

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS BIODIGESTORES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL ÁREA DE LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA, BÁRCENA, VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, C.A.

ADER JONNATTAN JOSUE NAVAS CASTILLO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO DE
LOS BIODIGESTORES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL ÁREA DE
LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA, BÁRCENA, VILLA NUEVA,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

ADER JONNATTAN JOSUE NAVAS CASTILLO

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

**GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Lic. M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	Br. Carmen Aracely García Pirique
VOCAL V	Per. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, AGOSTO DE 2021

Guatemala, agosto de 2021

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS BIODIGESTORES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL ÁREA DE LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA, BÁRCENA, VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ader Jonnattan Josue Navas Castillo

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Quién fue, es y será la luz de mi camino durante toda mi vida.

**MI MADRE
HERMANOS**

Y Gilda Yaneth Castillo Cermeño, Jessenia Sabrina Navas Castillo, Gilda René Navas Castillo, Mynor René Navas Castillo. Por estar siempre a mi lado durante todo este proceso y apoyarme incondicionalmente.

MI NOVIA

Francely Margarita Yat Francisco. Por estar a mi lado durante este proceso, darme su apoyo y amor incondicional.

AMIGOS

Josué Ixcoy, Josué Galindo, Alejandra Rodas, Regina Chacón, Mauricio Chicas, Anthony Ulises, Benjamín Morales, Oscar Quiñonez, Alejandro Quiñonez, Rodrigo Veliz, Werner Tista, Mario Oliva, Lourdes Asturias, Luis Méndez, Estefanía Coronado, Antonio Antuche, Miguel Ajzip y Alberto Solares. Quienes son como mi familia, me acompañaron durante todo este proceso y me brindaron su amistad.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi Supervisora Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez. Por el apoyo que me brindó durante todo el proceso del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y la culminación del mismo.

Mi Asesor Ing. Agr. Kelder Ortiz. Por brindarme su amistad y apoyarme en la revisión del documento de investigación.

Arq. Selvin Bamaca Gracias por todo el apoyo brindado durante la realización del EPS.

Escuela Nacional Central de Agricultura Por brindarme la oportunidad de realizar mi EPS dentro de sus instalaciones, dejarme formar parte de su equipo de trabajo y enseñarme que el pilar más grande es la excelencia académica.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	PÁGINA
RESUMEN	XII
CAPÍTULO I	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 General	4
1.2.2 Específicos	4
1.3 MARCO REFERENCIAL	5
1.3.1 Descripción geográfica.....	5
1.3.2 Vías de acceso.....	5
1.3.3 Zonas de vida.....	5
1.3.4 Geología.....	6
1.3.5 Suelos	6
1.3.6 Pendiente	6
1.3.7 Textura	6
1.3.8 Coordinación de producción.....	7
A. Área de producción animal	7
1.4 METODOLOGÍA.....	24
1.4.1 Delimitación del área de estudio	24
1.4.2 Fase de gabinete inicial.....	24
1.4.3 Fase de campo.....	24
1.4.4 Fase de gabinete final	24
1.5 RESULTADOS	25
1.5.1 Descripción de los problemas identificados.....	26
1.5.2 Matriz de priorización de problemas.....	27
1.6 CONCLUSIONES	30
1.7 RECOMENDACIONES.....	31
1.8 BIBLIOGRAFÍA.....	31
1.9 ANEXOS.....	33
CAPÍTULO II	35

	PÁGINA
2.1 PRESENTACIÓN	37
2.2 MARCO TEÓRICO.....	38
2.2.1 Marco conceptual.....	38
A. Biodigestor.....	38
B. Digestión anaeróbica.....	38
C. Partes que conforman el proceso de digestión.....	39
D. Fermentación anaeróbica.....	42
E. Fase de hidrólisis.....	42
F. Fase de acidificación.....	42
G. Fase metanogénica.....	43
H. Biogás.....	43
I. Caracterización de residuos.....	47
J. Detector de gases Dräger X-am 2000.....	50
K. Análisis de regresión múltiple.....	51
L. Relación del pH y la temperatura con el biogás.....	52
M. Producción volumétrica de CH ₄	53
2.3 OBJETIVOS.....	54
2.3.1 General.....	54
2.3.2 Específicos.....	54
2.4 METODOLOGÍA.....	55
2.4.1 Determinación de la concentración de biogás.....	55
2.4.2 Determinación de la dependencia del pH y la temperatura con respecto al comportamiento de los gases CH ₄ , O ₂ , H ₂ S y CO.....	56
2.4.3 Gráficas del comportamiento del biogás.....	56
2.4.4 Estimación de CH ₄	56
A. Estimación de la velocidad específica.....	56
B. Tiempo de digestión.....	57
C. Parámetros cinéticos.....	57
2.4.5 Determinación de la funcionalidad de los biodigestores.....	57
A. Caracterización de los biodigestores.....	58

	PÁGINA
B. Toma y transporte de muestras	58
C. Análisis de muestras	60
D. Análisis de la información	60
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
2.5.1 Estimación de la concentración de los gases CO, H ₂ S, CH ₄ y O ₂ generados en los biodigestores.....	61
2.5.2 Comportamiento de la concentración de los gases CO, H ₂ S, CH ₄ y O ₂ a lo largo del periodo de enero a mayo de 2018	65
2.5.3 Diferencias entre las concentraciones monitoreadas para cada uno de los gases referidos con respecto a los meses evaluados	68
2.5.4 Estimación de la cantidad de metano producido por los biodigestores	77
A. Estimación de la velocidad específica	77
B. Velocidad específica máxima (1/d)	77
C. Tiempo de digestión.....	77
D. Parámetros cinéticos	78
E. Producción volumétrica de biogás	78
2.5.5 Determinar la funcionalidad de los biodigestores como sistemas de tratamiento de aguas residuales	80
A. Horario de descarga	82
B. Características de diseño.....	82
C. Caracterización del efluente.....	83
D. Análisis y discusión de resultados de laboratorio.....	86
E. Determinación de la carga orgánica	88
F. Informe de resultados de la caracterización realizada	89
G. Plan de gestión	91
H. Monitoreo y evaluación interna de implementación del PGAR (Plan de Gestión de Aguas Residuales)	97
2.6 CONCLUSIONES	103
2.7 RECOMENDACIONES.....	105
2.8 BIBLIOGRAFÍA.....	106

	PÁGINA
2.9 ANEXO.....	112
CAPÍTULO III.....	119
3.1 PRESENTACIÓN.....	121
3.2 Servicio 1: Elaboración del instrumento de evaluación ambiental categoría “C” correspondiente al proyecto de inversión “Construcción Pasarela Peatonal de Conexión entre Campus Central y el área de Consulados de la ENCA (L1- 16)”.	122
3.2.1 OBJETIVOS.....	122
A. Objetivo general	122
B. Objetivos específicos.....	122
3.2.2 METODOLOGÍA	123
A. Fase de gabinete I.....	123
B. Fase de campo.....	123
C. Fase de gabinete II.....	123
3.2.3 RESULTADOS.....	124
A. Instrumento de evaluación ambiental tipo “C”	124
B. Gestión ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	137
3.2.4 CONCLUSIONES	138
3.3 Servicio 2: Elaboración del instrumento de evaluación ambiental categoría “B2” correspondiente al proyecto de inversión “Construcción Puente Vehicular sobre el Río Platanitos (L2-16)”.....	139
3.3.1 OBJETIVOS.....	139
A. Objetivo general	139
B. Objetivos específicos.....	139
3.3.2 METODOLOGÍA	140
A. Fase de gabinete I.....	140
B. Fase de campo.....	140
C. Fase de gabinete II.....	140
3.3.3 RESULTADOS.....	141
A. Instrumento de evaluación ambiental tipo “B2”	141

PÁGINA

B. Gestión ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	234
3.3.4 CONCLUSIONES.....	235
3.4 Servicio 3: Propuesta de proyecto para el tratamiento de todos los desechos orgánicos que son generados dentro del área de producción animal a través de la elaboración de abono orgánico.....	236
3.4.1 OBJETIVOS	236
A. Objetivo general.....	236
5. Objetivos específicos	236
3.4.2 METODOLOGÍA.....	237
B. Fase de campo	237
C. Fase de gabinete	237
D. Fase de gabinete final.....	238
3.4.3 RESULTADOS	238
A. Ficha técnica del proyecto	238
B. Diseño constructivo del proyecto	243
3.4.4 CONCLUSIONES.....	251
3.4.5 BIBLIOGRAFÍAS	252
3.4.6 ANEXOS	255

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Organigrama del área de producción animal de la ENCA.	7
Figura 2. Ubicación del área de producción animal.	8
Figura 3. Diagrama de separador de sólidos.	39
Figura 4. Sistema de biodigestores.....	41
Figura 5. Etiqueta para muestras.....	60
Figura 6. Diagrama de flujo de la separación líquida y sólida de la excreta.....	61
Figura 7. Comportamiento mensual de la concentración de CH ₄	66
Figura 8. Comportamiento mensual de la concentración de O ₂	67
Figura 9. Comportamiento mensual de la concentración de CO.....	67
Figura 10. Comportamiento mensual de la concentración de H ₂ S.....	68
Figura 11. Diagrama de dispersión del comportamiento del CH ₄ con respecto a la variación del pH.	70
Figura 12. Diagrama de dispersión del comportamiento del CH ₄ con respecto a la variación de temperatura.	70
Figura 13. Diagrama de dispersión del comportamiento del O ₂ con respecto a la variación del pH.	72
Figura 14. Diagrama de dispersión del comportamiento del O ₂ con respecto a la variación de temperatura.	72
Figura 15. Diagrama de dispersión de comportamiento del CO con respecto a la variación de pH.	74
Figura 16. Diagrama de dispersión del comportamiento del CO con respecto a la variación de temperatura.	74
Figura 17. Diagrama de dispersión del comportamiento del H ₂ S con respecto a la variación de pH.	75
Figura 18. Diagrama de dispersión del comportamiento del H ₂ S con respecto a la variación de temperatura.	76
Figura 19. Ubicación georreferenciada del sistema de biodigestores.....	81
Figura 20A. Informe de análisis de metales del afluente y efluente.....	113
Figura 21A. Informe del análisis de metales del afluente y efluente.....	114

PÁGINA

Figura 22A. Resultado de laboratorio de coliformes fecales del afluente.	115
Figura 23A. Resultado de laboratorio de coliformes fecales del efluente.	116
Figura 24A. Resultado de los análisis fisicoquímicos del afluente.	117
Figura 25A. Resultado de los análisis fisicoquímicos del efluente.	118
Figura 26. Ubicación georreferenciada del proyecto.	128
Figura 27. Flujograma de las actividades que se desarrollarán durante la fase de construcción.	159
Figura 28. Flujograma de las actividades que se desarrollarán durante la fase de operación.	181
Figura 29. Flujograma de las actividades que se desarrollarán durante la fase de Abandono.	186
Figura 30. Vista del concreto para hacer abono en piso.	249
Figura 31. Vista de bodegas y piletas para lombricompost.	249
Figura 32. Vista de bodegas y piletas para lombricompost.	250
Figura 33. Primera página del formulario del EIA correspondiente al proyecto “Construcción Pasarela Peatonal de Conexión entre Campus Central y el Área de Consulados de la ENCA (L1-16)”.	255
Figura 34. Primera página del formulario del EIA correspondiente al proyecto “Construcción Puente Vehicular sobre el Río Platanitos (L2-16)”.	256

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Inventario de ganado bovino.	9
Cuadro 2. Productos alimenticios y cantidad utilizada por año.	10
Cuadro 3. Productos alimenticios y cantidad utilizada por lote.	13
Cuadro 4. Inventario de ganado porcino.	17
Cuadro 5. Productos alimenticios y cantidad utilizada por día.	18
Cuadro 6. Estructuras para la contención de ganado bovino y equino.	21
Cuadro 7. Galpones para usos múltiples.	22
Cuadro 8. Problemas identificados.	26
Cuadro 9. Matriz de priorización de problemas.	28
Cuadro 10. Valores comparativos respecto a combustibles.	44
Cuadro 11. Características del biogás.	45
Cuadro 12. Rangos de temperatura y tiempo de fermentación anaeróbica.	46
Cuadro 13. Parámetros de medición de Dräger X-am 2500.	51
Cuadro 14. Parámetros evaluados durante los meses de enero a mayo.	63
Cuadro 15. Análisis de regresión lineal múltiple CH ₄	69
Cuadro 16. Coeficientes de regresión CH ₄	69
Cuadro 17. Análisis de regresión lineal múltiple O ₂	71
Cuadro 18. Coeficientes de regresión O ₂	72
Cuadro 19. Análisis de regresión lineal múltiple CO.	73
Cuadro 20. Coeficientes de regresión CO.	74
Cuadro 21. Análisis de regresión lineal múltiple H ₂ S.	75
Cuadro 22. Coeficientes de regresión H ₂ S.	75
Cuadro 23. Resumen de valores estimados.	79
Cuadro 24. Coordenadas geográficas del sistema de biodigestores.	81
Cuadro 25. Especificaciones del diseño constructivo de los biodigestores ubicados en la ENCA.	82
Cuadro 26. Caracterización fisicoquímica.	84
Cuadro 27. Caracterización de metales.	85
Cuadro 28. Parámetros mínimos de detección para metales.	85

	PÁGINA
Cuadro 29. Caracterización bacteriológica.....	85
Cuadro 30. Límites máximos permisibles.....	87
Cuadro 31. Informe de resultados parámetros físicos, químicos y biológicos.....	90
Cuadro 32. Parámetros críticos.....	92
Cuadro 33. Opción de cumplimiento.	101
Cuadro 34. Actividades que se realizarán durante la etapa de construcción.....	130
Cuadro 35. Medidas de mitigación para la disposición final de los desechos sólidos generados en la etapa de construcción.....	130
Cuadro 36. Medidas de mitigación para la disposición final de los desechos líquidos generados en la etapa de construcción.....	132
Cuadro 37. Descripción de las principales actividades a desarrollar durante la etapa de operación del proyecto.	133
Cuadro 38. Síntesis de la evaluación de impactos ambientales durante la etapa de construcción.	135
Cuadro 39. Equipo y herramientas a utilizar durante la fase de construcción.....	177
Cuadro 40. Maquinaria para trabajos de obra civil y montaje de estructuras.....	177
Cuadro 41. Disposición de mano de obra durante la fase de construcción.....	178
Cuadro 42. Equipo y herramienta a utilizar durante la fase de operación.	183
Cuadro 43. Disposición de mano de obra durante la fase de operación.	184
Cuadro 44. Factores ambientales por el método RIAM.....	187
Cuadro 45. Criterios ambientales evaluados.....	188
Cuadro 46. Criterios de evaluación utilizados por el Método RIAM.....	189
Cuadro 47. Interpretación de resultados utilizando el método de RAIM.....	190
Cuadro 48. Actividades a desarrollar durante la fase de construcción.....	190
Cuadro 49. Componentes físicos y químicos.	191
Cuadro 50. Componentes biológicos y ecológicos.....	192
Cuadro 51. Componentes socioculturales.....	192
Cuadro 52. Componentes económicos y operacionales.	192
Cuadro 53. Resumen de impactos en la etapa de construcción.	193
Cuadro 54. Actividades a desarrollar durante la fase de operación.	203

	PÁGINA
Cuadro 55. Componentes físicos y químicos.....	203
Cuadro 56. Componentes biológicos y ecológicos.	204
Cuadro 57. Componentes socioculturales.	204
Cuadro 58. Componentes económicos y operacionales.....	204
Cuadro 59. Resumen de impactos en la etapa de construcción.....	205
Cuadro 60. Organización del Proyecto y ejecución de las medidas de mitigación en la fase de construcción.....	215
Cuadro 61. Organización del proyecto y ejecución de las medidas de mitigación en la fase de Operación.....	218
Cuadro 62. Prácticas implementadas para maximizar los impactos ambientales positivos significativos.....	219
Cuadro 63. Planes de Monitoreo.	225
Cuadro 64. Programa de monitoreo ambiental.	230
Cuadro 65. Cronograma de actividades durante la fase de construcción.....	232
Cuadro 66. Cronograma de actividades de monitoreo y control durante la fase de construcción.....	233
Cuadro 67. Cronograma de actividades de monitoreo y control durante la fase de operación.	233
Cuadro 68. Estimación de los costos del proyecto.	242

CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS BIODIGESTORES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL ÁREA DE LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA, BÁRCENA, VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, C.A.

CHARACTERIZATION OF THE FACTORS THAT AFFECT THE FUNCTIONING OF BIODIGESTORS, DIAGNOSTIC AND SERVICES CARRIED OUT IN THE AREA OF THE CENTRAL NATIONAL SCHOOL OF AGRICULTURE, BÁRCENA, VILLA NUEVA, DEPARTMENT OF GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El presente documento consta de tres capítulos donde se da conocer el trabajo realizado dentro de las instalaciones de la Escuela Nacional de Agricultura ENCA, durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado EPS. El Capítulo I corresponde al diagnóstico, el cual se encuentra enfocado principalmente a determinar el estado actual del área de producción animal, en éste se describen los diferentes procesos concernientes al manejo, aprovechamiento y comercialización de productos pecuarios, así como los subproductos derivados de los mismos. Al recolectar toda la información se procedió a realizar una matriz de priorización, donde se escogió el problema más relevante el cual fue el manejo inadecuado de los biodigestores ubicados en el área de Producción Animal.

En el Capítulo II el cual corresponde a la investigación, se llevó a cabo la caracterización de los factores que afectan el funcionamiento de los biodigestores ubicados dentro de las instalaciones de la ENCA, específicamente dentro del área de producción animal, donde se evaluaron una serie de parámetros con el fin de determinar el comportamiento del biogás dentro del sistema y establecer si éste se encontraba operando en condiciones óptimas. Así mismo se evaluaron los parámetros del afluente y efluente de los biodigestores mediante análisis de laboratorio, con base en lo establecido dentro del Acuerdo Gubernativo 236-2006

correspondiente al "Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos".

Para llevar a cabo el análisis se realizó el monitoreo de los gases durante cinco meses dos veces por semana aproximadamente, esto se llevó a cabo con la ayuda del instrumento de medición de gases Dräger X-am 2500. Dicho monitoreo dio como resultado que las concentraciones de los gases no se mantienen constantes durante estos meses ya que su concentración más alta se puede observar en el mes de abril y la más baja durante el mes de febrero, así mismo a través de la generación de un modelo de regresión lineal múltiple se pudo constatar que la generación de biogás se encontraba estrechamente ligada a las condiciones de pH y temperatura. Por último, con los resultados de las muestras de agua del afluente y efluente, se pudo determinar que los biodigestores pueden funcionar como un sistema de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, actualmente aún no presentan las condiciones óptimas para mantener ciertos parámetros por debajo de lo establecido por el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

En el último capítulo, se presentan los servicios realizados en la Unidad de Proyectos de la ENCA, de acuerdo a las necesidades identificadas durante la fase de diagnóstico y aquellas presentadas por dicha unidad. Derivado de ello se llevó a cabo la elaboración de cinco instrumentos de evaluación ambiental categoría C, así mismo se elaboró un instrumento de evaluación ambiental categoría B2, además se llevó a cabo la elaboración de dos propuestas para el aprovechamiento efectivo de los desechos orgánicos generados dentro del área de Producción Animal.

