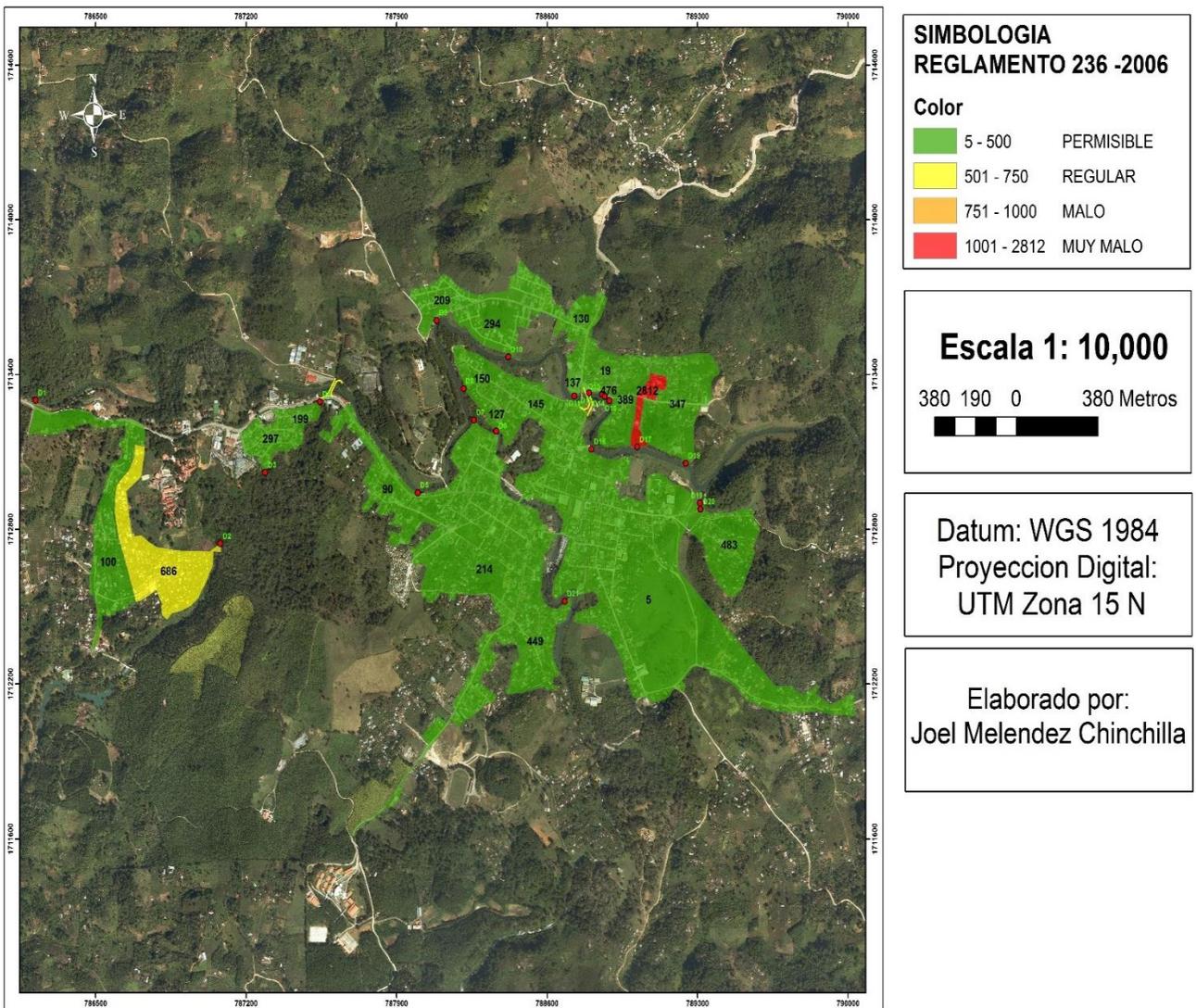
### MAPA COMPARATIVO DE LOS COLIFORMES FECALES DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ, A.V.