The seal of the Academia Coactemalenensis is a circular emblem. It features a central shield with a white background and a green base. On the shield, a figure in a red tunic and white hood is seated on a white horse, holding a staff. The shield is surrounded by various heraldic symbols: a golden crown at the top, a golden lion rampant on the right, a golden castle on the left, and a golden shield with a cross at the bottom. The shield is flanked by two golden pillars. The entire seal is set against a light blue background. The Latin text "ACADEMIA COACTEMALENSIS" is written in a circular path around the bottom of the seal, and "CAROLINA AC" is visible at the top.

**CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO REALIZADO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN ANIMAL,
DENTRO DE LAS INSTALACIONES DE LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE
AGRICULTURA ENCA, FINCA BÁRCENA, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, C.A.**

1.1 INTRODUCCIÓN

La Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA), es una entidad descentralizada y autónoma que está comprometida con la formación a nivel medio de futuros profesionales en los ámbitos agrícolas y forestales, a través de la organización y desarrollo de planes de estudio orientados a proveer los conocimientos necesarios, con el fin de contribuir en la búsqueda de soluciones viables, para afrontar las problemáticas a nivel nacional dentro del marco forestal, pecuario y agronómico.

Dentro de la ENCA se encuentra la Coordinación de Producción, la cual es la encargada de planificar, establecer y manejar los diferentes procesos agrícolas, pecuarios y forestales con el fin de proporcionar a los estudiante las herramientas necesarias que les permitan tener una formación optima, orientada hacia los ámbitos ambientales, empresariales, de seguridad alimentaria y ocupación, dando así la oportunidad de inserción en actividades productivas de bienes para el autoconsumo y comercialización del excedente. El área de producción animal tiene como finalidad la producción, crianza y comercialización de productos pecuarios velando por la calidad e inocuidad de los alimentos de consumo interno y del excedente generado, los productos y subproductos obtenidos son diversos y están sujetos a las necesidades tanto de docencia como de consumo dentro de las instalaciones.

El presente diagnostico se realizó con el objetivo de poder conocer el estado actual e identificar las diferentes problemáticas existentes dentro del área de producción animal, para ello se llevaron a cabo visitas de campo a cada una de las aéreas que la conforman, así mismo se realizaron entrevistas a los trabajadores con el propósito de conocer cada uno de los procesos que se realizan para la obtención de productos pecuarios y el manejo de los desechos generados derivado de dichas actividades.

Los problemas identificados fueron evaluados a través de una matriz de priorización, con lo cual se estableció una metodología sistemática que permitió dar soluciones viables a través de una propuesta de investigación y el establecimiento de servicios.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

1. Describir la situación actual del área de producción animal, que se ubica dentro de las instalaciones de la ENCA.

1.2.2 Específicos

1. Identificar los principales problemas que se suscitan dentro del área de producción animal.
2. Realizar la jerarquización de los problemas identificados en el área de producción animal.

1.3 MARCO REFERENCIAL

1.3.1 Descripción geográfica

La ENCA se encuentra georreferenciada en la hoja cartográfica de la Ciudad de Guatemala, escala 1: 50,000 número 2059 I y está entre las coordenadas UTM 1606540.72 a 1608991.93 y 758609.92 a 757003.85 y las latitudes y longitudes 14° 31'15'' LN a 90° 38'18'' LW y 14° 32'30'' LN a 90° 38'35'' LW. La altitud del lugar varía desde los 1,406 m.s.n.m. al final del río Platanitos, hasta 1,485 m.s.n.m. en el Consulado Oeste, mientras que las instalaciones administrativas se encuentran a 1,445 m.s.n.m. (Coronado *et al.* 2000)

1.3.2 Vías de acceso

La ENCA colinda hacia el norte con la carretera que conduce a Bárcenas RD-16, hacia el suroeste con la colonia Ulises Rojas, al sudeste con Altos de Bárcenas, al noreste con San José Villa Nueva, hacia el sur con la finca Santa Clara y en el noroeste con la aldea Bárcena. Para poder llegar a la finca, su acceso es a través de la carretera que conduce hacia Bárcena RD-16, la cual se comunica con la autopista C-9 carretera al Pacífico (Turcios 2009).

1.3.3 Zonas de vida

Según el Mapa de Zonas de Vida de Holdridgede de la república de Guatemala, la ENCA se encuentra ubicada dentro del bosque subtropical templado bh-S (t), que posee una extensión territorial de 12, 508.44 kilómetros cuadrados, correspondiente al 11.49% de todas las zonas de vida establecidas. La precipitación pluvial media por año se encuentra entre 760 a 1130 mm/año y la temperatura media anual oscila entre 14° y 16° (Turcios 2009).

1.3.4 Geología

Con base al mapa geológico, los suelos que constituyen el área donde se ubica la ENCA, se desarrollaron a partir de la era Cuaternaria y pertenecen a los rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso (Turcios 2009).

1.3.5 Suelos

Los suelos ubicados en la ENCA pertenecen al subgrupo B, de la altiplanicie central de Guatemala que se encuentran sobre materiales volcánicos y están definidos como profundos, los minerales que se pueden encontrar son rellenos de pómez y depósitos de laharicos (Simmons 1959).

1.3.6 Pendiente

La topografía de la ENCA oscila entre plana y pendientes inferiores al 4% y también se pueden encontrar áreas donde se inclina fuertemente que incluye pendientes mayores a 55% (Coronado *et al.* 2000).

1.3.7 Textura

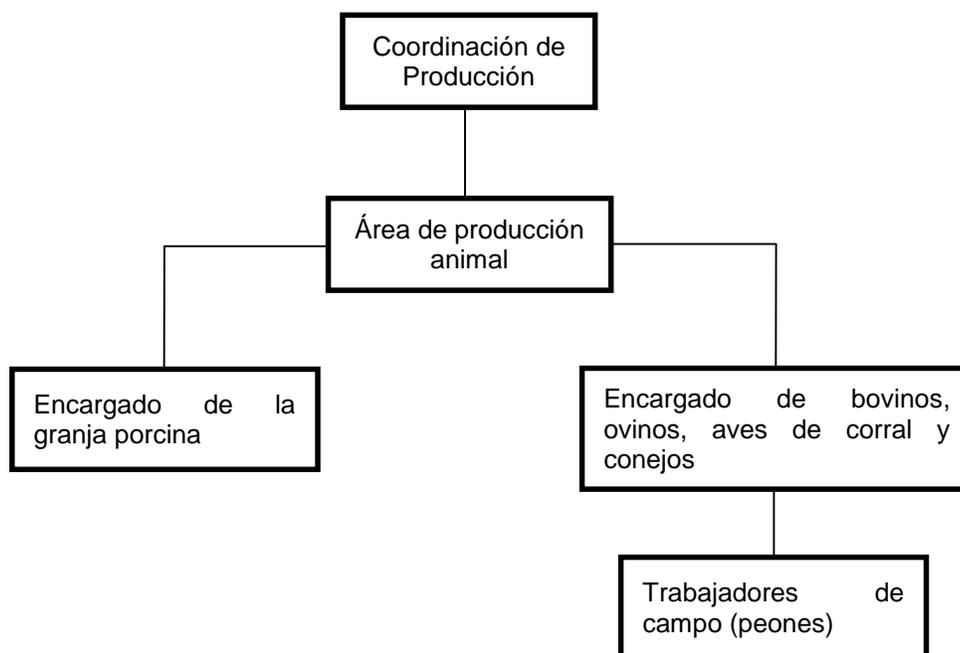
Las texturas presentes en toda el área de la finca Bárcenas son: arena franca, arenosa, franca arenosa y franca arcillo-arenosa (Herrera 2009)

1.3.8 Coordinación de producción

A. Área de producción animal

El área de producción animal se encarga de coordinar, dirigir y ejecutar las actividades relacionadas con la producción sostenible y sustentable de productos pecuarios, con el fin de atender las necesidades internas de alimentación de los estudiantes y comercializar de una forma eficiente todos los excedentes. Así mismo dicha área se encuentra comprometida con el cumplimiento de los objetivos de enseñanza y aprendizaje, con base en el desarrollo de actividades que fomenten la interacción de los alumnos dentro de entornos controlados para fortalecer sus conocimientos tanto de índole teórico como práctico.

En la figura 1 se muestra el organigrama del área de producción animal.

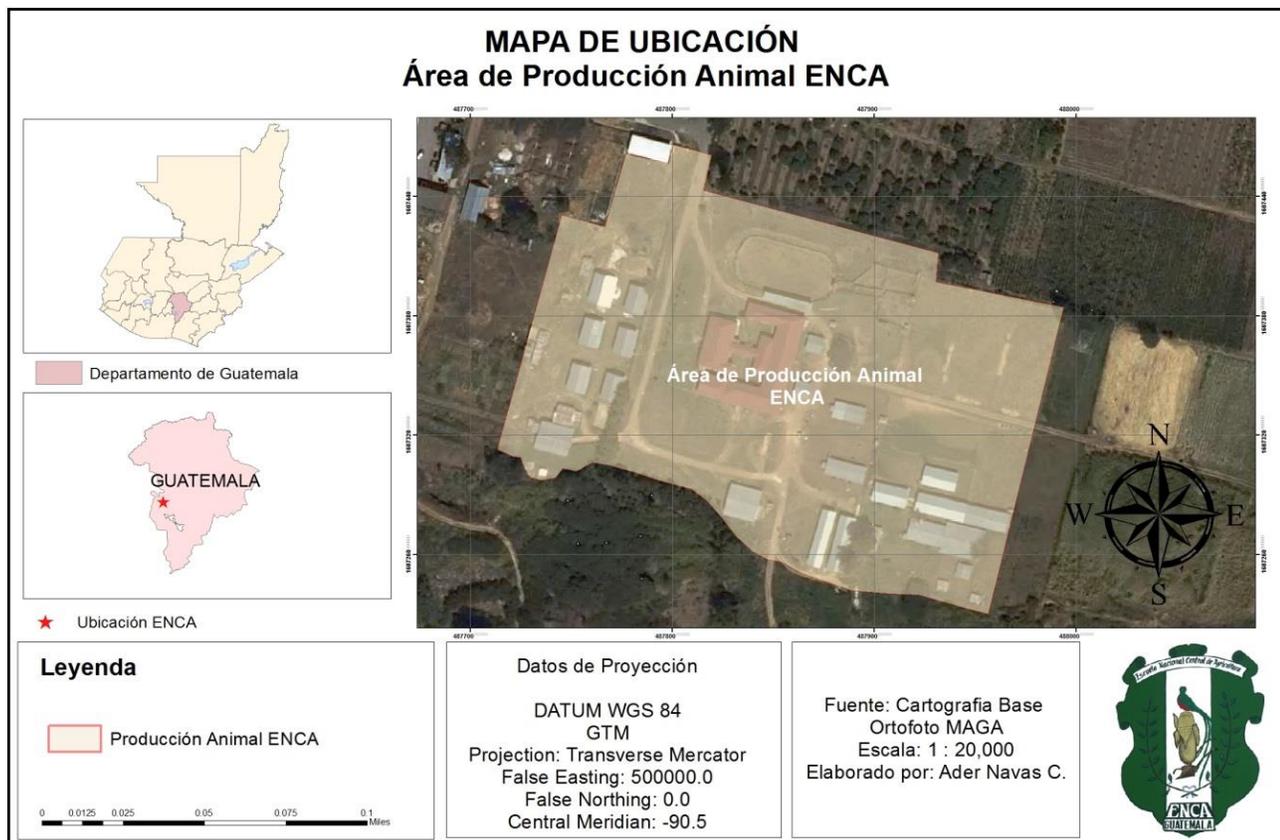


Fuente: elaboración propia 2017.

Figura 1. Organigrama del área de producción animal de la ENCA.

a. Ubicación

En la figura 2 se presenta la ubicación del área de producción animal, la cual se encuentra dentro del perímetro de la ENCA.



Fuente: elaboración propia 2017.

Figura 2. Ubicación del área de producción animal.

b. Manejo de ganado bovino

El ganado bovino es de vital importancia para el proceso productivo dentro de las instalaciones de la ENCA, debido a los subproductos que se obtienen derivados de esta

especie tales como, Leche cruda, queso y carne, que sirven para cubrir las necesidades alimenticias de los alumnos, y para la comercialización del excedente en el centro de ventas. Las razas que se pueden encontrar son principalmente Holstein y Jersey (Noriega 2017).

En el cuadro 1 se puede observar el inventario del ganado bovino en sus diferentes etapas.

Cuadro 1. Inventario de ganado bovino.

Bovinos	
Etapas	Cantidad
Producción	30
Gestantes	6
Secas	24
Novillas	13
Toretas	8
Terneritas	16
Total	97

Fuente: Elaboración propia con base en Castillo, 2017.

- **Alimentación**

Anualmente la demanda de alimento dentro de esta área es en promedio de 3,154 sacos por año. La distribución se lleva a cabo tres veces al día y se realiza con la ayuda de un vehículo tipo pickup. A los terneros se les provee leche con ayuda de biberones, este procedimiento se lleva a cabo dos veces al día bajo la supervisión de una persona encargada, esta actividad se realiza durante los primeros 15 días de nacidos, luego son trasladados al área de destete (Castillo 2017).

La cantidad de sacos de alimento por año utilizados para cubrir las necesidades de la especie bovina, puede observarse en el cuadro 2.

Cuadro 2. Productos alimenticios y cantidad utilizada por año.

Alimentación	
Alimento	Cantidad Sacos/año
Cría Vaquina	274
Novillina	1257
Prepertina	90
Lecherina 3000	358
Lecherina 5000	1175
Total	3154

Fuente: Elaboración propia con base en Castillo, 2017.

- **Obtención de leche, queso y carne**

El ordeño se lleva a cabo dos veces por día a las 4:00 am y luego a las 4:00 pm, el procedimiento consiste en sacar de sus corrales a los bovinos que se encuentran en producción y trasladarlos hacia la sala de espera del área de ordeño, al ingresar se les coloca el equipo de ordeño tecnificado y se procede a la extracción de leche. En promedio se obtienen 400 Litro por día los cuales son distribuidos entre las áreas de cocina para el consumo de los alumnos, el centro de ventas para su comercialización, y la sala de lácteos para su transformación en queso principalmente (Noriega 2017).

La obtención de carne se hace directamente en el rastro que se ubica dentro del área de producción animal, se sacrifica en promedio un bovino por mes (Castillo 2017).

- **Recolección de estiércol**

La recolección de estiércol se realiza únicamente en los corrales que tienen piso de concreto, esta actividad se realiza una vez por día durante el transcurso de la mañana. El estiércol es recolectado y depositado en la parte posterior del área de producción animal, donde permanece durante aproximadamente una semana, luego es trasladado hacia las áreas de producción de hortalizas, frutales y cultivos extensivos para su utilización como fertilizante (Noriega 2017).

c. Manejo de aves de postura

Las aves de postura, al igual que el ganado bovino, son de gran importancia debido a su producción de huevos, tanto para el consumo dentro de las instalaciones, como para su comercio en el centro de ventas. Anualmente se reciben lotes de novecientas unidades siendo esta la capacidad de carga establecida (Castillo 2017).

- **Alimentación**

La alimentación se lleva a cabo una vez al día durante el transcurso de la mañana, esta actividad es realizada por los estudiantes y trabajadores del área, el proceso consiste en trasladar los sacos de alimento de forma manual desde el galpón G-11, hacia los galpones G-5 y G-6, luego este alimento es vertido en los comederos que se encuentran instalados (Castillo 2017).

- **Recolección de huevos**

Esta actividad se realiza simultáneamente con la alimentación, los estudiantes y trabajadores entran a los galpones donde se encuentran las aves de postura, luego

proceden a recolectar los huevos, que posteriormente son depositados en hueveras de cartón, la recolección se realiza una vez por día. En promedio se recolectan 600 huevos por día, que sirven para el consumo interno, y el excedente para la venta (Castillo 2017).

- **Recolección de estiércol**

Antes de situar a las aves de postura en los galpones correspondientes, se procede a la aplicación de una cama constituida por fragmentos de material residual derivado de la madera conocida comúnmente como viruta, esta es colocada para el tratamiento de los desechos que se generan. Se depositan aproximadamente veinticuatro costales con una capacidad de almacenamiento de 45.4 kilogramos, posteriormente se lleva a cabo el proceso de introducción de las aves (Castillo 2017).

Al pasar ochenta y cuatro semanas el material es retirado y almacenado, se extraen en promedio ciento cincuenta costales por galpón. El material resultante es utilizado para la fertilización de las áreas de hortalizas, frutales y cultivos extensivos (Castillo 2017).

d. Manejo de aves de engorde

Cada quince días ingresa un lote de quinientas unidades. Las aves de engorde permanecen de seis a ocho semanas dentro de los galpones (Noriega 2017).

- **Alimentación**

Al igual que las aves de postura la alimentación se realiza una vez por día durante el transcurso de la mañana. Se trasladan los sacos de alimento para aves de engorde que están almacenados en el galpón G-11, hacia los galpones G-2, G-7, G-8, G-9 y G-10, luego

se procede a llenar los comederos contenidos dentro de las instalaciones. En el cuadro 3 puede observarse la cantidad de sacos por lote que se utilizan (Castillo 2017).

Cuadro 3. Productos alimenticios y cantidad utilizada por lote.

Alimentación	
Alimento	Cantidad de Sacos por lote
Inicio	10
Engorde	35

Fuente: Elaboración propia con base en Castillo, 2017.

- **Obtención de carne**

La obtención de carne se hace directamente en el rastro, en promedio se sacrifican de 80 a 130 unidades tres veces por semana, para poder cubrir la demanda alimenticia dentro de las instalaciones de la ENCA (Castillo 2017).

- **Recolección de estiércol**

Dentro de los galpones es colocado material residual derivado de la madera como cama absorbente para el control de los desechos, al pasar el tiempo estipulado de estadía, el material es retirado y almacenado. Aproximadamente se extraen treinta costales por galpón, el material que resulta es utilizado para la fertilización de las áreas de hortalizas, frutales y cultivos extensivos (Castillo 2017).

e. Manejo de ganado ovino

Su importancia radica en el aprovechamiento de su carne y la venta en peso vivo. La población total se encuentra constituida por cincuenta y ocho unidades (Castillo 2017).

- **Alimentación**

La alimentación de esta especie se realiza principalmente por pastoreo (Castillo 2017).

- **Obtención de carne y recolección de estiércol**

El sacrificio de esta especie ocurre con una baja frecuencia, y se lleva a cabo cuando hay una sobre población o bien, cuando existe una solicitud por parte de cocina. El estiércol no es recolectado y tampoco es utilizado en ningún proceso productivo (Castillo 2017).

f. Manejo de conejos

Se cuenta con doscientos treinta y cinco conejos dentro del área de producción animal. Las razas que se poseen son, Chinchilla, California, Nueva Zelanda, Mariposa, Aurora y French Lop (Castillo 2017).

- **Alimentación**

La alimentación de los conejos se hace una vez por día únicamente, y el procedimiento consta del traslado de forma manual del alimento almacenado en el galpón G-11 hacia los galpones G-3, G-4 y G-14, luego se procede a verter el alimento en los comederos que se

encuentran dentro de las jaulas que contienen a los conejos. Se les provee aproximadamente 15 sacos por mes de Conejina, el cuál es el concentrado que se les da como alimento (Castillo 2017).

- **Obtención de carne**

El sacrificio de esta especie al igual que los ovinos ocurre con una baja frecuencia, ya que su aprovechamiento se hace en peso vivo. Cuando se tiene una sobrepoblación de esta especie se programa el sacrificio en el rastro, el producto resultante se divide, donde una parte es aprovechada para la alimentación dentro de las instalaciones y otra es enviada al centro de ventas para su comercialización (Castillo 2017).