**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

## MAPA 12 MAPA COMPARATIVO DE COLOR DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ, A.V.

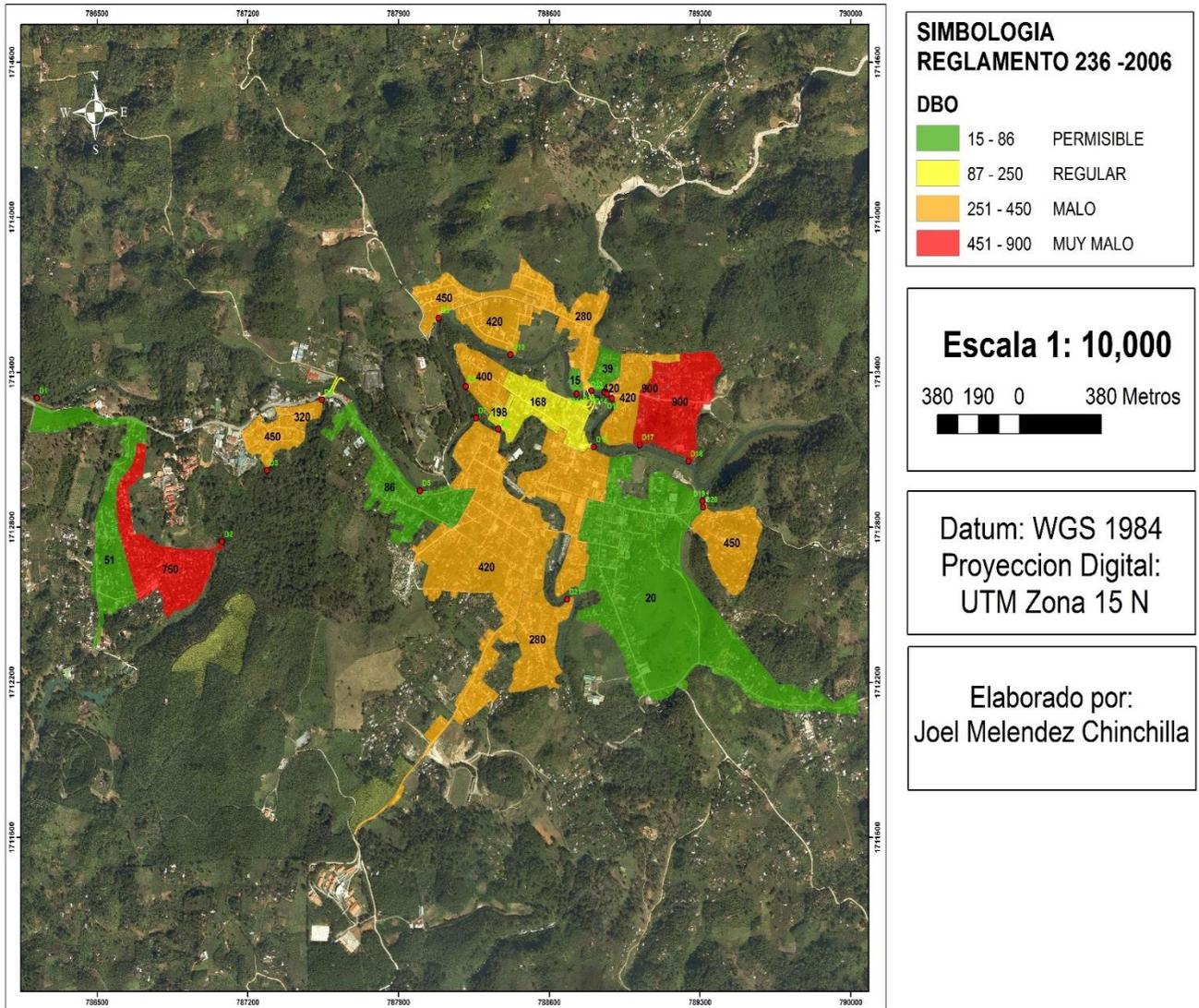
### MAPA COMPARATIVO DE COLOR U<sub>c</sub> DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA A.V.



Fuente: Investigación de campo, 2 015.

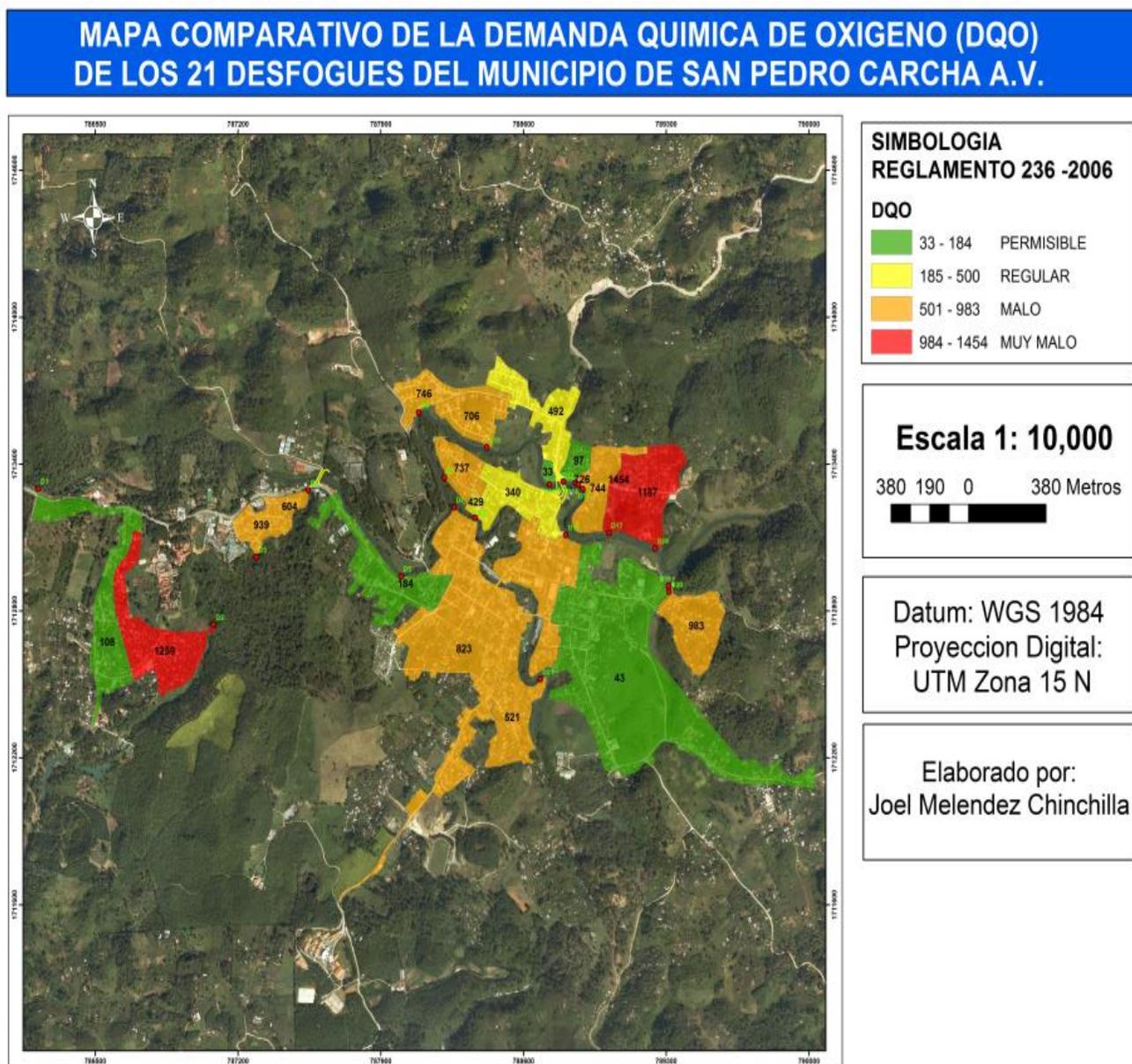
## MAPA 13 MAPA COMPARATIVO DE LA DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO) DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ, A.V.