- **Recolección de estiércol**

La recolección del estiércol derivado de los conejos se hace una vez por día, este material es recogido con la ayuda de una pala y vertido en una carreta la cual permite transportar este material de una manera eficiente hacia una galera, en esta edificación se lleva a cabo la elaboración de lombricompost (Castillo 2017).

g. Manejo del colmenar

El número total de colmenares que se poseen es de cuarenta y cuatro unidades, y la especie utilizada para la producción de miel es la *Apis mellifera* (Castillo 2017).

- **Alimentación y productos**

La alimentación se lleva a cabo en invierno debido a que muchas especies vegetales no muestran floración durante esta época. El alimento que se les provee es agua con azúcar relación 1:2. Los productos obtenidos derivados de esta especie son la miel, que se extrae en época de verano y la cera (Castillo 2017).

h. Manejo de equinos

Dentro de las instalaciones se posee un caballo y una mula únicamente y el propósito principal de esta especie dentro del área de producción animal es con fines didácticos (Castillo 2017).

- **Alimentación y recolección de estiércol**

Se les provee aproximadamente entre cien a doscientas libras de concentrado (Omalina 100) al mes, con el objetivo de proveerles los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo. Este alimento se les proporciona una vez por día durante las horas de la mañana. El estiércol que se produce no es recolectado (Castillo 2017).

i. Manejo de ganado porcino

La producción de ganado porcino es una de las actividades más fuertes dentro de las instalaciones de la ENCA, debido al amplio espectro de aprovechamiento que se deriva de esta especie, las diferentes razas que se poseen dentro de las instalaciones son Pic, York, Newsham y Camborough. La población total de cerdos actualmente está

constituida por 365 unidades y la mayor cantidad se encuentra en la etapa de engorde (Quill 2017).

En el cuadro 4 se puede observar la cantidad de especímenes que se posee, con base en las diferentes etapas.

Cuadro 4. Inventario de ganado porcino.

Porcinos	
Etapas	Cantidad
Destete	43
Lechones	78
Engordé	135
Reemplazo	27
Vientres	79
Verracos	3
Total	365

Fuente: Elaboración propia con base en Quill, 2017.

- **Alimentación**

La distribución del alimento se lleva a cabo dos veces al día, actualmente la demanda oscila entre dieciséis sacos diarios con una capacidad de almacenamiento de 45.4 Kilogramos (Quill 2017).

A continuación, en el cuadro 5 se muestran los productos que se utilizan.

Cuadro 5. Productos alimenticios y cantidad utilizada por día.

Alimentación	
Alimento	Cantidad Sacos/día
Desarrollina	2
LactiCerdina	4
Jamonina	4
Bionova 1-4	1
Cría-Cerdina	5
Total	16

Fuente: Elaboración propia con base en Quill, 2017.

- **Obtención de carne**

La obtención de carne derivada de la especie porcina se hace directamente en el rastro que se encuentra ubicado dentro del área de producción animal, se sacrifica en promedio de 3 a 4 porcinos por semana. El aprovechamiento también se hace en peso vivo (Quill 2017).

- **Recolección de estiércol**

El manejo del estiércol se realiza a través de la limpieza de los corrales con agua vertida a presión, el material orgánico es depositado en un tanque de sedimentación, al pasar un tiempo prudencial, este es transportado hacia una separadora de sólidos. El sub producto que se genera conocido como comúnmente como cerdaza, es puesto a secar y se procede a empacarlo para su utilización dentro de las áreas productivas de la ENCA (Quill 2017).

j. Capacidad instalada

- **Oficinas y bodegas**

Se cuenta con tres oficinas debidamente equipadas, con archiveros, escritorios y computadoras para el uso apropiado y eficiente por parte de los encargados y también se cuenta con dos bodegas dentro de las cuales se almacenan objetos varios (Castillo 2017).

- **Laboratorio porcino**

Este laboratorio se encuentra dentro de la edificación central que se ubica en el área de producción animal, aquí se realizan las pruebas correspondientes para evaluar el espermatozoides de los verracos porcinos a través de la prueba de movilidad, para poder determinar si el espermatozoides reúne las condiciones necesarias para ser utilizado en la inseminación artificial. Con el espermatozoides que se recolecta pueden inseminar de 10 a 15 especies porcinas (Castillo 2017).

- **Laboratorio bovino**

En este laboratorio se almacena el espermatozoides de la especie bovina, específicamente de las razas Holstein y Jersey a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para la utilización del espermatozoides se procede a calentar agua en un recipiente esterilizado a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, luego se vierte el semen dentro por aproximadamente 15 segundos, luego se procede a la inseminación artificial (Castillo 2017).

- **Sala de lácteos**

La leche que es recolectada a través del proceso de ordeño es cuantificada y enviada a varios sitios para su aprovechamiento. Se destina cierto porcentaje de leche hacia el área

de lácteos, este porcentaje va a depender de las necesidades tanto de consumo como de venta (Castillo 2017).

El procedimiento para la obtención de queso se lleva a cabo después del ingreso de la leche al área de lácteos, esta ingresa con una temperatura alrededor de 4 °C y se debe de calentar a 32 °C, luego se hace la extracción de crema por medio del proceso de decantación. Se une el 50% de leche entera más el 50% de leche descremada para poder realizar el proceso de cuajo, se deja reposar alrededor de 45 minutos, al pasar este tiempo se hace la prueba de labio que consiste en introducir un cuchillo y sacarlo para observar si derrama gotas de leche, de no ser así se procede a la partición del queso (Castillo 2017).

- **Almacén de equipos**

Dentro de la edificación central se cuenta con dos bodegas las cuales contienen específicamente instrumentos y equipo que se utiliza en el apiario, para la extracción de miel (Castillo 2017).

- **Almacén de huevos**

Se cuenta con un almacén específico para el almacenamiento de huevos, donde se clasifican y se depositan después de su recolección en los galpones G-5 y G-6 (Castillo 2017).

- **Sala de ordeño tecnificada**

En esta sala se realiza el ordeño de los bovinos que se encuentran en producción, el procedimiento consiste en sacarlos de los corrales y llevarlos a la sala de espera, luego

ingresan 6 bovinos por turno, se les coloca el equipo y se procede a la extracción de leche cruda, este procedimiento puede durar de 3 a 4 minutos (Castillo 2017).

- **Sala de ordeño tecnificada**

El área de producción animal cuenta con trece áreas predeterminadas para almacenar ganado bovino y una para el ganado equino (Castillo 2017).

- **Potreros y corrales**

El área de producción animal cuenta con trece áreas predeterminadas para almacenar ganado bovino y una para el ganado equino.

En cuadro 6 se puede observar la distribución de cada una de las estructuras para la contención del ganado bovino y equino (Castillo 2017).

Cuadro 6. Estructuras para la contención de ganado bovino y equino.

Estructuras para la contención de bovinos	
estructura	cantidad
Corral con base de cemento	4
Corral sin base de cemento	2
Sub total	6
Áreas habilitadas como potreros	8
Total	14

Fuente: Elaboración propia con base en Castillo, 2017.

- **Galpones**

Dentro de las instalaciones del área de producción animal se cuenta con catorce galpones los cuales tienen múltiples usos. A continuación, en el cuadro 7 se puede observar el uso que se tiene por cada uno de los galpones (Castillo 2017).

Cuadro 7. Galpones para usos múltiples.

Estructuras para usos múltiples	
Galpón	Contenido
1	En espera de Aves de engorde
2	Aves de engorde
3	conejos
4	conejos
5	Aves de postura
6	Aves de postura
7	Aves de engorde
8	Aves de engorde
9	Aves de engorde
10	Aves de engorde
11	Almacenamiento de alimento
12	Almacenamiento de alimento
13	Artículos varios
14	Conejos

Fuente: Elaboración propia con base en Castillo, 2017.

- **Granja porcina**

Dentro de la granja porcina se cuenta con infraestructuras específicas para cada estado de aprovechamiento, contando con una salada específica de destete, gestación, engorde y maternidad (Quill 2017).

- **Rastro**

Dentro de esta instalación se lleva a cabo el sacrificio de las diferentes especies que se encuentran dentro del área de producción animal (Castillo 2017).

- **Biodigestores**

Se poseen tres biodigestores dentro del área de producción animal, estos sistemas tienen la finalidad de proveer energía a las áreas de destete y maternidad de la granja porcina, el desecho recolectado de los corrales, es trasladado a una separadora de sólidos y el líquido producto de la separación es redirigido hacia estos sistemas para el proceso de metanización (Quill 2017).

Actualmente dicho sistema no se encuentra en funcionamiento debido a que, el biogás que es generado presenta mal olor y ha causado daños a la tubería instalada para el traslado del biogás.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Delimitación del área de estudio

- El diagnóstico fue realizado únicamente en el área de producción animal, que se encuentra dentro de la ENCA.

1.4.2 Fase de gabinete inicial

- Recolección de información primaria: Se realizaron entrevistas a los trabajadores del área de producción animal, para poder conocer la situación actual y los aspectos más importantes referentes al manejo del ganado bovino, porcino y ovino, conjunto con los conejos y las aves de corral.
- Revisión de información secundaria: se llevó a cabo la recopilación y revisión bibliográfica en libros, tesis y revistas.

1.4.3 Fase de campo

- Visitas de campo: Se efectuaron recorridos, con la finalidad de observar cómo se llevan a cabo las diferentes actividades que se realizan dentro del área de producción animal.

1.4.4 Fase de gabinete final

- Sistematización: la información obtenida se sistematizó para su posterior análisis.

- Priorización de problemas: se efectuó la priorización de los problemas utilizando la herramienta “matriz de priorización”. A continuación, se describe como se aplicó dicha matriz.
- En primera instancia, se concretó una reunión con el personal encargado del área de producción animal, esto con la finalidad de dar a conocer las diferentes problemáticas identificadas y así poder establecer una mesa de diálogo.
- Posteriormente con base a INSFOP (2008), se tomó en cuenta la importancia de las posibles soluciones dentro de las estrategias de desarrollo del área, priorizando así; la urgencia de ser atendida dicha problemática, la sencillez de la solución, si era relevante o no para el área, que efectos tendría sobre otros problemas existentes y que tan fácil sería conseguir financiación para el mismo.
- Una vez considerados dichos aspectos, se procedió a realizar el análisis. Éste se realizó mediante la evaluación de las problemáticas dentro de la matriz de priorización con base en el análisis previo, donde se estableció la frecuencia de aparición del problema dentro de la matriz de tal forma que, el problema que apareció más veces dentro de esta, fue considerado el de mayor importancia y así sucesivamente.

1.5 RESULTADOS

Con base a la sistematización de la información previamente recabada, se pudo llevar a cabo la identificación de las diferentes problemáticas que se suscitan dentro del área de producción animal

A continuación, en el cuadro 8 se pueden observar los problemas identificados.

Cuadro 8. Problemas identificados.

No.	Problemas identificados
1	Manejo inadecuado de los biodigestores ubicados en el área de producción animal.
2	Poco aprovechamiento de las deyecciones del ganado porcino, bovino, ovino, junto con el de las aves de corral y los conejos.
3	Inexistentes estudios de evaluación de impacto ambiental para la construcción de puente vehicular y un nuevo rastro dentro del área de producción animal.
4	Inapropiado proceso de aturdimiento de los animales en el rastro.
5	No se lleva a cabo el proceso de pasteurización de la leche dentro del área de lácteos

1.5.1 Descripción de los problemas identificados

La ENCA posee tres biodigestores dentro de sus instalaciones, los cuales tienen la finalidad de proveer energía a las áreas de destete y maternidad dentro de la granja porcina pero actualmente estos no son utilizados ya que, el biogás generado no presenta características idóneas para su utilización. Así mismo el efluente producto del proceso de digestión anaeróbica, es direccionado hacia el cauce del Río Platanitos, lo cual puede representar un problema de contaminación.

la cantidad de excretas que es generada, producto de las evacuaciones del ganado bovino, porcino y ovino, conjunto con los conejos y las aves de corral, no cuentan con un manejo apropiado, y su utilización se adecua a las necesidades que se tengan dentro de las áreas productivas sin llevar ningún tratamiento previo o bien en casos adversos estos desechos son colocados en lugares no propicios para el depósito de los mismos, causando la contaminación de los cuerpos receptores.

La Unidad de Proyectos pretende realizar la construcción de un nuevo rastro tecnificado para que se pueda llevar a cabo el sacrificio de las diferentes especies animales eficientemente, además también se realizará la construcción de un puente Vehicular que conectara el área central de la ENCA con el área de cultivos extensivos, pero no se cuenta con los estudios de evaluación de impacto ambiental correspondientes.

El rastro cuenta con una conexión eléctrica de 220 voltios, la cual se encuentra adaptada específicamente para el aturdimiento de las diferentes especies animales que son sacrificadas dentro de estas instalaciones, pero este método no es utilizado y el proceso de insensibilización se realiza mediante el golpe en la cabeza del animal.

La leche que ingresa al área de lácteos no es pasteurizada ya que la maquinaria que se tiene para llevar a cabo este proceso se encuentra dañada.

1.5.2 Matriz de priorización de problemas

Para realizar la evaluación de los problemas identificados se utilizó la técnica “matriz de priorización”, conjunta con los ingenieros encargados del área de producción animal, donde se llevó a cabo el análisis para la aplicación de criterios diversos y la selección de los problemas más relevantes.

En el cuadro 9 podemos observar los diferentes problemas identificados y su evaluación a través de la matriz de priorización.

Cuadro 9. Matriz de priorización de problemas.

Problemas	Biodigestores	Deyecciones	Estudios	Aturdimiento	Pasteurización
Biodigestores	-----	Biodigestores	Biodigestores	Biodigestores	Biodigestores
Deyecciones	-----	-----	Deyecciones	Deyecciones	Deyecciones
Estudios	-----	-----	-----	Estudios	Estudios
Aturdimiento	-----	-----	-----	-----	Aturdimiento
Pasteurización	-----	-----	-----	-----	-----

Como puede observarse en la matriz de priorización el problema principal es el manejo inadecuado de los biodigestores ubicados en el área de producción animal, el cual se pudo determinar con base en los criterios establecidos previamente en la metodología, haciendo alusión a que dicho problema es prioritario. Esto se debe a que actualmente todo el efluente generado por los biodigestores es dirigido hacia el cauce del Río Platanitos, por tanto, se ha vuelto de carácter urgente determinar si el efluente constituye una fuente de contaminación puntal, y si esta puede ser tratada inmediatamente.

Así mismo se debe determinar si el sistema de biodigestores funciona eficientemente ya que su relevancia no solo radica en el tratamiento de las excretas porcinas dentro del área, si no también, la utilización de los subproductos generados.

Con respecto al poco aprovechamiento de las deyecciones del ganado porcino, bovino, ovino, junto con el de las aves de corral y los conejos, se pudo determinar que este problema es menos relevante debido a que, dicho material no representa un gran problema dentro del área de producción animal.

Esto se debe que gran parte del excremento es trasladado hacia las áreas de frutales y hortalizas para llevar a cabo la elaboración de abono orgánico, así mismo su problema radica en el hecho de que no se cuenta con una infraestructura específica y mano de obra suficiente que permita llevar a cabo el tratamiento de la excreta en su totalidad, por lo que el sobrante que no es utilizado para abono, es recolectado y colocado en lugares no aptos creando así focos de contaminación.

En cuanto a los inexistentes estudios de evaluación de impacto ambiental para la construcción de puente vehicular y el nuevo rastro dentro del área de producción animal, no representan un mayor problema, mas no obstante su importancia radica en el echo de que sin estos no se obtendrá la resolución ambiental que servirá para poder llevar a cabo el trámite para la licencia de construcción y por ende su construcción posterior.

Por último, el inapropiado proceso de aturdimiento de los animales en el rastro y el inexistente proceso de pasteurización de la leche no son relevantes, esto se debe a que son problemas que pueden ser solucionados con la compra de equipo idóneo para llevar a cabo dichas tareas.

1.6 CONCLUSIONES

1. Los principales problemas que se pudieron identificar son: el manejo inadecuado de los biodigestores ubicados en el área de producción animal, ya que no se conoce la cantidad de biogás que se produce, el poco aprovechamiento de las deyecciones del ganado porcino, bovino, ovino, junto con el de las aves de corral y los conejos, esto se debe principalmente a que no existe un manejo sistematizado orientado al aprovechamiento de la excreta producida por estas especies, los inexistentes estudios de evaluación de impacto ambiental para la construcción de puente vehicular y un nuevo rastro dentro del área de producción animal, los cuales se necesitan para identificar los diferentes impactos que los proyectos causaran, el Inapropiado proceso de aturdimiento de los animales en el rastro y la falta de un proceso de pasteurización de la leche dentro del área de lácteos
2. Con base en su importancia de mayor a menor escala, los problemas previamente identificados fueron jerarquizados de la siguiente manera; manejo inadecuado de los biodigestores, poco aprovechamiento de las deyecciones del ganado porcino, bovino, ovino, junto con el de las aves de corral y los conejos, inexistentes estudios de evaluación de impacto ambiental para la construcción de puente vehicular y un nuevo rastro dentro del área de producción animal, inapropiado proceso de aturdimiento de los animales en el rastro e inexistente proceso de pasteurización.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda establecer acciones orientadas al mantenimiento preventivo de los biodigestores tales como; realizar el mantenimiento del separador de sólidos, cambio de tubería en mal estado y el cambio de la membrana de polietileno cuando esta acabe su vida útil, así mismo se debe de realizar la evaluación de la cantidad y la calidad de biogás que se genera.
2. Realizar la cuantificación de las excretas de todas las especies que se encuentran dentro del área de producción animal, para poder establecer un proceso adecuado de disposición final.
3. Realizar los estudios de evaluación de impacto ambiental de los proyectos de inversión, para poder empezar la fase de ejecución de los mismos.
4. Se recomienda que se utilice el aturdimiento a través de electricidad dentro de las instalaciones del rastro, para tener un proceso más eficiente y reducir el estrés de los animales antes del sacrificio.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Arias, FG. 2006. El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. 6 ed. Caracas, Venezuela, Episteme. 146 p.
2. Castillo, R. 2017. Manejo diario de desechos dentro del área de Producción Animal (entrevista). Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura, Coordinación de Producción, Área de Producción Animal, Encargado del Área de Producción Animal.
3. Coronado, F; Estrada, C; Domínguez, A. 2000. Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de la Escuela Nacional Central de Agricultura, Bárcenas, Villa Nueva,

Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 53 p.

4. Herrera, W. 2009. Evaluación del uso de aspersiones foliares de extractos de tés orgánicos (Equinasa y Vermicompost) en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa*) y servicios desarrollados en la Escuela Nacional Central de Agricultura, ENCA, Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 48 p.
5. INSFOP (instituto de formación permanente); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2008. Diagnostico rural participativo (SRP) y planificación comunitaria. Nicaragua. 37 p. Consultado 8 ago. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-at795s.pdf>
6. Molina, C. 2017. Proceso diario del manejo administrativo de la Coordinación de Producción (entrevista). Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura, Coordinación de Producción, Área de Producción Animal, Jefe de la Coordinación de Producción.
7. Noriega, J. 2017. Proceso educativo enfocado al cuidado de las especies animales contenidas en el área de Producción Animal (entrevista). Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura, Coordinación Académica, Docente (Desarrollo de actividades dentro del área de Producción Animal).
8. Quill, V. 2017. Proceso diario del manejo de desechos de la granja porcina (entrevista). Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura, Coordinación de Producción, Área de Producción Animal, Encargado de Granja Porcina.
9. Simmons, C; Tárano T, JM; Pinto Z, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1000 p.
10. Turcios, A. 2009. Evaluación de la producción de micorrizas y su efecto en dos especies de pino (*Pinus oocarpa* Schiede y *P. maximinoi* Farjon & Frankis), por cuatro especies de hongos hectomicorrizas, en contenedor, e informe de diagnóstico y servicios realizados en la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA), Bárcena, Villa Nueva, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 135 p.