MAPA COMPARATIVO DE LA DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO (DBO)  
 DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA A.V.



**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

**MAPA 14**  
**MAPA COMPARATIVO DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**  
**(DQO) DE LOS 21 DESFOGUES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO**  
**CARCHÁ, A.V.**



**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

## MAPA 15 PROPUESTA DE UBICACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO 1, 2, 3 Y 4

### PROPUESTA DE UBICACION PARA LA CONSTRUCCION DE LAS PLANTA DE TRATAMIENTO 1, 2, 3 y 4



**LEYENDA**

- Plantas
- Liena de Conducción

**Escala 1: 3,500**

120 60 0 120 Metros

Datum: WGS 1984  
Proyeccion Digital:  
UTM Zona 15 N

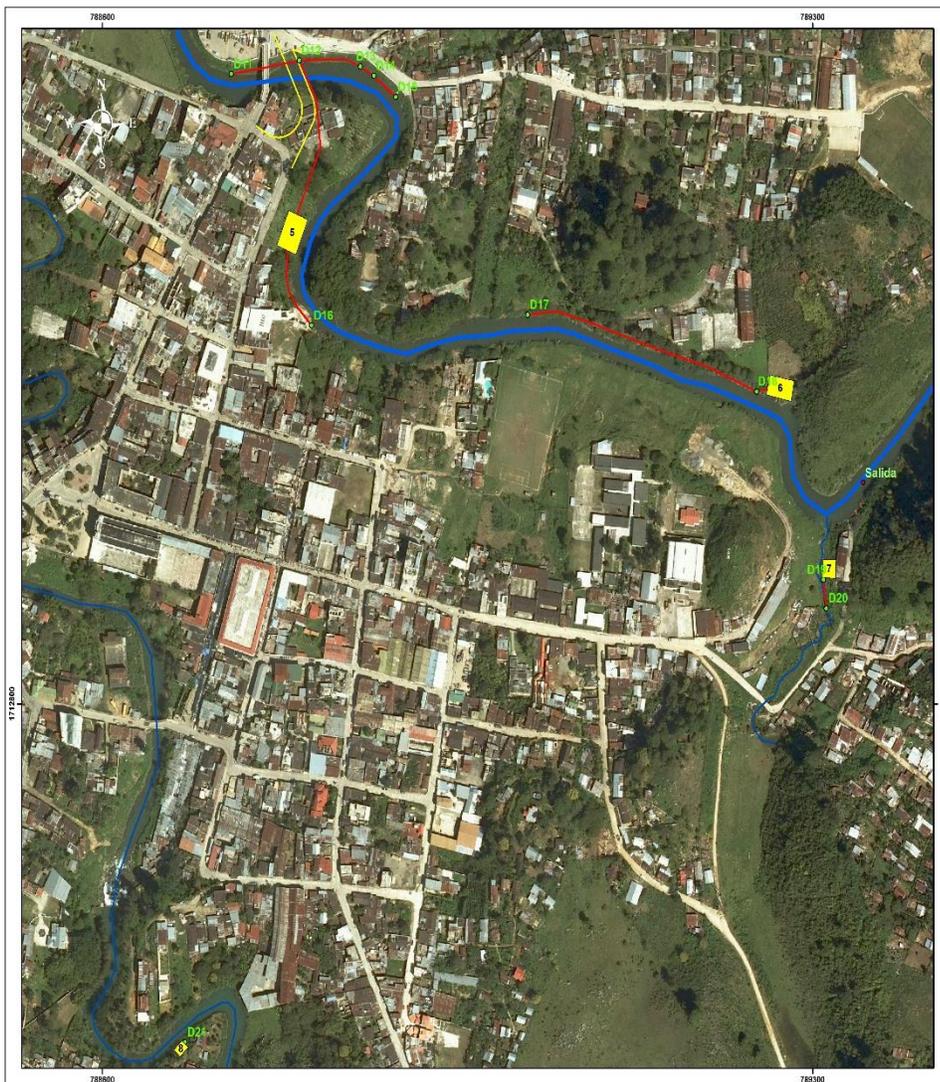
Elaborado por:  
Joel Melendez Chinchilla

Con sistemas de  
bombeo para las  
Descargas

**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

## MAPA 16 PROPUESTA DE UBICACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO 5, 6, 7 y 8

### PROPUESTA DE UBICACION PARA LA CONSTRUCCION DE LAS PLANTA DE TRATAMIENTO 5, 6, 7 y 8



#### LEYENDA

- Plantas
- Liana de Conducción

**Escala 1: 2,500**

90 45 0 90 Metros



Datum: WGS 1984  
Proyeccion Digital:  
UTM Zona 15 N

Elaborado por:  
Joel Melendez Chinchilla

Con sistemas de  
bombeo para las  
Descargas

**Fuente:** Investigación de campo, 2 015.

## **INFORME DE LABORATORIO**



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
Página Web: ecoquimsa.com  
PBX: (502) 2322 3600

## INFORME DE RESULTADOS DE AGUA RESIDUAL

**MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO CARCHÁ**

**SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ**

PREPARADO POR:

**LABORATORIO ECOQUIMSA**

9a. avenida 3-08 colonia Alvarado zona 2 de Mixco, Guatemala, Centro América  
PBX: 2322-3600  
www.ecoquimsa.com.gt

Agosto 2015



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
Página Web: ecoquimsa.com  
PBX: (502) 2322 3600

## INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

### Datos del Cliente

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
Responsable: Ing. Joel Meléndez  
Dirección: 5a. C. 7-31 Z. 1 San Pedro Carcha A.V.

### Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha  
Referencia cliente: D1  
Fecha de monitoreo: 06 de agosto de 2015  
Hora de monitoreo: 07:49  
Tipo de muestra: Agua residual especial  
Código de muestra: 15-858-1  
Lote: 15-858

Muestra simple o compuesta: Simple  
Responsable del muestreo: CLIENTE  
Temperatura de almacenaje: 5 °C  
Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
Método de preservación: INSD4-MUE

### Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 07 de agosto de 2015  
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 09:00  
Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgL - O <sub>2</sub>	10	51
Demanda Química de Oxígeno	mgL - O <sub>2</sub>	10	108
Residuo Fecológico	—	—	2.1
Fósforo Total	mgL - P	0.05	4.15
Grasas y Aceites	mgL	—	< 5
Matéria Fecológica	—	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mgL - N	0.20	0.03
pH (in situ)	—	0.01	7.40
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	< 0.1
Sólidos Suspensivos	mgL	10	20
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	160,000

(1) mgL = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

LABORATORIO ECOQUIMSA

Lic. CARLOS RODOLFO GIRON CORZO  
QUIMICO FARMACEUTICO  
C.C.E.S. 1431



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mxco. Guatemala  
 E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
 Pagina Web: ecoquimsa.com  
 PBX: (502) 2322 3600

**INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS**

**Datos del Cliente**

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Melendez  
 Dirección: 5ta calle 7-31 zona 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D2 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 06 de agosto de 2015 Temperatura de almacenamiento: 5 °C  
 Hora de monitoreo: 08:00 Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-858-2  
 Lote: 15-858

**Datos de Laboratorio**

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 07 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 08:00  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	686
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/L - O2	10	750
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	1,259
Relación DQO/DBO	---	---	1.7
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	11.96
Grasas y Aceites	mg/L	5	28
Materia Floculante	---	Presente/Ausente	Presente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	41.50
pH (in situ)	---	0.01	7.80
Sólidos Sedimentables	m/L	0.1	5.0
Sólidos Suspendedos	mg/L	10	468
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	35,000,000

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMSA  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZO  
 QUÍMICO FARMACÉUTICO  
 COLEGIADO No. 2235



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mxco. Guatemala  
 E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
 Pagina Web: ecoquimsa.com  
 PBX: (502) 2322 3600

**INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS**

**Datos del Cliente**

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Melendez  
 Dirección: 5ta calle 7-31 zona 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D3 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 06 de agosto de 2015 Temperatura de almacenamiento: 5 °C  
 Hora de monitoreo: 08:30 Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-858-3  
 Lote: 15-858

**Datos de Laboratorio**

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 07 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 08:00  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	207
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/L - O2	10	460
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	939
Relación DQO/DBO	---	---	2.1
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	5.88
Grasas y Aceites	mg/L	5	45
Materia Floculante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	38.2
pH (in situ)	---	0.01	7.80
Sólidos Sedimentables	m/L	0.1	2.5
Sólidos Suspendedos	mg/L	10	238
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	24,000,000

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMSA  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZO  
 QUÍMICO FARMACÉUTICO  
 COLEGIADO No. 2235

  
**ECOQUIMSA**  
LABORATORIO QUÍMICO Y CLÍNICO

9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
E-mail: [informacion@ecoquimsa.com.gt](mailto:informacion@ecoquimsa.com.gt)  
Página Web: [ecoquimsa.com](http://ecoquimsa.com)  
PBX: (502) 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

**Datos del Cliente**  
 Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Melendez  
 Dirección: 5ta calle 7-31 zona 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**  
 Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D4 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 06 de agosto de 2015 Temperatura de almacenamiento: 5 °C  
 Hora de monitoreo: 08:33 Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-858-4  
 Lote: 15-858

**Datos de Laboratorio**  
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 07 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 09:00  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	159
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O <sub>2</sub>	10	320
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O <sub>2</sub>	10	694
Relación DQO/DBO	---	---	1.4
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	8.88
Grasas y Aceites	mg/L	5	84
Materia Fecales	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	26.4
pH (n estd)	---	0.01	7.80
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	1.5
Sólidos Suspensivos	mg/L	10	282
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	15,000,000

(1) mg/L = ppm, u Pt-Co = Unidades platino-cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

  
Laboratorio ECOQUIMSA  
Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZO  
QUÍMICO FARMACÉUTICO  
COLEGIADO No. 2213

4/10

  
**ECOQUIMSA**  
LABORATORIO QUÍMICO Y CLÍNICO

9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
E-mail: [informacion@ecoquimsa.com.gt](mailto:informacion@ecoquimsa.com.gt)  
Página Web: [ecoquimsa.com](http://ecoquimsa.com)  
PBX: (502) 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

**Datos del Cliente**  
 Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Melendez  
 Dirección: 5ta calle 7-31 zona 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**  
 Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D5 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 06 de agosto de 2015 Temperatura de almacenamiento: 5 °C  
 Hora de monitoreo: 08:45 Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-858-5  
 Lote: 15-858