1.9 ANEXOS

Anexo 1. Boleta de entrevista.

Muy buen día mi nombre es Ader Navas, soy epecista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y me encuentro realizando una serie de preguntas sobre la situación actual del área de producción animal para la realización de un diagnóstico de la Escuela Nacional Central de Agricultura

TEL. (OPC) _____

1. ¿Qué cargo o puesto desempeña en la estructura operativa de la ENCA?
2. ¿Qué especies de animales se encuentran contenidas dentro del área de producción animal?
- 3 ¿Qué tipo de alimento se les proporciona?
4. ¿Qué manejo se le da al excremento de los animales?
5. ¿Qué subproductos se derivan del aprovechamiento de las especies contenidas dentro del área de producción animal?

The seal is circular with a grey border containing the Latin text "ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CAETERA EPISCOPIS CONSPICUA CAROLINA". The central image depicts a landscape with a green hill, a white path, and a figure on a horse. Above the path is a figure in a red and white robe. To the left is a yellow castle, and to the right is a yellow lion rampant. At the top center is a golden dome with a cross.

CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS BIODIGESTORES UBICADOS EN EL ÁREA DE LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA, BÁRCENA VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

Con base en las actividades productivas y académicas que se desarrollan dentro de las instalaciones de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA) en torno al cuidado y aprovechamiento de la especie porcina, fueron construidos dos biodigestores en el año 2013, con el objetivo de realizar un manejo adecuado de los desechos dentro de la granja y aprovechar los subproductos.

La presente investigación se basa en la caracterización del biogás y los efluentes que son generados dentro de las instalaciones de la ENCA debido al uso de los biodigestores, En la primera fase se realizó la toma de datos de las concentraciones de CH₄, CO, O₂ y H₂S durante el periodo comprendido de enero a mayo del año 2018, esto con el propósito de establecer un panorama general del comportamiento que poseen dichos gases durante los meses evaluados.

Los datos fueron recolectados con la ayuda del equipo de detección de gases Dräger X-am 2500, con el cual se pudieron establecer las diferentes concentraciones de los gases producidos dentro de los biodigestores, dicha información se analizó con la ayuda de un software estadístico con el propósito de conocer la relación que estos gases guardan con respecto a las variaciones de temperatura interna y pH.

De igual manera se llevó a cabo la caracterización del efluente, tomando como base lo establecido en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 “Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos” con lo cual se identificaron todos aquellos parámetros que no cumplían con los rangos establecidos por dicho acuerdo.

Con la realización de la investigación se pudo describir tanto la estructura constructiva como la funcionalidad de los biodigestores, pudiendo constatar que ésta no es óptima y que el biogás que es generado no es aprovechable en su totalidad.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

A. Biodigestor

Los biodigestores son sistemas de aprovechamiento de biomasa, a través de una digestión anaeróbica. De manera general se definen como tanques o recipientes que permiten la introducción de materia orgánica la cual es descompuesta por microorganismos, con el propósito de recolectar y almacenar biogás para su aprovechamiento energético (Alcívar y Farías 2007).

La adaptación de los biodigestores con basé a las condiciones técnicas y económicas de los países desarrollados y subdesarrollados, da una oportunidad de contribución económica, y contribuye a la disminución de impactos negativos al ambiente, siendo así una propuesta viable para el aprovechamiento como medida de generación de energías renovables (Fong 2013).

La eficiencia de la digestión anaeróbica dependerá de las condiciones del sustrato, la temperatura, pH, la concentración de sólidos y el tiempo de retención de la biomasa dentro del biodigestor, entre otros. Obando (2007:3) señala que “un mayor control de estos parámetros, permite la optimización del proceso de la digestión anaeróbica, así como la concepción de biodigestores más eficientes. La alteración abrupta de estos factores influencia el desempeño global del proceso”.

B. Digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica es el proceso por el cual la materia orgánica se degrada a través de procesos biológicos en ausencia de oxígeno y ésta es convertida en una mezcla de gases

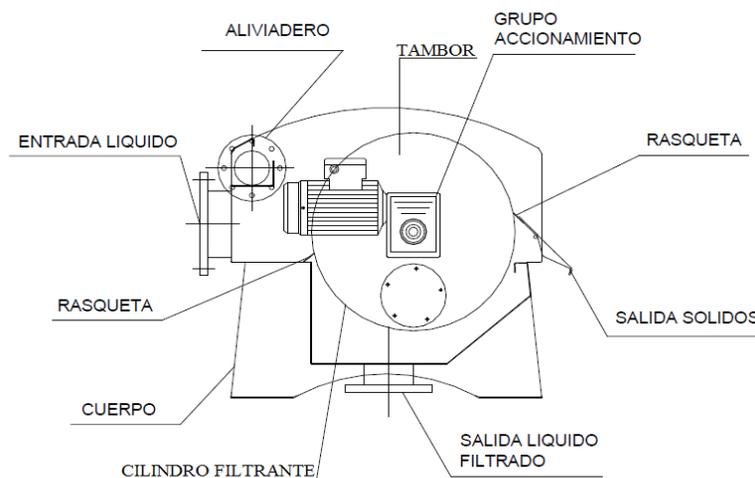
principalmente metano y dióxido de carbono, en ausencia de aceptores de electrones de carácter inorgánico mediante la acción de un conjunto de microorganismos (Santizo 2013).

C. Partes que conforman el proceso de digestión

a. Separador de sólidos

Dependiendo del sistema que sea utilizado para llevar cabo el manejo de excretas de origen pecuario, debido a la cantidad de material sólido (fibras y residuos) que pueda encontrarse en el afluente, se debe de considerar la instalación de un separador de sólidos antes de ingresar al biodigestor. Debido al tamaño de los sólidos se pretende evitar taponamientos en las tuberías, degradación lenta y procurar un mayor tiempo de retención y por ende un mayor espacio dentro del biodigestor (SEMARNAT 2010).

En la figura 3 se muestra el diagrama general del separador de sólidos.



Fuente: tomado de GEDAR s. f.

Figura 3. Diagrama de separador de sólidos.

b. Fosa de mezclado

SEMENART (2010) señala que, la instalación de una fosa de mezclado debe de concentrar los influentes provenientes de la unidad productiva ya sea, aprovechando la gravedad o mediante sistemas de bombeo, dicha fosa debe de servir para monitorear y controlar la relación agua-sólidos que ingresarán al biodigestor.

c. Cámara de carga

En esta área se prepara la alimentación del biodigestor, donde los residuos o material orgánico son triturados y mezclados con agua, esta cámara debe de encontrarse aislada térmicamente, para poder llevar la mezcla a temperatura del material que se está fermentando dentro del biodigestor (De la Torre Caritas 2008).

d. Digestor o cámara de digestión

Según De la Torre Caritas (2008), La cámara de digestión es donde se recibe la materia orgánica para que se lleve a cabo el proceso de fermentación, este debe estar cerrada y ser hermética. No importando el sistema que se utilice este deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Debe de ser impermeable al agua y al gas, para evitar la pérdida de los mismos lo cual disminuirá su eficiencia.
- Es de vital importancia evitar la pérdida de calor, este aspecto es muy importante para los digestores que trabajan a temperaturas mesofílicas y termofílicas.
- Debe de mantenerse mínima la relación superficie/volumen con el fin de reducir la superficie de intercambio de calor.

- Los digestores que se construyan bajo tierra deberán de contar con un estudio de suelos debido al riesgo de poder afectar alguna capa freática.

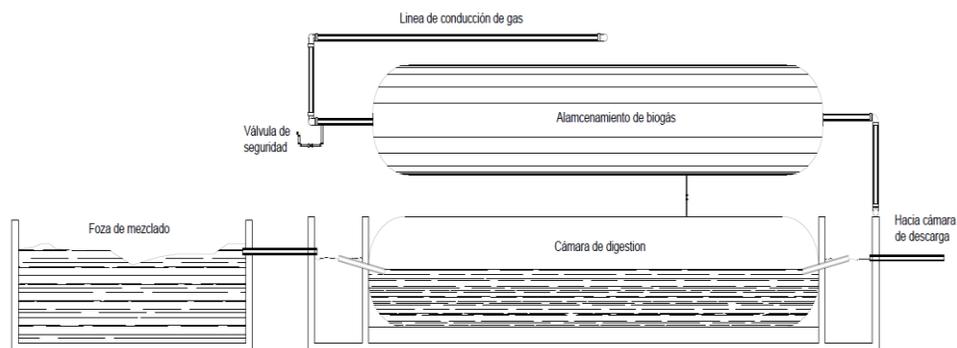
e. Almacenamiento de biogás

Los sistemas de biogás necesitan poder almacenar el gas producido en las horas que éste no se utilice, las dimensiones del recipiente de almacenaje dependerán de la producción de gas diaria que se tenga y del consumo. Se debe de tomar en cuenta que el biogás que se produce en la mayoría de los casos es mayor a su consumo (Santizo 2013).

f. Cámara de descarga

Área donde se depositan los lodos o efluentes, las dimensiones deberán de ser 2 o 3 veces superiores en relación al volumen de descarga que se produce diariamente (De la Torre Caritas 2008).

En la figura 4 se muestra el esquema del funcionamiento de los biodigestores.



Fuente: elaboración propia 2018.

Figura 4. Sistema de biodigestores.

D. Fermentación anaeróbica

Es un proceso natural que forma parte del ciclo biológico y que se da de una forma espontánea en la naturaleza. Para poder llevar a cabo este proceso es indispensable la intervención de las bacterias denominadas metanogénicas, las cuales se encargan de hacer la digestión de la materia orgánica y devolver al medioambiente los elementos básicos para reiniciar el ciclo. Para poder llevar a cabo el proceso de fermentación este se divide en tres fases las cuales están separadas en base al proceso de degradación del alimento de los microorganismos (Hilbert 2006).

E. Fase de hidrólisis

En esta etapa se lleva a cabo la hidrolización de la materia orgánica por la acción de enzimas producidas por bacterias hidrolíticas, las cuales rompen y transforman las cadenas de estructuras de carbono para hacerlas más cortas y simples (ácidos orgánicos), liberando hidrogeno y dióxido de carbón (Hilbert 2006).

F. Fase de acidificación

Ésta fase la llevan a cabo las bacterias acetogénicas las cuales realizan la degradación de los ácidos orgánicos llevándolos al grupo acético $\text{CH}_3\text{-COOH}$ y liberando los productos hidrógeno y dióxido de carbono. Debido a que para llevar a cabo la realización de esta reacción se requiere de energía, esta se conoce como endoexérgica. Existe una estrecha relación simbiótica con las bacterias metanogénicas que substraen los productos finales del medio y minimizan la concentración de los mismos en la cercanía de las bacterias acetogénicas, la reducción de la concentración de los productos finales es el detonante que activa la relación y actividad de estas bacterias el cual hace posible la degradación de la materia manteniendo el equilibrio de energía (Fong 2013).

G. Fase metanogénica

Las bacterias que intervienen en esta fase pertenecen a uno de los géneros más primitivos de vida colonizadora de la tierra, debido a las características únicas que poseen y que las diferencian de los demás géneros, a este grupo se le conoce como achibacterias (Fong 2013).

La transformación final cumplida en esta etapa tiene como principal sustrato el ácido acético junto a otros ácidos orgánicos de cadena corta y los productos finales liberados están constituidos por el metano y el dióxido de carbono (Fong 2013).

a. Bacterias metanogénicas

La metanogénesis es la producción biológica de CH_4 la cual se origina por la descarboxilación del aceto y la metanización del anhídrido carbónico e hidrogeno por medio de las bacterias metanogénicas de acuerdo a Fang *et al.* (1995), dichas bacterias se encuentran constituidas por los géneros *Methanobacterium*, *Methanobrevibacter*, *Methanothermus*, *Methanococcus*, *Methanomicrobium*, *Methanogenium*, *Methanosarcina*, *Methanolobus*, *Methanothrix*, *Methanopyrus*, *Methanocorpusculum* y *Methanobacillus*.

H. Biogás

El biogás es una mezcla constituida principalmente de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), pero también se pueden encontrar otros gases en pequeñas cantidades tales como hidrogeno (H), sulfuro de hidrógeno (H_2S), y nitrógeno (N), estos gases son generados por la descomposición de la materia orgánica y constituye un proceso vital dentro del ciclo de la naturaleza (Hilbert 2006).

A continuación, en el cuadro 10 se pueden observar los valores comparativos con respecto a los combustibles convencionales.

Cuadro 10. Valores comparativos respecto a combustibles.

Biogás	Combustibles convencionales
1m de biogás (60 % metano)	0.61 l de gasolina
	0.58 l de keroseno
	0.55 l de diésel
	1.50 m de gas natural
	1.43 KW de energía eléctrica
	0.50 a 1.50 kg de madera
	0.74 kg de carbón vegetal
	0.30 m de propano
0.20 m de butano	

Fuente: Pérez, 2006.

a. Composición y características del biogás

La mezcla de gases que conforman el biogás está constituida por metano (CH₄), con un porcentaje que oscila entre un 50 % a un 70 % y dióxido de carbono, conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno (Hilbert 2006).

Las características de los gases que componen la mezcla de biogás se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11. Características del biogás.

Características	CH ₄	CO ₂	H ₂ -H ₂ S	OTROS	Biogás 60/40
Proporciones volumen (%)	55-70	27-44	1	3	100
Valor calórico MJ/m ³	35.80	--	10.80	22	21.50
kcal/m ³	8600	--	2581	5258	5140
Ignición porcentaje en aire (%)	5-15	--	--	--	6-12
Temperatura ignición (°C)	650-750	--	--	--	650-750
Presión crítica en Mpa	4.70	7.50	9.90	8.90	7.50-8.90
Densidad nominal en g/l	0.70	1.90	--	--	1.20
Densidad relativa	0.55	2.50	1.20	1.20	0.83
Inflamabilidad volumen en porcentaje aire	5-15	--	--	--	6-12

Fuente: Elaboración propia con base en Hilbert, 2006.

b. Factores determinantes en la producción de biogás

El desempeño que se obtiene en un sistema anaeróbico estará en función de la producción de metano, y por ello la metanogénesis se considera un paso limitante del proceso. Se debe de tener un monitoreo cuidadoso de las condiciones ambientales tales como la temperatura, el tipo de material que se introduce dentro de los sistemas, nutrientes y concentraciones de minerales, además del potencial de hidrogeno (pH), si el material que ingresa es tóxico y condiciones redox óptimas (FAO 2011).

- **Temperatura**

La velocidad con que se dan las reacciones de los procesos biológicos está relacionada con la velocidad de crecimiento de los microorganismos que a su vez este crecimiento depende de la temperatura. A medida que aumenta la temperatura también aumenta el crecimiento de los microorganismos y esto conlleva a que haya una aceleración en el proceso de

digestión dando así lugar una mejor producción de biogás. La FAO (2011:34) señala que “Las variaciones bruscas de temperatura en el digester pueden afectar la desestabilización del proceso. Por ello, para garantizar una temperatura homogénea en el digester, es imprescindible un sistema adecuado de agitación y un controlador de temperatura”.

Existen tres rangos de temperatura en los que pueden trabajar los microorganismos anaeróbicos psicrófilos (por debajo de 25 °C), mesófilos (entre 25 °C y 45 °C) y termófilos (entre 45 °C y 65 °C), para la determinación de los rangos posibles de operación existe un intervalo para cada rango (FAO 2011).

Los rangos de temperatura y tiempo de fermentación anaeróbica pueden observarse en el cuadro 12.

Cuadro 12. Rangos de temperatura y tiempo de fermentación anaeróbica.

Fermentación	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de fermentación
Psychrophilica	4-10 °C	15-18°C	20-25°C	Sobre 100 días
Mesophilica	15-20 °C	25-35°C	35-45°C	30-60 días
Thermophilica	25-45°C	50-60°C	75-80°C	10-15 días

Fuente: Varnero y Arellano, 1991.

- **Rangos de pH**

Los microorganismos metanogénicos son susceptibles a los cambios de pH, por ello el proceso anaeróbico puede ser afectado adversamente con pequeñas variaciones que se encuentren fuera del rango óptimo. La FAO (2011:43) indica que “Los diferentes grupos bacterianos presentes en el proceso de digestión anaeróbica presentan unos niveles de actividad óptimos en torno a la neutralidad. El óptimo es entre 5.5 y 6.5 para acidogénicos y entre 7.8 y 8.2 para metanogénicos”.

I. Caracterización de residuos

a. Purines de cerdo

Las características físicas y la composición de los purines y estiércol derivado de las especies ganaderas presentan una serie de variaciones importantes, las cuales se asocian principalmente a la especie de producción, tipo de explotación y alimentación. Otro de los factores importantes dentro del sector ganadero es el tiempo de almacenaje, el cual ocasiona una reducción del potencial de producción de biogás (Fernández 2016).

Los purines de cerdo se caracterizan por tener un alto contenido de agua en contraste con la materia orgánica, sin embargo, posee una gran concentración de macro y micro nutrientes, así como una buena capacidad buffer debido a su elevada alcalinidad con lo cual evita problemas de acidificación (Fernández 2016).

Uno de los problemas que se asocian a los residuos de origen ganadero, es el alto contenido de materia orgánica, N y P, así como la presencia de metales pesados tales como Cu y Zn según Fernández (2016). El nitrógeno presenta una problemática bastante grande dentro de los desechos de origen porcino ya que puede producirse contaminación atmosférica por la volatilización del amoníaco y así mismo puede causar contaminación a las aguas a través de la producción de lixiviados.

Fernández (2016) indica que, pueden producirse problemas derivados de las siguientes circunstancias:

- El fósforo, junto con el nitrógeno, puede causar la eutrofización de las aguas, al aumentar el contenido en nutrientes de éstas.
- Contribución al efecto invernadero producido por metano, óxido nitroso y en menor medida dióxido de carbono.

- Otros minerales como el cobre o el zinc, proveniente de los piensos en su mayor parte, tiene efectos tóxicos sobre los vegetales, además de producir la contaminación de las aguas subterráneas por lixiviación.
- Contaminación microbiana, especialmente si la contaminación llega a fuentes de agua potable o de abastecimiento.

b. Contaminación de las aguas superficiales

Cuando los purines presentan una alta concentración de carga orgánica y de nutrientes, y este alcanza el curso de las aguas superficiales se pueden generar problemas de eutrofización, el cual es un fenómeno muy conocido ya que afecta a un número importantes de lagos, ríos, embalses y otras fuentes de agua importantes en las diferentes partes del mundo y que está provocado por el exceso de nutrientes en el agua. Por ello el verter directamente dicho material al agua está completamente prohibido en varios países (Fernández 2016).

c. Contaminación de suelos

Cuando dicho material es transportado a flor de tierra, los metales pesados presentes en el mismo suponen un riesgo potencial, esto se debe a su carácter acumulativo en el medio, el efecto que producen los metales es de difícil evaluación ya que por lo general las adversidades se presentan a largo plazo causando daños sobre los microorganismos del suelo alterando los procesos naturales de las plantas con efectos de fitotoxicidad (Fernández 2016).

El sistema de biodigestores puede funcionar como un descontaminante de las excretas luego del proceso de fermentación, lo que en términos generales al comparar el afluente

con el efluente se puede percibir una reducción potencial de los contaminantes cercanos al 80 % en condiciones aceptables (Torres 2008).

d. Ventajas de los biodigestores

Según Saenz (2001), los biodigestores constituyen una alternativa viable para llevar a cabo el tratamiento de los desechos sólidos orgánicos que se derivan de la explotación agropecuaria, ya que con su instalación se desglosan una serie de ventajas, las cuales se mencionan a continuación:

- Reducción de la producción del CO₂: como bien es conocido el excremento en un estado natural tiende a expulsar grandes cantidades de este gas, el cual se considera uno de los más perjudiciales ya que, daña la capa de ozono e infiere en el calentamiento global.
- Evita los malos olores entre el 90 % y 100 %: reduce los malos olores, los cuales pueden generar molestias a los vecinos aledaños a lugares que desarrollan actividades pecuarias.
- Se evita en la contaminación de suelos y agua.
- Se evita la corta de árboles para ser utilizados en la cocción: los biodigestores representan una alternativa viable para evitar la tala de árboles utilizados para la coacción de alimentos.
- Producción de fertilizante orgánico: los purines generados por la degradación de la biomasa pueden utilizarse como abono orgánico.
- No se produce humo.

- No se da la proliferación de insectos: en las actividades pecuarias abundan los insectos, especialmente moscas y zancudos.
- Control de patógenos: el rango de control de patógenos varía según factores de temperatura y tiempo de retención, pero en general ha quedado demostrado experimentalmente que en promedio se remueve el 855 de los patógenos durante el proceso de biodigestión.

e. Líquido efluente de biodigestor anaeróbico

Los productos provenientes de la degradación del material orgánico en un sistema de digestión anaeróbica son el biogás y el lodo o efluente, éstos últimos se pueden utilizar como fertilizantes en el suelo o en aplicación foliar, debido a la alta concentración de macro y micronutrientes que poseen y la calidad de los mismos, el nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K) y elementos menores se mantienen en iguales cantidades dado que el estiércol ha sido digerido dentro del biodigestor y se ha reducido su volumen. En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, es convertido a formas más simples como amonio (NH_4) que son aprovechadas por las plantas.

El efluente se obtiene por digestión anaeróbica del biodigestor obtenido a partir de un sustrato orgánico como: desechos agrícolas, animales o humanos. El líquido contiene alta concentración de nutrimentos accesibles para que se nutra la planta. Como foliar se debe filtrar para evitar el taponamiento de las boquillas de los aspersores.

J. Detector de gases Dräger X-am 2000

El Dräger X-am 2500 es un instrumento especialmente diseñado para uso de monitorización personal. Este equipo permite la detección de uno a cuatro gases midiéndolos con una alta confiabilidad. Los gases que se pueden medir son CH_4 , O_2 , CO y H_2S . En combinación con

una bomba externa, el Dräger X-am 2500 puede ser fácilmente adaptable para la entrada en un espacio confinado.

El Dräger X-am 2500 cuenta con un sistema de alarmas las cuales tienen el propósito de indicar el peligro de la concentración de los gases CH₄, CO y H₂S, en cuanto al oxígeno las alarmas indican la deficiencia o exceso de éste.

Se pueden observar en el cuadro 13 los parámetros de medición del Dräger X-am 2500.

Cuadro 13. Parámetros de medición de Dräger X-am 2500.

Sensor	Medición de gases	Rango	Alarma 1	Alarma 2
CAT	Ex	100.00 % LEL	10.00 % LEL	20.00 % LEL
EC1	O ₂	25.00 Vol %	19.00 Vol %	23.50 Vol %
EC2	H ₂ S	199.00 ppm	10.00 ppm	15.00 ppm
EC3	CO	1,999.00 ppm	35.00 ppm	50.00 ppm

Fuente: Dräger, 2012.

K. Análisis de regresión múltiple

Los modelos de regresión estudian la relación estocástica cuantitativa que existe entre una variable de interés y un conjunto de variables explicativas. En muchos de los casos una sola variable independiente no sirve para predecir el comportamiento de una variable dependiente, por lo cual se necesita del aporte de otras variables independientes, así mismo cuando se crea un modelo a partir de un conjunto de variables para poder estimar el valor de una variable de respuesta, es cuando se aplica la regresión múltiple, que no es más que el resultado de diversas variables y su efecto en una sola variable dependiente (Valle 2018).

Por ello todos los modelos de regresión múltiple creados a partir de una base de datos, pueden representarse por medio de la siguiente ecuación general:

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1+ \beta_2X_2 + \beta_nX_n$$

En la ecuación que se muestra, se puede observar que Y viene siendo dada por una cantidad de K que representa las variables independientes que a su vez están acompañadas de un coeficiente β , que nos indica el peso o el grado de influencia que cada una de las variables independientes tiene sobre el valor Y, además de contar con un valor β_0 que representa una variable aleatoria, dicha variable es utilizada para representar lo que los coeficientes de las variables no pueden explicar dentro del modelo (Levine y Rubin 2004).

L. Relación del pH y la temperatura con el biogás

Tomando el pH como una variable independiente ésta tiene efecto sobre la digestión anaerobia, ya que, con valores cercanos a la neutralidad, presenta mejores condiciones en la producción de metano, y en el caso contrario al reflejar un incremento o decreciente, se genera una menor producción de dicho gas, requiriendo así un mayor tiempo de asimilación de la materia orgánica por parte de los microorganismos lo cual implica prolongar el tiempo de retención (Parra 2014).

Piedrahita (2000) expresa que, se presenta una relación casi directa entre la producción de biogás y la temperatura, lo cual se considera importante ya que, se debe de procurar mantener un microclima cálido dentro del biodigestor, para mantener de esta forma una tasa de producción de biogás alta.

M. Producción volumétrica de CH₄

Es importante comprender la cinética de la fermentación del metano (CH₄) para diseñar y operar sistemas óptimos. Las ventajas del modelo desarrollado por Giacomo *et al.* (2014), modificado del modelo propuesto por Hashimoto y Chen (1981), hace referencia a que los parámetros cinéticos (la tasa máxima de crecimiento de los microorganismos y la constante de media velocidad) tienen connotaciones deterministas que describen los procesos microbianos, y el modelo puede predecir las condiciones en las cuales ocurre la actividad biológica máxima y cuando ésta cesa.

Para llevar a cabo la estimación concerniente a la generación de metano CH₄ que es producido por los biodigestores, a continuación, se muestra el modelo de Contoin mediante el uso de la ecuación general modificada de Giacomo *et al.* (2014).

$$Y_p = B^0 SV^0 \left[1 - \frac{k}{\theta \mu_m - 1 + k} \right] \times \left[\frac{\dot{m}_{\text{estiércol}}}{\rho_{\text{estiércol}}} + \frac{\dot{m}_{\text{agua}}}{\rho_{\text{agua}}} \right]$$

Y_p : Tasa de producción volumétrica de metano (m³ CH₄/d).

B^0 : Rendimiento último de metano (m³ CH₄/kg SV).

SV^0 : Concentración inicial de sólidos volátiles (kg SV/m³).

K : Parámetro cinético (adimensional).

θ : Tiempo de digestión (d).

μ : Velocidad específica máxima (1/d).

$\dot{m}_{\text{estiércol}}$: Tasa de estiércol (kg/d).

$\rho_{\text{estiércol}}$: Densidad de estiércol (kg/m³).

\dot{m}_i : Tasa de agua (kg/d).

ρ : Densidad del agua (kg/m³) = 1,000 kg/m³

De acuerdo a Giacomo *et al.* (2014:32), "una vez que se conoce la tasa de producción volumétrica de metano, la tasa de producción volumétrica de biogás puede ser calculada

teniendo en cuenta el porcentaje de metano en el biogás, dependiendo del estiércol que haya sido utilizado".

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 General

1. Realizar la caracterización del funcionamiento de los biodigestores ubicados en el área de producción animal de la ENCA.

2.3.2 Específicos

1. Medir la concentración de los gases CO, H₂S, CH₄ y O₂ generados por los biodigestores y su comportamiento en el tiempo.
2. Establecer la relación que existe entre las concentraciones de los diferentes gases con respecto al pH y la temperatura interna de los biodigestores a lo largo del periodo de enero a mayo del 2018.
3. Determinarla calidad del efluente según los parámetros establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 y el Acuerdo Ministerial 105-2008.
4. Elaborar y presentar un plan de gestión para el manejo de los biodigestores.

2.4 METODOLOGÍA

2.4.1 Determinación de la concentración de biogás

Se llevó a cabo el monitoreo de los diferentes gases que conforman el biogás generado por los biodigestores que se encuentran ubicados en la granja porcina dentro de la ENCA. La concentración de los diferentes gases se determinó con la ayuda del instrumento Dräger X-am 2500.

1. El instrumento se calibró antes de comenzar el monitoreo a temperatura ambiente.
2. El Dräger X-am 2500, se colocó dentro del kit de muestreo remoto al cual se le adaptó una sonda que se introdujo dentro de la válvula de alivio del biogás.
3. El Dräger se encendió automáticamente y empezó a realizar la medición de gases.
4. Se realizó el monitoreo de los gases CH₄, O₂, H₂S y CO.

La periodicidad con la que se realizó la determinación de la concentración de los gases antes mencionadas, fue de dos veces por semana en diferentes horas del día para conocer la variación de los gases, luego se realizó un promedio de cada uno de los gases para obtener la concentración dos veces por semana.

Se procedió a anotar los datos del muestreo en una hoja (anexo 1). Los gases monitoreados fueron analizados con base en los rangos establecidos por el Dräger X-am 2500. Así mismo la temperatura y el pH fueron determinados *in situ* con el uso de instrumentos digitales proporcionados por el laboratorio de Suelo, Planta y Agua de la ENCA y al igual que los gases, se monitorearon dos veces por semana.

2.4.2 Determinación de la dependencia del pH y la temperatura con respecto al comportamiento de los gases CH₄, O₂, H₂S y CO

Se llevó a cabo la determinación de la dependencia de los factores de pH y de temperatura interna con respecto a los gases monitoreados en los biodigestores, para ello se realizó un análisis estadístico por medio de un software, utilizando la opción de regresión lineal múltiple.

2.4.3 Gráficas del comportamiento del biogás

Se hicieron gráficas de los datos obtenidos del monitoreo realizado por cada mes, esto con la finalidad de realizar una comparación de la generación mensual de cada gas evaluado.

2.4.4 Estimación de CH₄

Con el fin de calcular la tasa volumétrica de producción de biogás, se utilizó la ecuación general desarrollada por Giacomo *et al.* (2014), la cual fue adaptada de la ecuación general de Hashimoto y Chen (1981).

Cada una de las variables de la ecuación se calculó por medio de las siguientes fórmulas:

A. Estimación de la velocidad específica

$$\mu_m = 0.013 (T) - 0.129$$

μ_m : Velocidad específica máxima (1/d).

T : Temperatura (°C) $20 \leq T \leq 60$.

B. Tiempo de digestión

$$\theta = 122,16e^{-0.05(T^{\circ}C)}$$

θ : Tiempo de digestión (d).

T : Temperatura ($^{\circ}C$).

C. Parámetros cinéticos

La producción de sólidos volátiles fue evaluada en el laboratorio de "Unidad de Análisis Instrumental" que se encuentra ubicado en la facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El valor de sólidos volátiles obtenido fue mayor a 58.6 kg/m^3 , por lo que el parámetro cinético utilizado fue el de $0,0866SV_0 + 4,2755$.

Si $SV_0 \leq 58,60 \text{ kg/m}^3$. $k = 0$.

Si $SV_0 > 58,60 \text{ kg/m}^3$. $k = 0.0866SV_0 + 4.2755$.

La tasa de producción volumétrica de metano Y_p , se determinó con base en la ecuación que se muestra a continuación:

$$Y_p = B^0SV^0 \left[1 - \frac{k}{\theta\mu_m - 1 + k} \right] \times \left[\frac{\dot{m}_{\text{estiércol}}}{\rho_{\text{estiércol}}} + \frac{\dot{m}_{\text{agua}}}{\rho_{\text{agua}}} \right]$$

2.4.5 Determinación de la funcionalidad de los biodigestores

La determinación de la funcionalidad de los biodigestores como un sistema de tratamiento para los desechos provenientes de la granja porcina, se realizó con base en las directrices establecidas en el Acuerdo Gubernativo (236-2006) y el Acuerdo Ministerial (105-2008), emanadas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

A. Caracterización de los biodigestores

Se delimitó el área de influencia, la cual se encuentra establecida por toda la granja y un costado de ella, ya que allí se encuentran los biodigestores, así mismo se tomó una porción más de área con la finalidad de evaluar hacia donde encausaba el efluente.

Se obtuvo información de las características de los biodigestores a través de:

- Revisión de información secundaria: con la recopilación de esta información se pudo establecer el parámetro de diseño y construcción de los biodigestores. Esta información se obtuvo a través de la revisión de los planos arquitectónicos proporcionados por la Unidad de Proyectos de la ENCA, además se revisaron documentos técnicos, hojas de cálculo y todos los elementos relacionados.
- Visitas de campo: se realizaron visitas al área, las cuales permitieron corroborar datos establecidos en los registros y se obtuvo información de aquellos aspectos de los cuales no se tenía ningún registro.
- Obtención de información primaria: se realizaron entrevistas a todos los trabajadores de la granja, esto con el propósito de recolectar datos de interés sobre el funcionamiento de los biodigestores, y aspectos relacionados. Estas entrevistas se realizaron con la metodología establecida por (Arias 2006).

B. Toma y transporte de muestras

La toma de muestras se realizó con base en lo señalado en el "Capítulo II Toma de Muestras de Aguas Residuales, Aguas para Reuso y Lodos" correspondiente al Acuerdo Ministerial (105-2008) "Manual General del Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos", donde se estableció una toma de muestra simple con base en los siguientes criterios contenidos en el acuerdo antes mencionado:

- a) El efluente presentó descargas discontinuas de corta duración.
- b) El líquido estaba homogenizado.
- c) El efluente de los biodigestores presentó un periodo de retención superior a la duración de horas por día de operación.
- d) El efluente se examinó para determinar la presencia de compuestos que afectan significativamente la calidad de las aguas.
- e) Las condiciones de las aguas fueron relativamente constantes, es decir, homogéneas y bien mezcladas durante el periodo de descarga.

Para la toma de muestras de grasas y aceites se utilizó un recipiente de vidrio a fin de evitar las adherencias a las paredes internas del recipiente. En el caso de coliformes fecales se utilizó un recipiente estéril, así mismo, se utilizaron guantes para evitar el contacto directo con las aguas residuales con base al Acuerdo Ministerial (105-2008). Para los demás parámetros se utilizaron recipientes de plástico (polietileno) de 750 ml establecido según (APHA 1975).

Las muestras se conservaron en una hielera a temperatura constante desde su toma hasta su recepción en el laboratorio, esto con la finalidad de crear condiciones que disminuyeran la actividad biológica, la volatilización o disolución de gases y/o sustancias orgánicas.

Todas las muestras se entregaron el mismo día de su toma y cada una debidamente identificada con una etiqueta que llevaba los datos que muestra la figura 5.

Muestras	
a.	Datos generales de la muestra.
b.	Fecha y hora de toma de muestra.
c.	Nombre de la entidad responsable que efectuó la toma de muestra.
d.	Tipo de muestra.
e.	Método de conservación.
f.	Análisis requerido.
g.	Determinaciones realizadas en el lugar (<i>in situ</i>).
h.	Caudal.
i.	Información complementaria.

Fuente: elaboración propia 2018.

Figura 5. Etiqueta para muestras.

C. Análisis de muestras

El único análisis *in situ* realizado fue el de temperatura, los demás estudios de las muestras fueron realizados por los laboratorios siguientes: a) Laboratorio de Investigación Química y Ambiental (LIQA), b) Unidad de Análisis Instrumental, y c) Laboratorio Microbiológico de Referencia (LAMIR), pertenecientes a la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

D. Análisis de la información

La interpretación de los datos se llevó a cabo bajo un criterio analítico, tomando como base la comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio, con los parámetros establecidos por el Acuerdo Ministerial (105-2008).

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 Estimación de la concentración de los gases CO, H₂S, CH₄ y O₂ generados en los biodigestores

Con la implementación de los biodigestores en el año 2013 se potenció la generación de biogás, con lo cual se buscaron alternativas para su aprovechamiento dentro de la granja porcina ubicada dentro la ENCA.

En la figura 6 se pueden observar los diferentes pasos que se realizan para llevar a cabo el tratamiento de la excreta porcina, la cual es conducida hacia la separadora de sólidos donde la parte líquida es redireccionada hacia los biodigestores y la parte sólida hacia las áreas de compostaje.

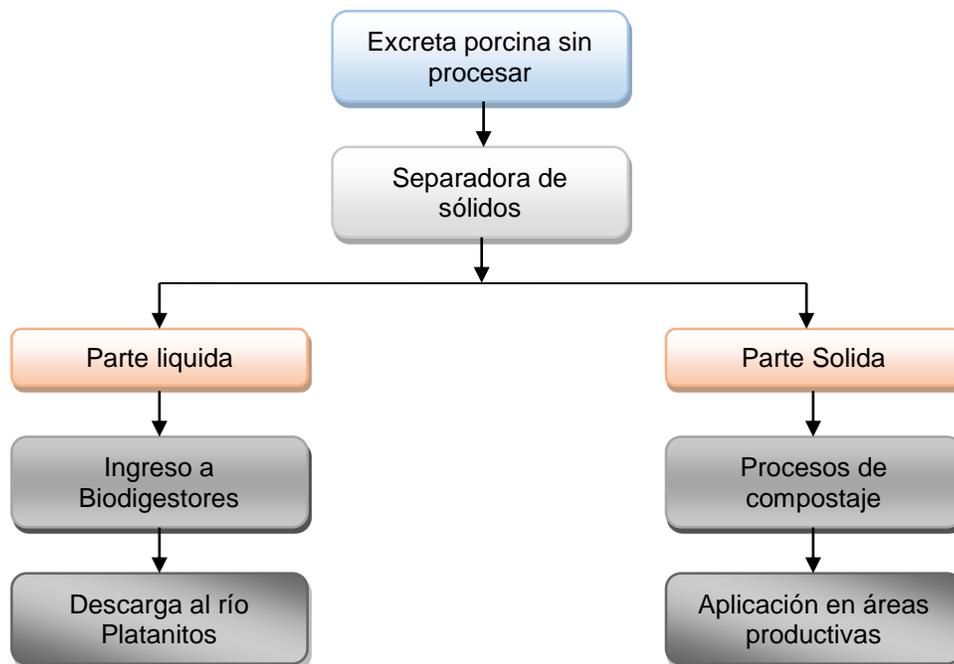


Figura 6. Diagrama de flujo de la separación líquida y sólida de la excreta.

Todos los desechos provenientes de la granja son direccionados al tanque rectangular de almacenamiento el cual posee una capacidad de 19.80 m³, en dicho tanque se depositan todos los sólidos que ingresan a los biodigestores. En la parte superior del mismo se acumulan grasas y natas a través de un flujo lento ascendente, su funcionamiento es específico para la contención de las deyecciones porcinas y el agua de lavado de las áreas de contención de dicha especie, con la finalidad de que este material sea transportado hacia el separador de sólidos mecánico.

La separadora de sólidos es un sistema mecánico que permite realizar la separación de los desechos que son generados dentro de la granja porcina, los purines son principalmente fluidos homogenizados, los cuales se bombean hasta el equipo que, a través de un método de separación mediante rejillas, realiza la separación de la fase sólida de la líquida, y ésta es transportada por el interior de un tamiz mediante un tornillo el cual es impulsado por un moto-reductor.