**Datos de Laboratorio**  
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 07 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 09:00  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	90
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O <sub>2</sub>	10	89
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O <sub>2</sub>	10	184
Relación DQO/DBO	---	---	2.1
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	2.56
Grasas y Aceites	mg/L	5	14
Materia Fecales	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	2.38
pH (n estd)	---	0.01	7.80
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	0.8
Sólidos Suspensivos	mg/L	10	92
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	3,800,000

(1) mg/L = ppm, u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

  
Laboratorio ECOQUIMSA  
Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZO  
QUÍMICO FARMACÉUTICO  
COLEGIADO No. 2213

5/10



9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
 E-mail: [informacion@ecoquimsa.com.gt](mailto:informacion@ecoquimsa.com.gt)  
 Página Web: [ecoquimsa.com](http://ecoquimsa.com)  
 PBX: (502) 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

**Datos del Cliente**

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Melendez  
 Dirección: 8ta calle 7-31 zona 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha      Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D8      Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 06 de agosto de 2015      Temperatura de almacenamiento: 5 °C  
 Hora de monitoreo: 08:42      Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial      Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-858-6  
 Lota: 15-858

**Datos de Laboratorio**

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 07 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 09:00  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	127
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O <sub>2</sub>	10	188
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O <sub>2</sub>	10	459
Relación DQO/DBO	---	---	2.2
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	4.4
Grasas y Aceites	mg/L	5	3
Materia Fecunda	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	5.28
pH (n atq)	---	0.01	7.80
Sólidos Sedimentables	ml/L	0.1	1.5
Sólidos Suspensivos	mg/L	10	156
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	15,000,000

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.



Laboratorio ECOQUIMSA  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZO  
 QUÍMICO FARMACÉUTICO  
 COLEGIADO n.º. 2253

6/10



9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
 E-mail: [informacion@ecoquimsa.com.gt](mailto:informacion@ecoquimsa.com.gt)  
 Página Web: [ecoquimsa.com](http://ecoquimsa.com)  
 PBX: (502) 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

**Datos del Cliente**

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Melendez  
 Dirección: 8ta calle 7-31 zona 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha      Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D7      Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 06 de agosto de 2015      Temperatura de almacenamiento: 5 °C  
 Hora de monitoreo: 08:58      Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial      Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-858-7  
 Lota: 15-858

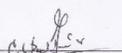
**Datos de Laboratorio**

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 07 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 09:00  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	214
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O <sub>2</sub>	10	420
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O <sub>2</sub>	10	823
Relación DQO/DBO	---	---	2.0
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	6.0
Grasas y Aceites	mg/L	5	33
Materia Fecunda	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	28.40
pH (n atq)	---	0.01	7.40
Sólidos Sedimentables	ml/L	0.1	3.0
Sólidos Suspensivos	mg/L	10	320
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	5,000,000

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.



Laboratorio ECOQUIMSA  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZO  
 QUÍMICO FARMACÉUTICO  
 COLEGIADO n.º. 2253

7/10



9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
 Email: informacion@ecoquimsa.com.gt  
 Página Web: ecoquimsa.com  
 PBX: (502) 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

#### Datos del Cliente

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Meléndez  
 Dirección: 5ta calle 7-31 zona 1 San Pedro Carcha A.V.

#### Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D8 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 06 de agosto de 2015 Temperatura de almacenaje: 5 °C  
 Hora de monitoreo: 09:03 Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-858-8  
 Lote: 15-858

#### Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 07 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 09:00  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O <sub>2</sub>	10	400
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O <sub>2</sub>	10	737
Relación DCO/DBO	—	—	18.0
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	2.38
Grasas y Aceites	mg/L	5	67
Materia Fitolia	—	Presente/Ausente	Ausente
Nitrogeno Total	mg/L - N	0.20	46
pH (n atq)	—	0.01	7.30
Sólidos Sedimentables	ml/L	0.1	1.8
Sólidos Suspendedos	mg/L	10	287
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	3,500,000

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMS A

Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZO  
 QUIMICO FARMACEUTICO  
 COLEGIADO No. 2423

8/10



2ª Calle "B" 35-91, Zona 11 Col. Utzatan II  
 E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
 Página Web: ecoquimsa.com  
 PBX: (502) 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

#### Datos del Cliente

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Meléndez  
 Dirección: 5ta calle 7-31 zona 1 San Pedro Carcha A.V.

#### Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D8 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 06 de agosto de 2015 Temperatura de almacenaje: 5 °C  
 Hora de monitoreo: 08:15 Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-858-9  
 Lote: 15-858

#### Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 07 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 09:00  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	208
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O <sub>2</sub>	10	450
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O <sub>2</sub>	10	746
Relación DCO/DBO	—	—	1.7
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	6.68
Grasas y Aceites	mg/L	5	63
Materia Fitolia	—	Presente/Ausente	Ausente
Nitrogeno Total	mg/L - N	0.20	24.1
pH (n atq)	—	0.01	7.50
Sólidos Sedimentables	ml/L	0.1	2.0
Sólidos Suspendedos	mg/L	10	253
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	54,000,000

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMS A

Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZO  
 QUIMICO FARMACEUTICO  
 COLEGIADO No. 2296

9/10



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mxco, Guatemala  
 E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
 Pagina Web: ecoquimsa.com  
 PBX: [502] 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

**Datos del Cliente**

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Melendez  
 Dirección: 5ta calle 7-31 zona 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**

Lugar de muestreo:	Municipalidad de San Pedro Carcha	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	D10	Responsable del muestreo:	CLIENTE
Fecha de monitoreo:	06 de agosto de 2015	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	09:10	Recipiente utilizado:	Plástico, vidrio y bolsa estéril
Tipo de muestra:	Agua residual especial	Método de preservación:	INS04-MUE
Código de muestra:	15-858-10		
Lote:	15-858		

**Datos de Laboratorio**

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 07 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 09:00  
 Fecha de informe: 26 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	264
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O2	10	420
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	796
Relación DQO/DBO	---	---	1.7
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	6.72
Grasas y Aceites	mg/L	5	44
Materia Feculante	---	Presente/Ausente	Presente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	21.80
pH (n atv)	---	0.01	7.60
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	1.6
Sólidos Suspensibles	mg/L	10	328
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	2,800,000

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.