Ya realizada la separación de las fases sólidas y líquidas, la fase líquida es conducida hasta los biodigestores ubicados dentro del área de la granja. Los biodigestores poseen dos cámaras de digestión anaeróbica, dentro de las cuales se encuentran colocadas cuatro cápsulas de polietileno tanto para el depósito del material de desecho donde se lleva a cabo el proceso de digestión y por otra para el almacenamiento respectivo del biogás generado.

Estas dos cámaras se encuentran conectadas entre sí para poder brindar un mayor tiempo de retención y por ende una mejor estabilización de los contaminantes, luego de llevar cabo el proceso correspondiente toda el agua resultante es redirigida hacia el cauce del río Platanitos para su descarga final. Actualmente el biogás generado no es aprovechado dentro de la granja ya que no presenta las condiciones esperadas, para que éste sea inflamable.

Uno de los factores determinantes para la generación de biogás es el metano (CH₄), el cual debe de presentar un porcentaje aproximado entre el 50 % al 70 % (Martínez 2011). Como puede observarse en los resultados obtenidos, el biogás generado presenta una

concentración mínima del 26.16 % de CH₄ durante el mes de febrero y una concentración máxima del 55.26 % de CH₄ durante el mes de mayo, lo cual nos da un panorama general del comportamiento de dicho parámetro durante los meses en los cuales se realizó el monitoreo.

El CH₄ evaluado durante los meses de enero, febrero y marzo presentaron los porcentajes más bajos, esto nos indica que existe una disminución significativa de la calidad del biogás durante este periodo, ya que, se ven afectadas directamente sus propiedades caloríficas (Martínez 2011).

Los resultados obtenidos durante los monitoreos realizados en los meses de abril y mayo muestran un incremento de la concentración de CH₄, dando lugar a que este se encuentre dentro del rango indicado de generación según los autores Martínez (2011), BESEL (2007), Quipuzco y Baldeón (2011). Los resultados también muestran un aumento en la producción de biogás durante los meses antes mencionados, esto se debe a que son los meses más calurosos del año lo que favorece el incremento de la temperatura dentro del biodigestor.

La temperatura efectiva según Pérez (2010), es de 37 °C, el cual está dentro del rango mesofílico, ya que la actividad y el crecimiento de las bacterias disminuye aproximadamente un 50 % por cada 10 °C por debajo de 35 °C. El sistema mantuvo una temperatura interna entre 17 °C a 29 °C durante los meses que se realizó el monitoreo, manteniendo el sistema por debajo del rango de temperatura mesofílica, lo cual no permitió un crecimiento óptimo de los microorganismos que aceleran el proceso de digestión, viéndose reflejado en un incremento parcial de la producción de biogás durante los meses que presentaron un incremento en la temperatura, ya que las tasas de crecimiento y reacción aumentan conforme el rango de temperatura lo hace (Baten 2013).

A continuación, en los cuadros 14 se presentan las diferentes concentraciones de los gases monitoreados durante el periodo correspondiente al mes de enero a mayo.

Cuadro 14. Parámetros evaluados durante los meses de enero a mayo.

Parámetros	CH ₄ (vol. %)	O ₂ (vol.%)	CO ppm	H ₂ S ppm	pH	T °C interna
Enero	38.93947	0.153544	19.64	13.42	6.76	21
	37.37144	0.122999	17.97	10.88	7.07	19
	40.89951	0.137752	18.48	14.12	6.94	20
	33.05935	0.114845	15.13	12.39	6.60	18
	29.44545	0.110895	16.01	10.49	6.52	18
Febrero	26.16221	0.19447865	12.61	9.36	6.53	17
	27.02053	0.11213785	14.26	10.69	6.08	19
	38.57727	0.09006719	15.78	12.92	7.25	18
	28.46845	0.12946758	13.45	11.85	6.85	17
	34.39613	0.14721364	14.70	11.85	7.01	19
	40.19128	0.17397985	15.18	13.85	7.02	19
	39.56250	0.08449784	16.91	12.64	7.21	20
Marzo	37.08211	0.094201	15.85	13.78	7.28	21
	42.12782	0.146535	18.01	12.52	7.14	20
	40.14021	0.084316	17.16	13.84	7.37	22
	40.22177	0.139557	17.19	11.86	7.21	21
	39.40434	0.181408	16.84	13.58	7.12	20
	41.44998	0.083742	17.72	15.29	7.43	23
	44.74781	0.093038	19.13	14.43	7.32	26
Abril	42.55602	0.207234	18.16	16.67	7.25	21
	46.01609	0.194432	19.67	15.86	7.26	23
	44.85635	0.184839	19.17	15.46	7.11	20
	43.93622	0.156826	18.75	15.14	7.56	22
	47.69661	0.189631	20.34	16.44	7.15	25
	45.31641	0.157626	19.37	15.62	7.14	23
	47.21739	0.181634	20.18	16.28	7.35	26
	51.98736	0.147224	22.13	17.92	7.23	28
	49.22554	0.169707	20.04	16.32	7.13	22
Mayo	51.78986	0.119216	19.14	17.85	7.11	23
	52.27387	0.175318	19.35	18.02	7.12	25
	52.40275	0.203368	18.40	18.06	7.09	22
	49.21749	0.130436	19.04	16.97	7.18	28
	51.45108	0.129565	20.20	18.74	7.15	26
	50.04809	0.145683	21.36	17.25	7.16	25
	51.05591	0.120619	20.83	16.60	7.14	24
	55.26582	0.210381	21.63	19.05	7.04	29

El Potencial de Hidrogeno (PH), parámetro que indica la concentración de iones H⁺, es un factor determinante que se encuentra estrechamente ligado a la generación de biogás, como puede observarse en los cuadros número 5 y 6, correspondientes al mes de enero y febrero,

dicho valor desciende hasta 6.08, lo cual se ve reflejado en el descenso del CH₄, esto según FAO (2011), se debe a que los microorganismos metanogénicos son muy susceptibles a variaciones de este parámetro y al producirse un descenso de este tipo el biogás generado tiende a ser muy pobre en metano.

United nations environment programme (1991), expresa que el biogás deja de ser inflamable cuando el contenido de metano es menor del 50 % y éste ya no puede aprovecharse de manera efectiva. Así mismo otras fuentes como la FAO (2011), también indica que aún puede ser inflamable si el contenido de metano es del 45 %.

2.5.2 Comportamiento de la concentración de los gases CO, H₂S, CH₄ y O₂ a lo largo del periodo de enero a mayo de 2018

Dentro de los biodigestores la producción de biogás no mantiene concentraciones constantes, esto se determinó con base en las mediciones realizadas durante los meses evaluados, se ha podido establecer que durante el mes de enero el porcentaje de metano presente en el biogás es muy bajo y decrece en el mes de febrero e incrementa en los meses posteriores.

La producción de biogás, corresponde entonces a las condiciones propias de cada uno de los factores que intervienen durante el desarrollo de los procesos metanogénicos, los cuales se influyen entre sí con el propósito de crear las condiciones ideales para un óptimo rendimiento. Durante el mes de mayo, puede verse claramente como el pH se mantiene dentro de los rangos 7.4 y 7.18, siendo el pH óptimo para cultivos mixtos de 6.8 a 7.4 según FAO (2011) de igual manera la temperatura interna se mantuvo entre 22 °C y 29 °C manteniéndose por debajo del rango mesofílico, lo cual se ve reflejado directamente en la generación CH₄.

Con base en los datos registrados se obtuvieron las medias mensuales de las concentraciones, las cuales fueron posteriormente graficadas para poder conocer las

diferentes fluctuaciones que se dan a lo largo de los meses, donde se puede observar un aumento de las concentraciones durante los meses de abril y mayo, ya que durante esta época se da un aumento en la temperatura interna dando lugar al crecimiento de microorganismos que aceleran los procesos metanogénicos y generan así una cantidad moderada de biogás con respecto los meses de enero, febrero y marzo (Bogotá *et al.* 2008).

Los resultados que se presentan a continuación en las figuras 7, 8, 9 y 10 indican que el proceso de degradación anaeróbica se encuentra por debajo del rango mesofílico según Pérez (2010), así mismo los demás parámetros se han adaptado para llevar a cabo los diferentes procesos de transformación química encontrándose en la fase acida y fase de fermentación (Hilbert 2006).

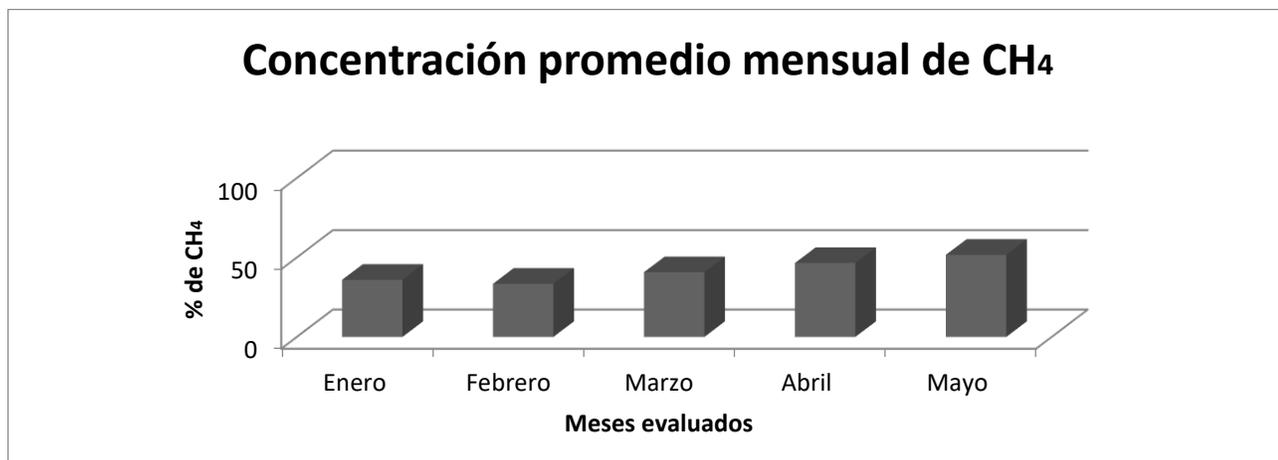


Figura 7. Comportamiento mensual de la concentración de CH₄.

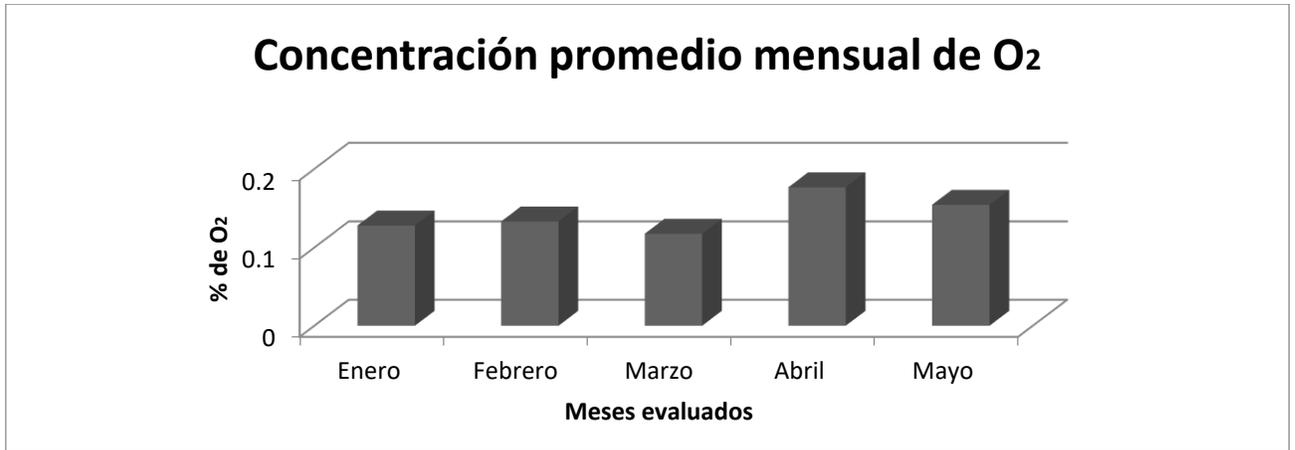


Figura 8. Comportamiento mensual de la concentración de O₂.

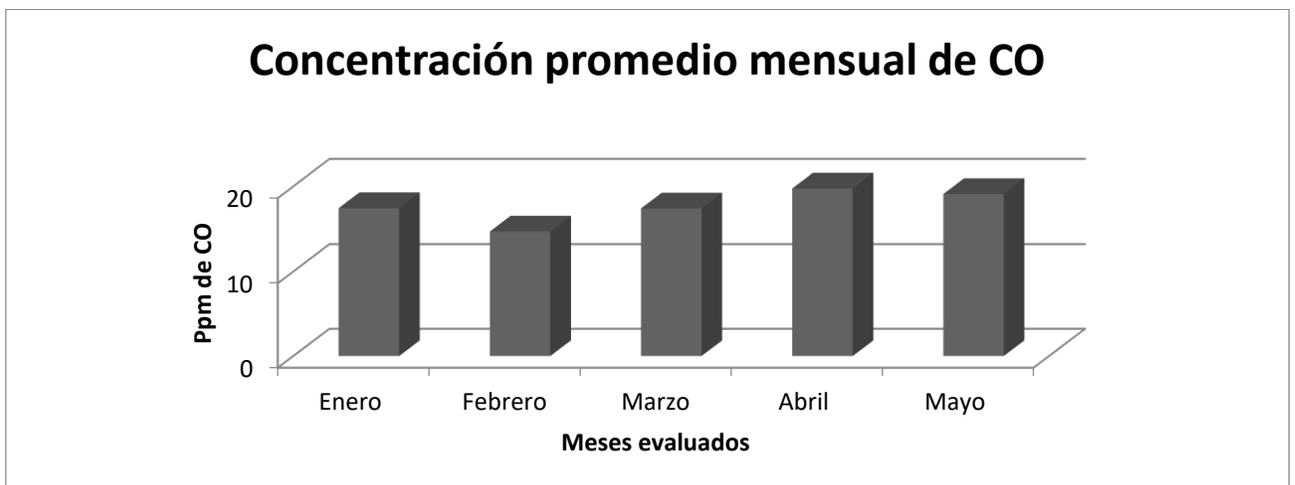


Figura 9. Comportamiento mensual de la concentración de CO.

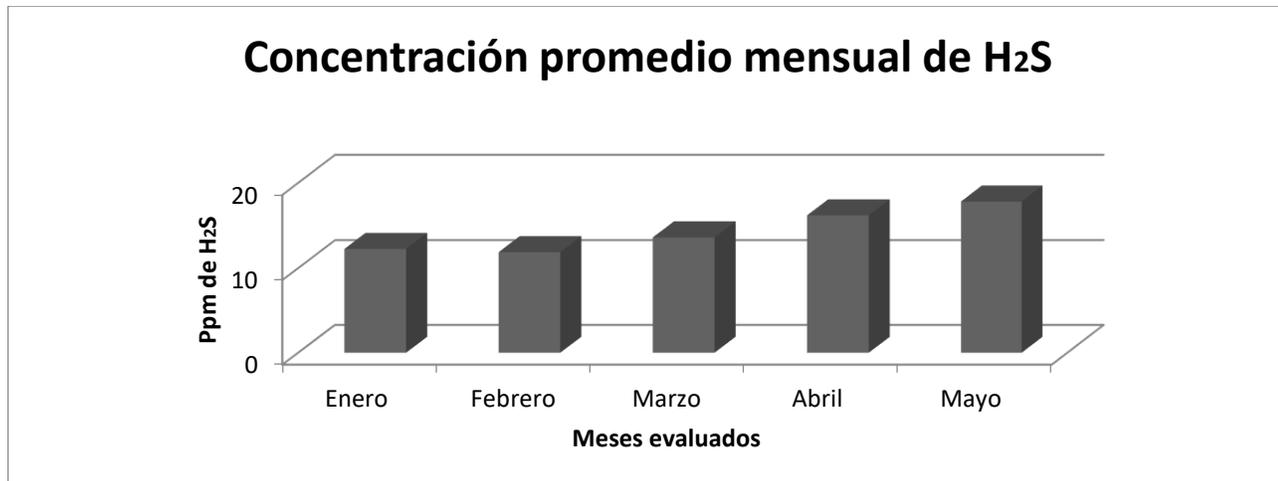


Figura 10. Comportamiento mensual de la concentración de H₂S.

Con respecto a los gases, CO y H₂S puede verse que existen variaciones significativas con respecto a sus concentraciones, esto se debe principalmente a que dichos parámetros se encuentran estrechamente ligados a las variaciones de temperatura y pH, por ello se puede observar que muestran un comportamiento similar al del metano (Tellez 2008).

2.5.3 Diferencias entre las concentraciones monitoreadas para cada uno de los gases referidos con respecto a los meses evaluados

La información fue analizada con ayuda de un software estadístico que contiene la opción de regresión lineal múltiple, esto con la finalidad de conocer la relación que existe entre los diferentes parámetros.

Considerando los valores obtenidos del monitoreo realizado con respecto a la temperatura interna del biodigestor expresado en grados centígrados y el potencial de hidrogeno (pH) como variables predictivas o independientes en acción múltiple de las diferentes variables dependientes (CH₄, O₂, CO y H₂S), se llevó a cabo un análisis de regresión múltiple para

entender la relación que existe entre los diferentes parámetros, con la finalidad de estimar el coeficiente de determinación R^2 y el coeficiente de correlación r .

El resumen del análisis que se muestra a continuación, expresa la relación entre las variables independientes de temperatura y pH en contraste con la producción de los diferentes gases que conforman el biogás.

En el cuadro 15 se muestra el análisis de regresión lineal múltiple correspondiente al CH_4 y en el cuadro 16 el coeficiente de regresión, así mismo se puede observar en las figuras 11 y 12 los diagramas de dispersión del comportamiento del metano con respecto a la temperatura y el pH.

Cuadro 15. Análisis de regresión lineal múltiple CH_4 .

Variable	N	R^2	R^2 Ajustado	Coeficiente de correlación múltiple
CH_4	11781	0.75	0.75	0.82

Cuadro 16. Coeficientes de regresión CH_4 .

Coeficiente	Valor estimado	Error estándar	p-valor
Constante	-52.15	0.92	<0.0001
Temperatura °C	1.61	0.01	<0.0001
pH	8.42	0.14	<0.0001

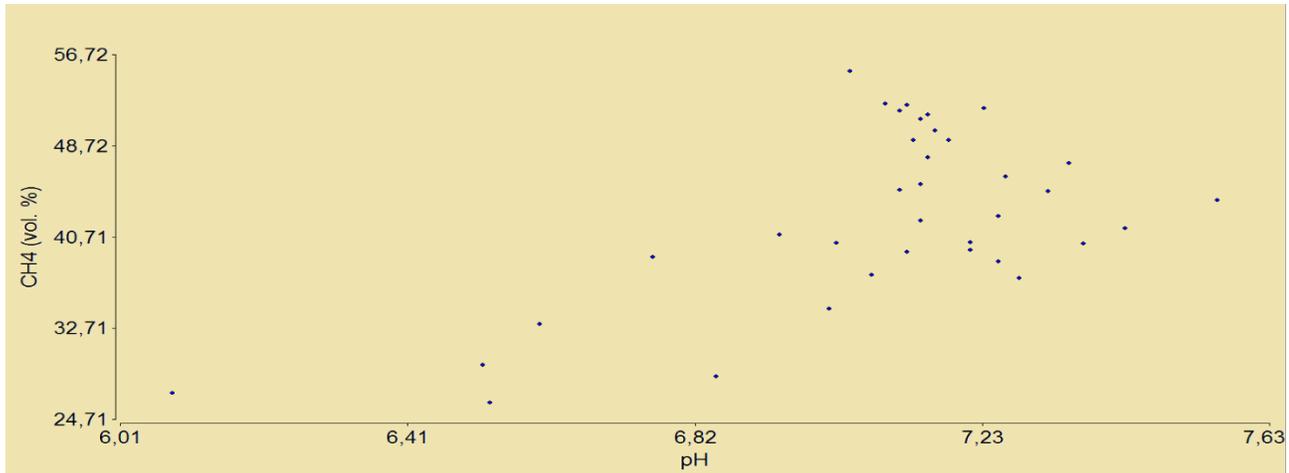


Figura 11. Diagrama de dispersión del comportamiento del CH₄ con respecto a la variación del pH.