Laboratorio ECOQUIMS A  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRON CORZO  
 QUIMICO FARMACEUTICO  
 COLEGIADO No. 2265

10/10



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mxco, Guatemala  
 E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
 Pagina Web: ecoquimsa.com  
 PBX: [502] 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

**Datos del Cliente**

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Melendez  
 Dirección: 5ª. Ca. 7-31 Z. 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**

Lugar de muestreo:	Municipalidad de San Pedro Carcha	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	D11	Responsable del muestreo:	CLIENTE
Fecha de monitoreo:	13 de agosto de 2015	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	No Indicado	Recipiente utilizado:	Plástico, vidrio y bolsa estéril
Tipo de muestra:	Agua residual especial	Método de preservación:	INS04-MUE
Código de muestra:	15-1135-1		
Lote:	15-1135		

**Datos de Laboratorio**

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
 Fecha de informe: 26 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	137
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O2	10	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	33
Relación DQO/DBO	---	---	2.2
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	0.27
Grasas y Aceites	mg/L	5	< 5
Materia Feculante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	1.23
pH	---	0.01	7.7
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	< 0.1
Sólidos Suspensibles	mg/L	10	30
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	35,000

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.



Laboratorio ECOQUIMS A  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRON CORZO  
 QUIMICO FARMACEUTICO  
 COLEGIADO No. 2265

1/11



9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
Página Web: ecoquimsa.com  
PBX: (502) 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

#### Datos del Cliente

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
Responsable: Ing. Joel Melendez  
Dirección: 5ª. Ca. 7-31 Z. 1 San Pedro Carcha A.V.

#### Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
Referencia cliente: D12 Responsable del muestreo: CLIENTE  
Fecha de monitoreo: 13 de agosto de 2015 Temperatura de almacenamiento: 5 °C  
Hora de monitoreo: No Indicado Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MUE  
Código de muestra: 15-1135-2  
Lote: 15-1135

#### Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	130
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgL - O <sub>2</sub>	10	280
Demanda Química de Oxígeno	mgL - O <sub>2</sub>	10	422
Relación DQO/DBO	---	---	1.8
Fósforo Total	mgL - P	0.05	1.4
Grasas y Aceites	mgL	5	7
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrogeno Total	mgL - N	0.20	19.50
pH	---	0.01	7.2
Sólidos Sedimentables	mL	0.1	1.2
Sólidos Suspensivos	mgL	10	178
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	520,000

(1) mgL = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMSA  
Lc. CARLOS RODOLFO GIRON CORZCO  
QUIMICO FARMACEUTICO  
COLEGIADO No. 22815

2/11



9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
Página Web: ecoquimsa.com  
PBX: (502) 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

#### Datos del Cliente

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
Responsable: Ing. Joel Melendez  
Dirección: 5ª. Ca. 7-31 Z. 1 San Pedro Carcha A.V.

#### Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
Referencia cliente: D13 Responsable del muestreo: CLIENTE  
Fecha de monitoreo: 13 de agosto de 2015 Temperatura de almacenamiento: 5 °C  
Hora de monitoreo: No Indicado Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MUE  
Código de muestra: 15-1135-3  
Lote: 15-1135

#### Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	19
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgL - O <sub>2</sub>	10	39
Demanda Química de Oxígeno	mgL - O <sub>2</sub>	10	97
Relación DQO/DBO	---	---	2.5
Fósforo Total	mgL - P	0.05	1.07
Grasas y Aceites	mgL	5	5
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrogeno Total	mgL - N	0.20	1.32
pH	---	0.01	7.2
Sólidos Sedimentables	mL	0.1	<0.1
Sólidos Suspensivos	mgL	10	38
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	2,600,000

(1) mgL = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMSA  
Lc. CARLOS RODOLFO GIRON CORZCO  
QUIMICO FARMACEUTICO  
COLEGIADO No. 22815

3/11



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
 E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
 Página Web: ecoquimsa.com  
 PBX: (502) 2322 3600

**INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS**

**Datos del Cliente**

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. José Meléndez  
 Dirección: 5ª. Ca. 7-31 Z. 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D14 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 13 de agosto de 2015 Temperatura de almacenaje: 5 °C  
 Hora de monitoreo: No Indicado Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-1135-4  
 Lote: 15-1135

**Datos de Laboratorio**

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	476
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O2	10	420
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	726
Relación DQO/DBO	---	---	1.7
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	5.2
Grasas y Aceites	mg/L	5	67
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	19.50
pH	---	0.01	6.6
Sólidos Sedimentables	m/L	0.1	2.0
Sólidos Suspensivos	mg/L	10	256
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	5,400,000

(1) mg/L = ppm, u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMSA  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZCO  
 QUIMICO FARMACEUTICO  
 COLEGIADO No. 2265



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
 E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
 Página Web: ecoquimsa.com  
 PBX: (502) 2322 3600

**INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS**

**Datos del Cliente**

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. José Meléndez  
 Dirección: 5ª. Ca. 7-31 Z. 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D15 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 13 de agosto de 2015 Temperatura de almacenaje: 5 °C  
 Hora de monitoreo: No Indicado Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-1135-5  
 Lote: 15-1135

**Datos de Laboratorio**

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	389
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O2	10	420
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	744
Relación DQO/DBO	---	---	1.8
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	2.59
Grasas y Aceites	mg/L	5	70
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	19.10
pH	---	0.01	6.6
Sólidos Sedimentables	m/L	0.1	2.4
Sólidos Suspensivos	mg/L	10	256
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	5,400,000

(1) mg/L = ppm, u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMSA  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZCO  
 QUIMICO FARMACEUTICO  
 COLEGIADO No. 2265



9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
 E-mail: [informacion@ecoquimsa.com.gt](mailto:informacion@ecoquimsa.com.gt)  
 Página Web: [ecoquimsa.com](http://ecoquimsa.com)  
 PBX: (502) 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

#### Datos del Cliente

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Meléndez  
 Dirección: 5ª. Ca. 7-31 Z. 1 San Pedro Carcha A.V.

#### Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D16 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 13 de agosto de 2015 Temperatura de almacenaje: 5 °C  
 Hora de monitoreo: No Indicado Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-1135-6  
 Lote: 15-1135

#### Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	145
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgL - O2	10	168
Demanda Química de Oxígeno	mgL - O2	10	340
Pesadía DQO/DBO	---	---	2.0
Fósforo Total	mgL - P	0.05	2.18
Grasas y Aceites	mgL	5	24
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrogeno Total	mgL - N	0.20	15.80
pH	---	0.01	6.9
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	1.7
Sólidos Suspensivos	mgL	10	146
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	2,400,000

(1) mgL = ppm, u Pt-Co = Unidades platino cobalto, NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMSA  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZO  
 QUÍMICO FARMACÉUTICO  
 COLEGIADO No. 2285

6/11



9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
 E-mail: [informacion@ecoquimsa.com.gt](mailto:informacion@ecoquimsa.com.gt)  
 Página Web: [ecoquimsa.com](http://ecoquimsa.com)  
 PBX: (502) 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

#### Datos del Cliente

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Meléndez  
 Dirección: 5ª. Ca. 7-31 Z. 1 San Pedro Carcha A.V.

#### Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D17 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 13 de agosto de 2015 Temperatura de almacenaje: 5 °C  
 Hora de monitoreo: No Indicado Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-1135-7  
 Lote: 15-1135

#### Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	2,812
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgL - O2	10	900
Demanda Química de Oxígeno	mgL - O2	10	1,454
Pesadía DQO/DBO	---	---	1.6
Fósforo Total	mgL - P	0.05	11.6
Grasas y Aceites	mgL	5	104
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrogeno Total	mgL - N	0.20	22.90
pH	---	0.01	6.4
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	20.0
Sólidos Suspensivos	mgL	10	386
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	5,400,000

(1) mgL = ppm, u Pt-Co = Unidades platino cobalto, NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMSA  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZO  
 QUÍMICO FARMACÉUTICO  
 COLEGIADO No. 2285

7/11



9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
 E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
 Página Web: ecoquimsa.com  
 PBX: (502) 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

**Datos del Cliente**  
 Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Meléndez  
 Dirección: 5ª. Ca. 7-31 Z. 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**  
 Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha    Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D18    Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 13 de agosto de 2015    Temperatura de almacenaje: 5 °C  
 Hora de monitoreo: No Indicado    Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial    Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-1135-8  
 Lote: 15-1135

**Datos de Laboratorio**  
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt.Co	1	347
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O2	10	900
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	1,187
Relación DQO/DQO	---	---	1.3
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	5.2
Cinzas y Azeúles	mg/L	5	114
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	19.50
pH	---	0.01	6.3
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	4.0
Sólidos Suspendedos	mg/L	10	500
Codiformes fecales	NMP/100mL	1.8	1,500,000

(1) mg/L - ppm, u Pt.Co - Unidades patrón cobalto, 1MP/100 mL = número más probable por 100 mililitros

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

  
 Laboratorio ECOQUIMSA  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZO  
 QUIMICO FARMACEUTICO  
 COLEGIADO No. 2965

8/11



9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
 E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
 Página Web: ecoquimsa.com  
 PBX: (502) 2322 3600

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

**Datos del Cliente**  
 Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Meléndez  
 Dirección: 5ª. Ca. 7-31 Z. 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**  
 Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha    Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D19    Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 13 de agosto de 2015    Temperatura de almacenaje: 5 °C  
 Hora de monitoreo: No Indicado    Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial    Método de preservación: INS04-MUE  
 Código de muestra: 15-1135-9  
 Lote: 15-1135

**Datos de Laboratorio**  
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt.Co	1	483
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O2	10	450
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	983
Relación DQO/DQO	---	---	2.2
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	18.3
Cinzas y Azeúles	mg/L	5	14
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	35.80
pH	---	0.01	6.4
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	0.7
Sólidos Suspendedos	mg/L	10	283
Codiformes fecales	NMP/100mL	1.8	11,000,000

(1) mg/L - ppm, u Pt.Co - Unidades patrón cobalto, 1MP/100 mL = número más probable por 100 mililitros

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

  
 Laboratorio ECOQUIMSA  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRÓN CORZO  
 QUIMICO FARMACEUTICO  
 COLEGIADO No. 2965

9/11

9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
Página Web: ecoquimsa.com  
PBX: (502) 2322 3600

**INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS**

**Datos del Cliente**  
 Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Melendez  
 Dirección: 5ª. Ca. 7-31 Z. 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**  
 Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D20 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 13 de agosto de 2015 Temperatura de almacenamiento: 5 °C  
 Hora de monitoreo: No Indicado Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MJE  
 Código de muestra: 15-1135-10  
 Lote: 15-1135

**Datos de Laboratorio**  
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	5
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	20
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	43
Relación DQO/DBO	---	---	2.2
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	0.33
Grasas y Aceites	mg/L	5	< 5
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	1.80
pH	---	0.01	7.0
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	< 0.1
Sólidos Suspensivos	mg/L	10	< 10
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	920,000

(1) mg/L = ppm, u Pt-Co = Unidades platino cobalto, NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMS  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRON CORZCO  
 QUIMICO FARMACEUTICO  
 COLEGIADO No. 2222

10/11

9ª Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt  
Página Web: ecoquimsa.com  
PBX: (502) 2322 3600

**INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS**

**Datos del Cliente**  
 Cliente: Municipalidad de San Pedro Carcha  
 Responsable: Ing. Joel Melendez  
 Dirección: 5ª. Ca. 7-31 Z. 1 San Pedro Carcha A.V.