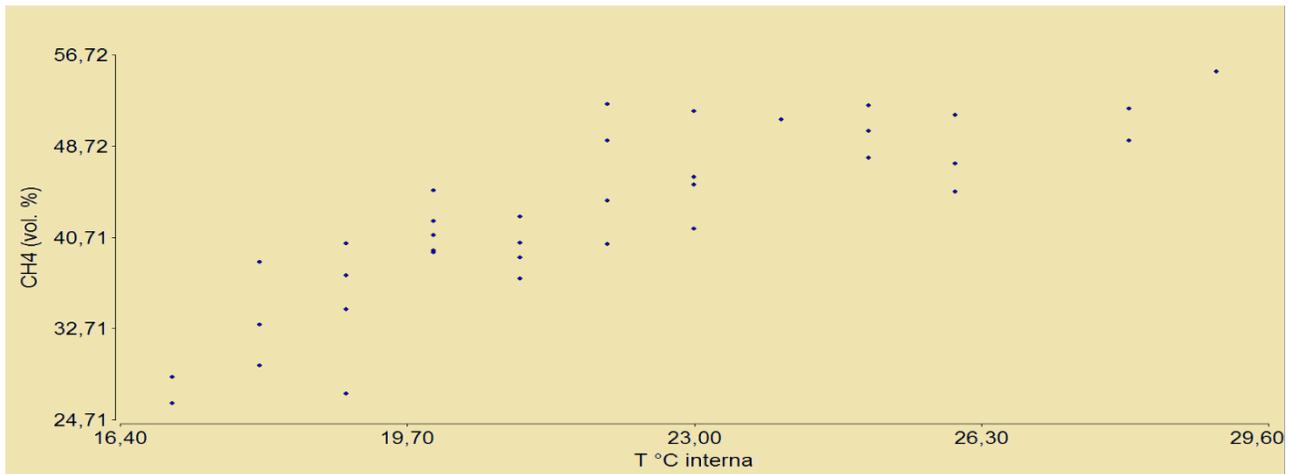


Figura 12. Diagrama de dispersión del comportamiento del CH₄ con respecto a la variación de temperatura.

El valor del coeficiente de correlación múltiple es de 0.82, lo cual nos expresa que la correlación entre el conjunto de variables predictivas (X1 y X2) y la de criterio (Y) es significativa según Díaz (2017) ya que, como indican Levine y Rubin (2004) si el coeficiente

de correlación se encuentra cercano a 1, entonces más fuerte será la asociación entre las variables, por ende dicho valor sugiere una asociación positiva sustancial entre la temperatura y el pH, con respecto a la generación de metano.

Levine y Rubin (2004) y otros autores tales como González *et al.* (2007), establecen que el coeficiente de determinación R^2 expresa la fuerza de relación entre variables, y mientras el valor se encuentre más cercano a 1, más fuerte será la relación. Tomando como base este concepto podemos decir que la variabilidad en el incremento o decreciente del porcentaje de CH_4 , puede ser explicado en un 75 %, con respecto a las variaciones de temperatura y pH.

Según Rojo (2007) nos indica que en general si el p-valor es menor de 0.05 es posible aceptar que el modelo de regresión es significativo, por tanto, como puede observarse el p-valor obtenido para el metano, el cual fue de <0.0001 , permite aceptar que el modelo de regresión planteado si es significativo.

También como puede observarse en los diagramas de dispersión, conforme aumenta la temperatura también lo hace el CH_4 , lo cual muestra una relación lineal entre las variables, de igual manera esto sucede con el pH con la diferencia que al alcanzar su punto máximo éste decrece (Berges 2005).

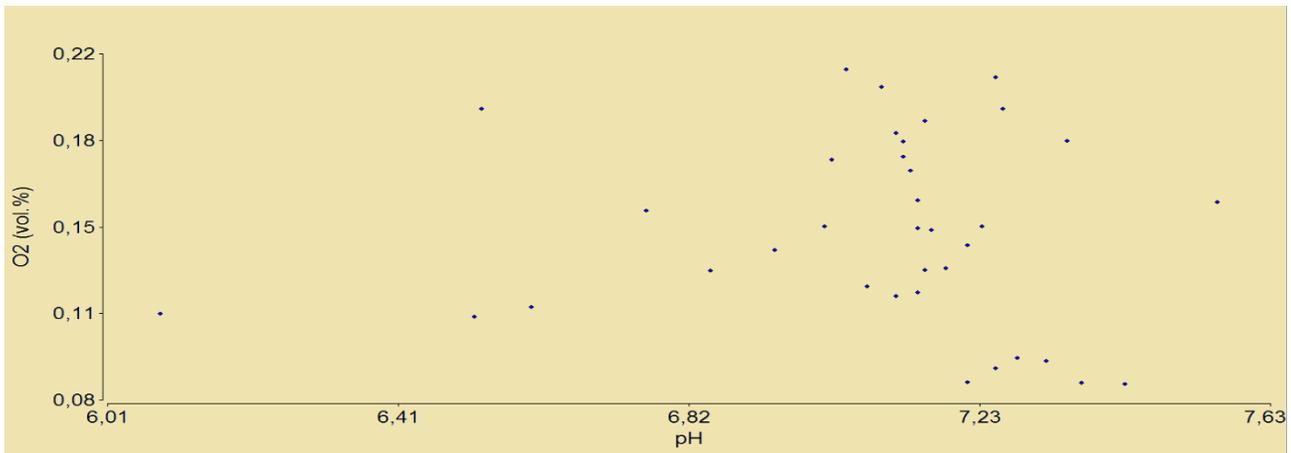
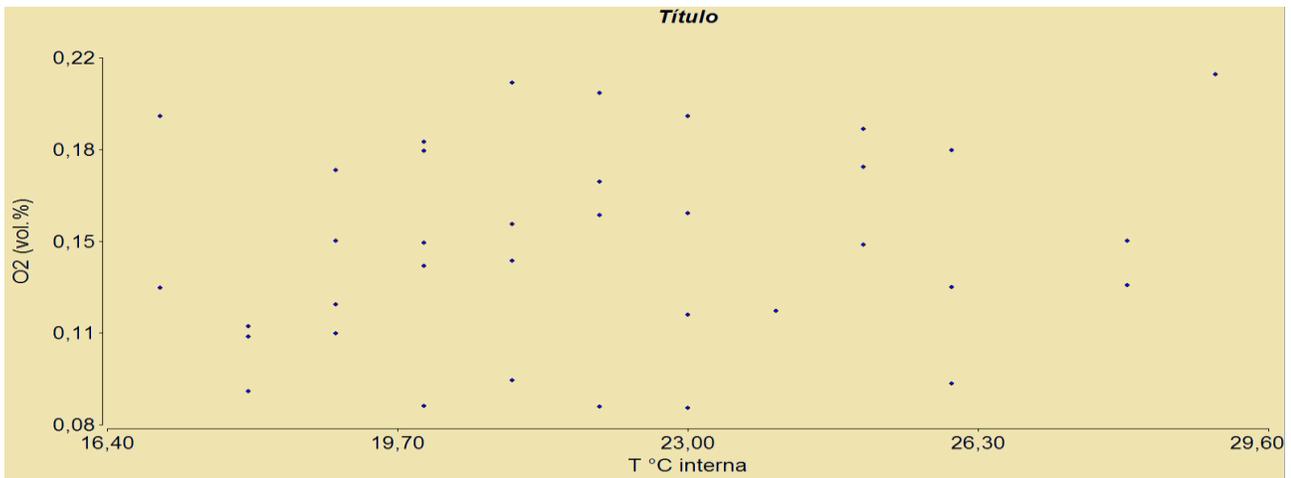
En el cuadro 17 se muestra el análisis de regresión lineal múltiple correspondiente al O_2 y en el cuadro 18 se puede observar el coeficiente de regresión, de igual manera los diagramas de dispersión se muestran en las figuras 13 y 14.

Cuadro 17. Análisis de regresión lineal múltiple O_2 .

Variable	N	R^2	R^2 ajustado	Coeficiente de correlación múltiple
O_2	11781	0.04	0.04	0.19

Cuadro 18. Coeficientes de regresión O₂.

Coeficiente	Valor estimado	Error estándar	p-valor
Constante	0.16	0.01	<0.0001
Temperatura °C	0.01	1 5E-03	<0.0001
pH	2 8E-03	1 3E-03	<0.0001

Figura 13. Diagrama de dispersión del comportamiento del O₂ con respecto a la variación del pH.Figura 14. Diagrama de dispersión del comportamiento del O₂ con respecto a la variación de temperatura.

El valor del coeficiente de correlación múltiple obtenido es de 0.19, lo cual nos expresa que la correlación no es significativa según Díaz (2017) ya que el valor se encuentra entre $0.00 \leq r \pm 0.20$. Como puede observarse el valor obtenido se encuentra muy por debajo del 1, por ende, dicho valor sugiere que no hay asociación sustancial entre la temperatura y el pH, con respecto a la generación de oxígeno diatómico (O_2) (Levine y Rubin 2004).

Tomando como base los conceptos de Gonzales (2007), Levine y Rubin (2004) podemos decir que la variabilidad en el incremento o decreciente del porcentaje de O_2 , no puede ser explicada por las variaciones de temperatura y pH. ya que el valor obtenido de 4 % se encuentra muy por debajo de 1, lo que indica que existe una mínima fuerza de relación entre variables. El p-valor obtenido fue de <0.0001 , por lo que, el modelo de regresión planteado si es significativo, tal y como lo expresa (Rojo 2007).

Al contrario de lo que sucede con el CH_4 , el O_2 no presenta un comportamiento gráfico definido, por lo cual se puede establecer que no existe una correlación entre estas variables (Berges 2005).

A continuación, en los cuadros 19 y 20 se puede observar el análisis de regresión lineal múltiple del CO y los coeficientes de regresión en las figuras 15 y 16. Así mismo en los cuadros 21 y 22 se puede observar el análisis de regresión lineal múltiple correspondiente al H_2S y en las figuras 17 y 18 se muestran los diagramas de dispersión.

Cuadro 19. Análisis de regresión lineal múltiple CO.

Variable	N	R ²	R ² ajustado	Coeficiente de correlación múltiple
CO	11781	0.60	0.60	0.75

Cuadro 20. Coeficientes de regresión CO.

Coeficiente	Valor estimado	Error estándar	p-valor
Constante	-3.66	0.35	<0.0001
Temperatura °C	1.60	0.05	<0.0001
pH	0.47	4 6E-03	<0.0001

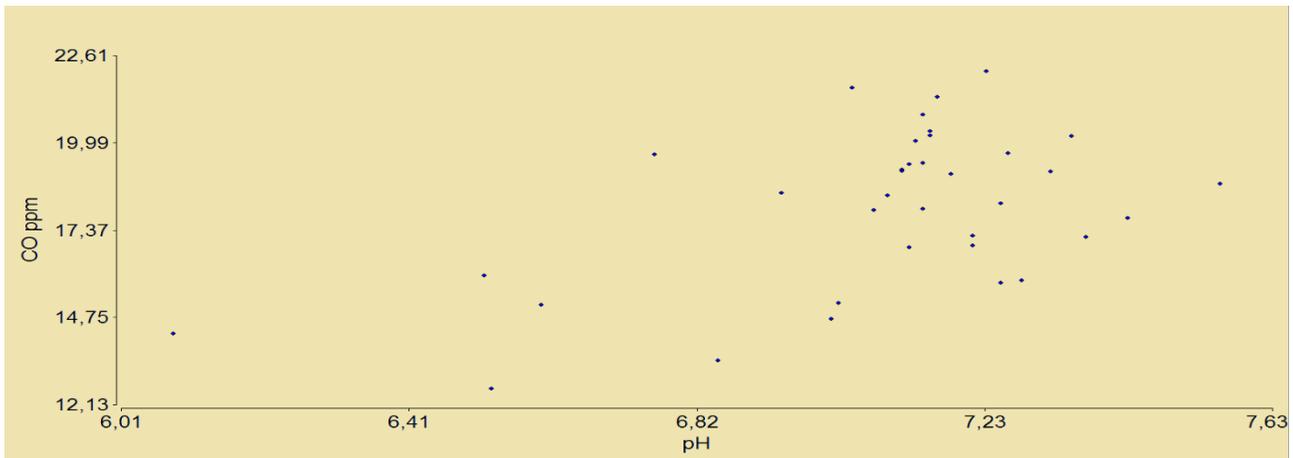


Figura 15. Diagrama de dispersión de comportamiento del CO con respecto a la variación de pH.

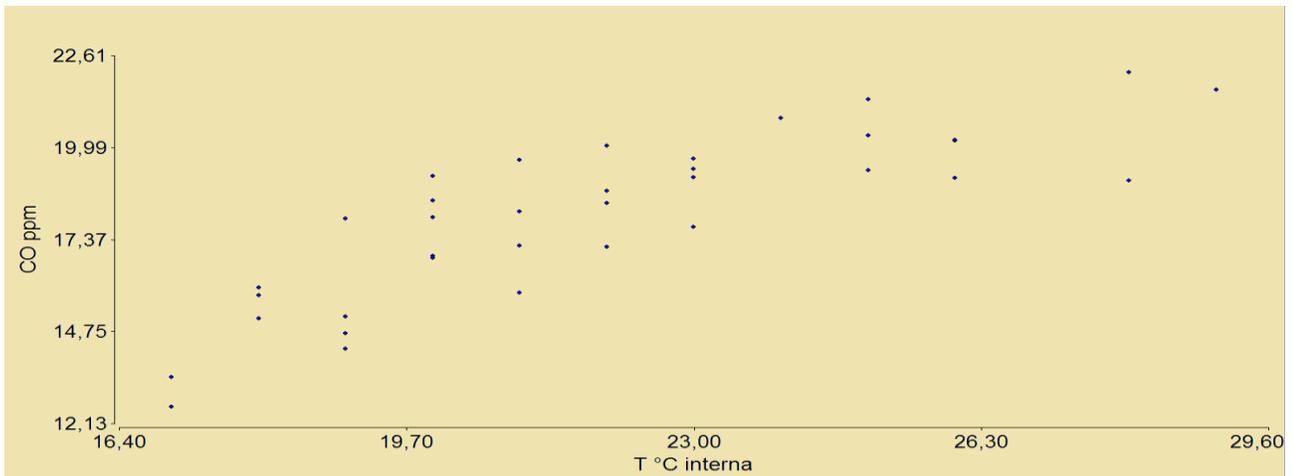


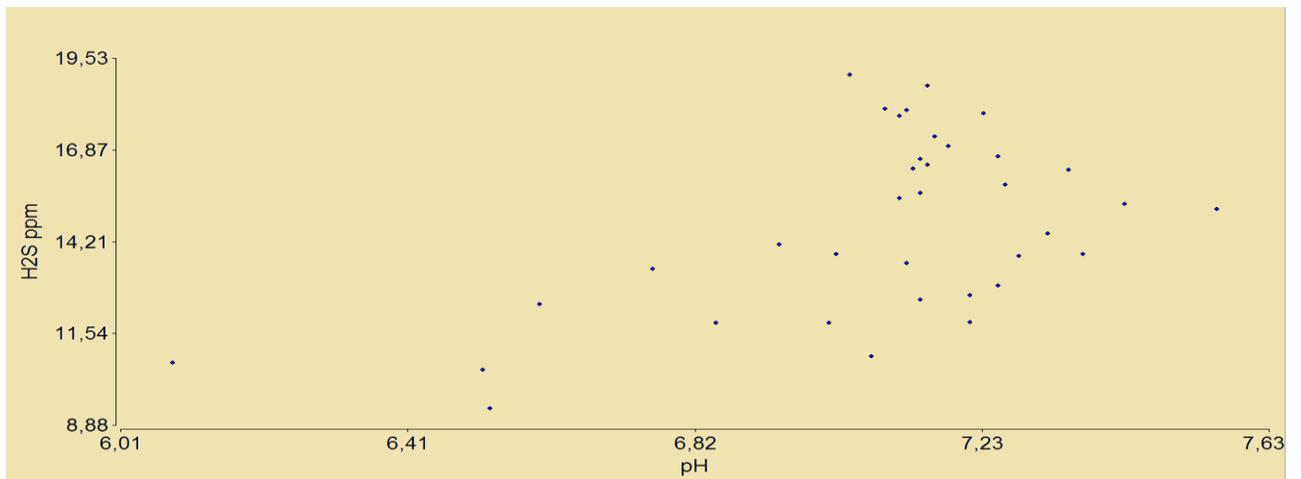
Figura 16. Diagrama de dispersión del comportamiento del CO con respecto a la variación de temperatura.

Cuadro 21. Análisis de regresión lineal múltiple H₂S.

Variable	N	R ²	R ² ajustado	Coefficiente de correlación múltiple
H ₂ S	11781	0.58	0.58	0.73

Cuadro 22. Coeficientes de regresión H₂S.

Coefficiente	Valor estimado	Error estándar	p-valor
Constante	-11.08	0.40	<0.0001
Temperatura °C	2.10	0.06	<0.0001
pH	0.49	0.01	<0.0001

Figura 17. Diagrama de dispersión del comportamiento del H₂S con respecto a la variación de pH.

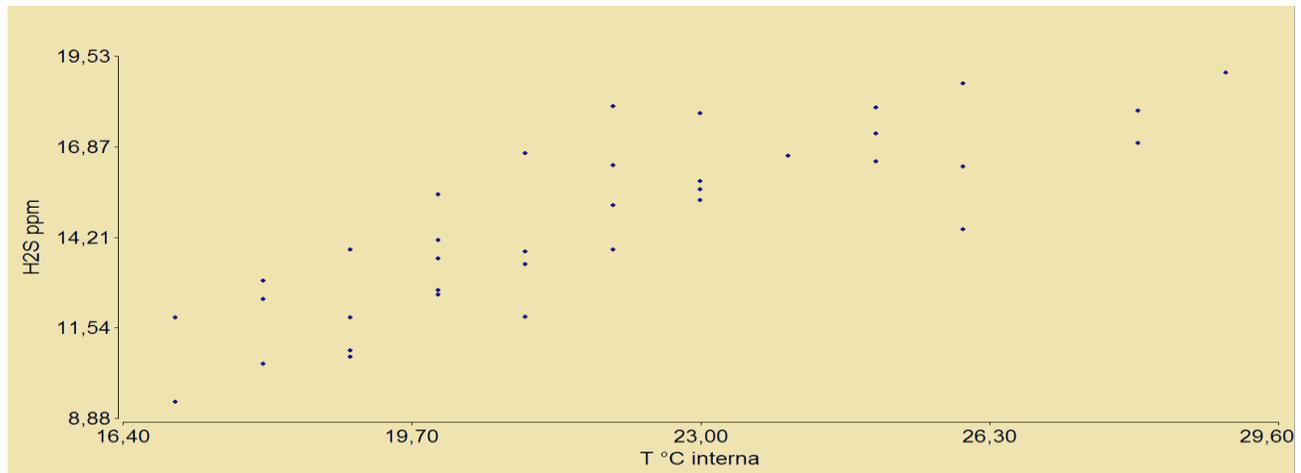


Figura 18. Diagrama de dispersión del comportamiento del H₂S con respecto a la variación de temperatura.