**Datos de la muestra**  
 Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carcha Muestra simple o compuesta: Simple  
 Referencia cliente: D21 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Fecha de monitoreo: 13 de agosto de 2015 Temperatura de almacenamiento: 5 °C  
 Hora de monitoreo: No Indicado Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril  
 Tipo de muestra: Agua residual especial Método de preservación: INS04-MJE  
 Código de muestra: 15-1135-11  
 Lote: 15-1135

**Datos de Laboratorio**  
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	448
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	280
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	521
Relación DQO/DBO	---	---	1.9
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	6.4
Grasas y Aceites	mg/L	5	22
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	31.80
pH	---	0.01	6.6
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	5.0
Sólidos Suspensivos	mg/L	10	143
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	4,800,000

(1) mg/L = ppm, u Pt-Co = Unidades platino cobalto, NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMS  
 Lic. CARLOS RODOLFO GIRON CORZCO  
 QUIMICO FARMACEUTICO  
 COLEGIADO No. 2222

11/11



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
 Email: informacion@ecoquimsa.com.gt  
 Página Web: ecoquimsa.com  
 PBX: (502) 2322 3600

**INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS**

**Datos del Cliente**

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carchá  
 Responsable: Ing. Joel Meléndez  
 Dirección: 5a calle 7-31 zona 1 San Pedro Carchá, Alta Verapaz

**Datos de la muestra**

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carchá  
 Referencia cliente: S1  
 Fecha de monitoreo: 13 de agosto de 2015  
 Hora de monitoreo: 09:00  
 Tipo de muestra: Agua residual ordinaria  
 Código de muestra: 15-1951-1  
 Lote: 15-1951

Muestra simple o compuesta: Simple  
 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Temperatura de almacenaje: 5 °C  
 Recipiente utilizado: Plástico y vidrio  
 Método de preservación: INS04-MUE  
 Ubicación: X 789350  
 Y 1712962

**Datos de Laboratorio**

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	47
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O2	10	< 10
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	19
Relación DQO/DBO	—	—	< 1.9
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	0.23
Grasas y Aceites	mg/L	5	< 5
Materia Flotante	—	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	3.04
pH (in-situ)	—	0.01	7.60
Sólidos Sedimentables	mLA	0.1	< 0.1
Sólidos Suspendedos	mg/L	10	12
Temperatura (in-situ)	°C	0.1	21.0
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	360,000

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probables por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMSA  
 Ing. Bárbara Pinto Classon  
 Ingeniera Química  
 Colegiada No. 1714



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala  
 Email: informacion@ecoquimsa.com.gt  
 Página Web: ecoquimsa.com  
 PBX: (502) 2322 3600

**INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS**

**Datos del Cliente**

Cliente: Municipalidad de San Pedro Carchá  
 Responsable: Ing. Joel Meléndez  
 Dirección: 5a calle 7-31 zona 1 San Pedro Carchá, Alta Verapaz

**Datos de la muestra**

Lugar de muestreo: Municipalidad de San Pedro Carchá  
 Referencia cliente: E1  
 Fecha de monitoreo: 13 de agosto de 2015  
 Hora de monitoreo: 05:45  
 Tipo de muestra: Agua residual ordinaria  
 Código de muestra: 15-1951-2  
 Lote: 15-1951

Muestra simple o compuesta: Simple  
 Responsable del muestreo: CLIENTE  
 Temperatura de almacenaje: 5 °C  
 Recipiente utilizado: Plástico y vidrio  
 Método de preservación: INS04-MUE  
 Ubicación: X 785747  
 Y 1713340

**Datos de Laboratorio**

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 13 de agosto de 2015  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 17:15  
 Fecha de informe: 25 de agosto de 2015

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	Resultados
Color	u Pt-Co	1	31
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O2	10	< 10
Demanda Química de Oxígeno	mg/L - O2	10	10
Relación DQO/DBO	—	—	< 1.0
Fósforo Total	mg/L - P	0.05	0.19
Grasas y Aceites	mg/L	5	< 5
Materia Flotante	—	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.20	3.04
pH (in-situ)	—	0.01	7.60
Sólidos Sedimentables	mLA	0.1	< 0.1
Sólidos Suspendedos	mg/L	10	< 10
Temperatura (in-situ)	°C	0.1	19.0
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	54,000

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probables por 100 mililitros.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.  
 Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

Laboratorio ECOQUIMSA  
 Ing. Bárbara Pinto Classon  
 Ingeniera Química  
 Colegiada No. 1714



# CUNOR

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Universidad de San Carlos de Guatemala



15229

El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos, luego de conocer el dictamen de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

## Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Al trabajo titulado:

**Caracterización de las descargas municipales del alcantarillado público en la cabecera municipal de San Pedro Carchá, Alta Verapaz**

Presentado por el (la) estudiante:

**Joel Aníbal Meléndez Chinchilla**

Autoriza el

# IMPRIMASE

*"Id y enseñad a todos"*

Lic. Zoot. M.A. Fredy Giovanni Macz Choc  
DIRECTOR



Cobán, Alta Verapaz octubre del 2015