A diferencia del metano y el O₂, los gases de monóxido de carbono (CO) y ácido sulfhídrico (S₂H), presentaron un coeficiente de correlación múltiple de 0.75 y 0.73, lo que sugiere que existe una asociación sustancial positiva entre la temperatura y el pH con respecto a la generación de CO y H₂S. Además, presentaron un R² del 0.60 y el 0.58, por lo que podemos decir según Gonzales (2007), Levine y Rubin (2004) que la variabilidad en el incremento o decreciente de los porcentajes de CO y H₂S, pueden ser explicados en un 60 % y 58 % respectivamente, con respecto a las variaciones de temperatura y pH.

Así mismo el p-valor fue de <0.0001, por lo cual sí es significativo el modelo de regresión planteado, ya que el p-valor es menor de 0.05 (Rojo 2007).

Como se ve en las gráficas de dispersión, conforme aumenta la temperatura también lo hacen el CO y el H₂S, lo cual muestra una relación lineal entre las variables, de igual manera como sucede con el CH₄, estos gases aumentan al hacerlo el pH, pero al alcanzar su punto máximo éste decrece (Berges 2005).

Con base en los modelos de regresión es posible conocer como las variables de temperatura interna y pH si afectan la productividad del biogás dentro de los biodigestores ubicados en la ENCA. Para que la producción sea constante durante todo el año es crucial poder manipular los diferentes parámetros que afectan la generación del mismo, para que este pueda mantenerse en condiciones óptimas.

2.5.4 Estimación de la cantidad de metano producido por los biodigestores

A. Estimación de la velocidad específica

La temperatura promedio de la zona fue estimada en 22 °C, esto con base en los datos obtenidos del INSIVUMEH.

$$\mu m = 0.013 (22 \text{ }^{\circ}\text{C}) - 0.129$$

$$\mu m = 0.157 \text{ 1/d}$$

B. Velocidad específica máxima (1/d)

T : Temperatura ambiental (°C) $20 \leq T \leq 60$.

C. Tiempo de digestión

$$\theta = 122,16e^{-0.05 (T^{\circ}\text{C})}$$

$$\theta = 40 \text{ d}$$

θ : Tiempo de digestión (d).

T : Temperatura ambiental (°C).

D. Parámetros cinéticos

Los sólidos volátiles fueron estimados en el laboratorio de "Análisis Instrumental" ubicado en la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

$$SV_o = 62.5 \text{ g/L}$$

$$62.5 \frac{\text{g}}{\text{l}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 62.5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Si } SV_o \leq 58,6 \text{ kg/m}^3. \quad k = 0.$$

$$\text{Si } SV_o > 58,6 \text{ kg/m}^3. \quad k = 0.0866SV_o + 4.2755.$$

$$K = 9.69$$

E. Producción volumétrica de biogás

$$Y_p = B^0 SV^0 \left[1 - \frac{k}{\theta_{\mu m} - 1 + k} \right] \times \left[\frac{\dot{m}_{\text{estiércol}}}{\rho_{\text{estiércol}}} + \frac{\dot{m}_{\text{agua}}}{\rho_{\text{agua}}} \right]$$

Debido a que dentro del biodigestor se mantiene una carga constante de materia orgánica, el afluente que ingresa va desplazando al efluente en una proporción similar, con base en este principio se estimó la cantidad de estiércol que ingresa al sistema.

La separadora de sólidos que se ubica dentro de la granja posee un porcentaje de remoción de sólidos del 90 %. Partiendo de estos datos se realizaron los siguientes cálculos:

$$3.58 \text{ m}^3 \text{ de Afluente} * 0.10 \% \text{ de sólidos}$$

$$0.358 \text{ m}^3 \text{ de sólidos}$$

$$0.358 \text{ m}^3 \text{ de de solidos} * \frac{1140.9 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = 408.44 \text{ kg de solidos}$$

En el cuadro 23 se pueden observar los valores estimados que se utilizaran para determinar la cantidad metano por día.

Cuadro 23. Resumen de valores estimados.

Parámetro	Valor	Dimensional
Y_p :	--	$\text{m}^3 \text{ CH}_4/\text{d}$
B_0 :	0.29	$\text{m}^3 \text{ CH}_4/\text{Kg SV}$
SV_0 :	62.5	g/l
k :	9.69	Adimensional
θ :	40	d
μ_m :	0.157	1/d
$m_{\text{estiércol}}$:	408.44	kg/d
$\rho_{\text{estiércol}}$:	1140.9	kg/m ³
m_{agua} :	3.22	kg/d
ρ_{agua} :	1000	kg/m ³

$$Y_p = 0.29 * 62.5 \left[1 - \frac{9.69}{(40 * 0.157) - 1 + 9.69} \right] * \left[\frac{408.44}{1140.9} + \frac{3.22}{1000} \right]$$

$$Y_p = 2.30 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{d}$$

La producción estimada de metano fue de 2.30 m³ CH₄/d. Por lo tanto tomando como base la concentración de CH₄ más alta, la cual se registró en el mes de mayo con un 55.27 %, se puede decir que en promedio se producen 4.16 m³ de biogás al día, así mismo teniendo en cuenta que 1 m³ de biogás con una concentración de CH₄ del 60 %, en teoría puede producir

1.43 Kwh de energía eléctrica según Pérez (2006), se puede observar que durante los meses evaluados no se generó el suficiente metano para poder producir la cantidad de energía que se menciona anteriormente más sin embargo, el porcentaje de metano si es significativo ya que se encuentra por encima del 50 %, por lo tanto este ya presenta propiedades inflamables (United nations enviroment programme 1891).

La concentración del metano varía según los procesos de degradación que estén llevando a cabo los microorganismos, por ello es importante realizar un monitoreo constante de todos los aspectos involucrados en su generación.

2.5.5 Determinar la funcionalidad de los biodigestores como sistemas de tratamiento de aguas residuales

Los biodigestores pueden considerarse sistemas que permiten llevar a cabo el tratamiento biológico de aguas residuales. El efluente de un biodigestor puede ser considerado como contaminante, si las características de su calidad se han visto afectadas negativamente, por esto es necesario conocer los parámetros físicos y químicos que se deben de cumplir en conformidad con la ley vigente del país, si éste es vertido directamente en algún cuerpo de agua.

En la figura 19 se presenta la ubicación de los biodigestores, los cuales se encuentran dentro de la delimitación de la ENCA.

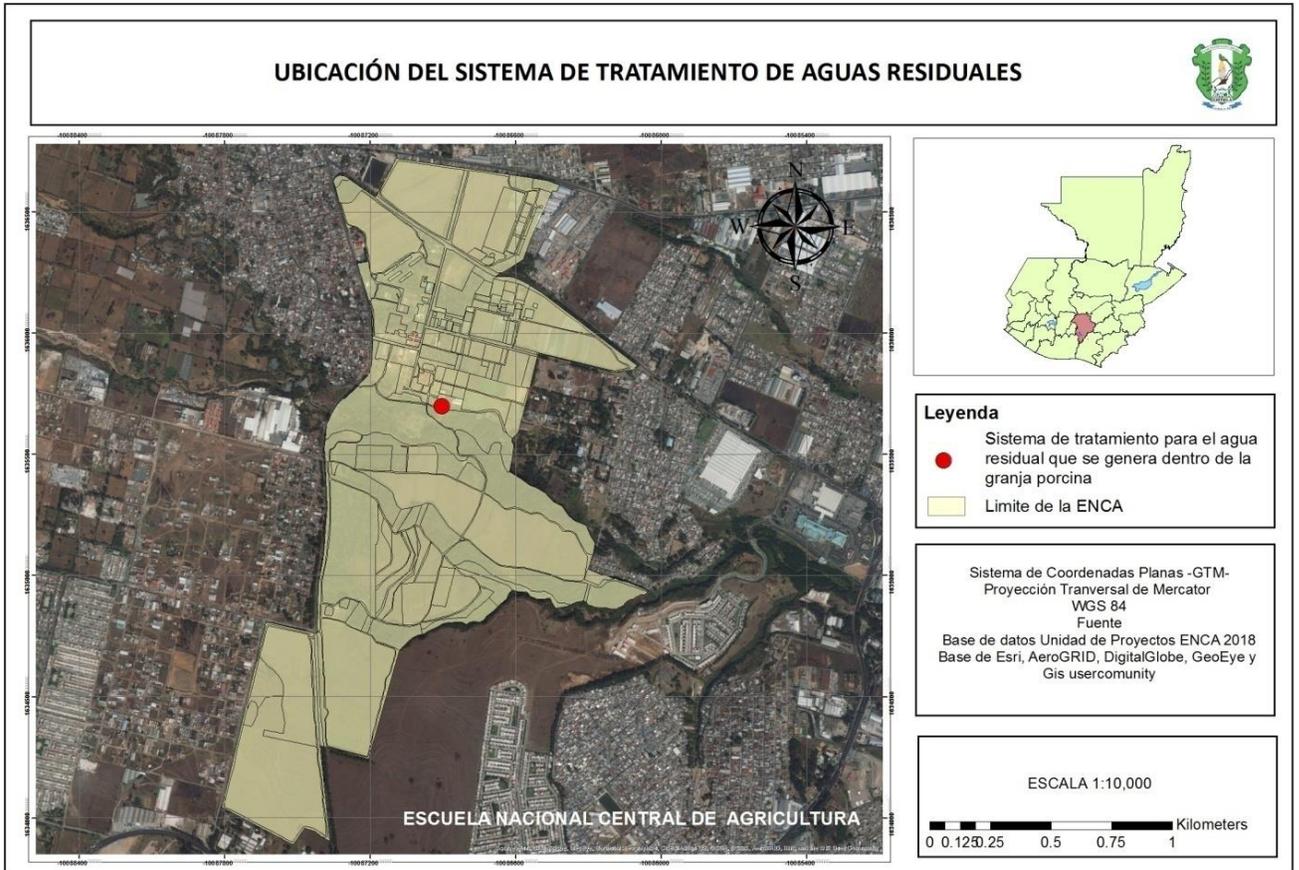


Figura 19. Ubicación georreferenciada del sistema de biodigestores.

Las coordenadas geográficas de los biodigestores pueden observarse en el cuadro 25, el cual se muestra a continuación:

Cuadro 24. Coordenadas geográficas del sistema de biodigestores.

Coordenadas geográficas	Dirección NORTE	Dirección OESTE
	14° 32' 04.0"	90° 36' 43.3"

A. Horario de descarga

Por la naturaleza de las actividades que se desarrollan dentro de la ENCA, las aguas residuales generadas por la granja son descargadas a través del efluente de los biodigestores durante las horas de 7:00 am a 2:00 pm los 365 días del año, sin embargo, cabe destacar que el caudal de descarga no es continuo ya que se utiliza una separadora de sólidos y ésta sólo funciona en el horario antes mencionado. Así mismo el flujo de agua depende de la cantidad de especímenes porcinos que se encuentren contenidos, teniendo en cuenta que no puede sobrepasar su capacidad de carga la cual se encuentra comprendida en 80 vientres y 290 entre desarrollo, destete, remplazo y engorde. El diseño contempla las horas pico desde las 9:00 am a las 11:00 am (Quill 2018).

B. Características de diseño

En el cuadro 25 pueden observarse las características del diseño constructivo de los biodigestores.

Cuadro 25. Especificaciones del diseño constructivo de los biodigestores ubicados en la ENCA.

Parámetros de diseño y construcción	
Aspectos constructivos	<ul style="list-style-type: none"> • Pozo rectangular de 9.54 m de longitud, 1.70 m de ancho y una altura de 1.90 m por cada biodigestor. • Cámaras para el ingreso y salida de materia orgánica, de 0.95 m de longitud y 1.70 m de ancho y posee de igual manera 1.90 m de altura. Éstas se encuentran colocadas hacia ambos extremos de los biodigestores. • Espesor de muros 0.14 m. • Cámaras de polietileno de 9.20 m de longitud y un radio de 0.85

Continuación cuadro 25.

<p>Aspectos constructivos</p>	<p>m cada una.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Losa de concreto de 3,500 PSI, proporción 1:2:2, con acero de grado 40 del No. 3 @ 0.15 en ambos sentidos y posee un espesor de 0.10 m para evitar infiltración. • Muros de block de 0.14 m X 0.19 m X 0.39 m de 35 kg y acabado en cernido remolineado. • Solera de block "U", concreto de 3,500 PSI, proporción 1:2:2, con acero grado 40 No. 3 más estribos No. 2 @0.20. • Columnas de costaneras dobles de 2 in X 4 in X 1/16 in sobre platinas de 4 in X 6 in X 1/8 in fijadas con pernos galvanizados de 3/8 in a la solera, con un acabado en anticorrosivo de 3 mils de pintura (dos capas). • Costaneras dobles de 2 in X 4 in X 1/16 in para estructura del techo, fijada con dos tornillos polser de 2 in. • Cubierta de lámina troquelada electro pintada calibre 26, sobre costaneras de 2 in X 4 in X 1/16 in. • Tubería PVC de 4 in y 80 PSI, para la conducción de la materia orgánica entre los biodigestores y su salida hacia su disposición final y tubería PVC de 1 in de 160 PSI para la conducción de biogás. • Bandas plásticas de 2 in de ancho, sujetas a la estructura de los techos.
-------------------------------	--

C. Caracterización del efluente

De conformidad con el análisis realizado por los laboratorios siguientes: a) Laboratorio de Investigación Química y Ambiental (LIQA), b) Unidad de Análisis Instrumental, y c)

Laboratorio Microbiológico de Referencia (LAMIR) ubicados en la facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se describen los resultados que se obtuvieron en los cuadros 26, 27 y 28, para las muestras del efluente obtenidas de los biodigestores.

Cuadro 26. Caracterización fisicoquímica.

Análisis	Dimensional	Resultados
Temperatura promedio	Grados Celsius	18
Grasas y aceites	Miligramos por litro	906.70
Material flotante	Ausencia/presencia	Presente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	228
Nitrógeno total	Miligramos por litro	15.80
Fosforo total	Miligramos por litro	4.70
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad pH	7.53
Color	Unidades PT - CO	294
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Miligramos por litro	915
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Miligramos por litro	372
Relación DQO/DBO ₅	----	2.46

Cuadro 27. Caracterización de metales.

Análisis	Dimensional	Resultados
Arsénico (As)	Miligramos por litro	0.086
Cadmio (Cd)	Miligramos por litro	ND
Cianuro (CN)	Miligramos por litro	ND
Cobre (Cu)	Miligramos por litro	ND
Cromo (Cr)	Miligramos por litro	ND
Mercurio (Hg)	Miligramos por litro	ND
Níquel (Ni)	Miligramos por litro	ND
Plomo (Pb)	Miligramos por litro	0.11
Zinc (Zn)	Miligramos por litro	0.029

Para efectos de interpretación del cuadro anterior, las siglas ND corresponden a “No Detectado”, esto se debe a que el equipo y metodologías empleadas para la detección de estos parámetros dentro del agua residual, solo reconocen los valores que se encuentran en el cuadro 28, y por debajo de éstos ya no pueden ser detectados.

Cuadro 28. Parámetros mínimos de detección para metales.

Análisis	Dimensional	LC
Arsénico (As)	Miligramos por litro	0.0005
Cadmio (Cd)	Miligramos por litro	0.0005
Cianuro (CN)	Miligramos por litro	0.01
Cobre (Cu)	Miligramos por litro	0.06
Cromo (Cr)	Miligramos por litro	0.0001
Mercurio (Hg)	Miligramos por litro	0.001
Níquel (Ni)	Miligramos por litro	0.15
Plomo (Pb)	Miligramos por litro	0.0001
Zinc (Zn)	Miligramos por litro	0.00002

Fuente: LAMIR, 2018.

Cuadro 29. Caracterización bacteriológica.

Análisis	Dimensional	Resultados
Coliformes fecales	NMP/100mL	2.2×10^6

D. Análisis y discusión de resultados de laboratorio

Como se puede observar, los biodigestores como sistema de tratamiento están obteniendo resultados satisfactorios en lo que respecta a su eficiencia, ya que, como se indica en el Acuerdo Ministerial 205-2008, la eficiencia estará dada por los niveles de remoción de los parámetros de aguas residuales de entrada al sistema, en comparación del efluente final, por ende como se puede observar si se están reduciendo las concentraciones de nitrógeno y fósforo total, pH, color y metales, lo que demuestra que se está realizando un manejo adecuado más no óptimo de los desechos provenientes de la granja porcina.

El sistema de biodigestores promueve la reducción de los contaminantes que se descargan hacia el río Platanitos. Con base en su funcionamiento se puede concluir que está trabajando de forma eficiente, ya que los resultados reflejan que el agua residual de la salida del sistema tiene mejores condiciones físicoquímicas y biológicas que el agua residual de entrada, sin embargo, su operación no es óptima.

Al evaluar los resultados obtenidos producto de los análisis efectuados en términos de DBO₅, DQO, coliformes fecales, temperatura, grasas, aceites y material flotante, es importante mencionar que actualmente no cumplen con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 propuestos para el año 2020. Con respecto a la acumulación de sólidos suspendidos se puede establecer que aún se encuentra dentro del rango de cumplimiento ya que el límite máximo permisible para el año 2015 se encontraba en 400 ppm o mg/l y para el año 2020 está en 150 ppm o mg/l, lo cual nos deja un rango permisible para su reducción progresiva a mediano plazo.

Por endela descarga del efluente cumple en su mayoría con los parámetros máximos permisibles, esto se debe al tratamiento previo a su descarga final, sin embargo, se tiene contemplado el establecimiento de acciones orientadas a la optimización, monitoreo y seguimiento, para una mejora continua y el cumplimiento de lo establecido en las leyes vigentes de nuestro país dentro del marco ambiental.

En el cuadro 30 se muestran los límites máximos permisibles de descargar de aguas residuales a cuerpos receptores.

Cuadro 30. Límites máximos permisibles.

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil once	Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro
			Etapas			
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 8	TCR +/- 9	TCR +/- 10	TCR +/- 11
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	10
Material flotante	Ausencia / presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fosforo total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Potencial de Hidrogeno (PH)	Unidades de potencial de hidrogeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien milímetros	$< 1 \times 10^8$	$< 1 \times 10^6$	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1

Continuación cuadro 30.

Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Miligramos por litro	500	300	250	150	100

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006.

E. Determinación de la carga orgánica

La granja genera una descarga de agua residual intermitente de 7 horas por día, con un caudal de 0.14 l/s, y una demanda bioquímica de oxígeno de 372 mg/litro.

Determinación del caudal:

$$\text{Caudal} = \frac{0.14 \text{ l}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} * \frac{7 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 3.58 \text{ m}^3/\text{día}$$

Determinación de la concentración:

$$\text{Concentración} = \frac{372 \text{ mg}}{\text{l}} * \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 0.37 \text{ kg/m}^3$$

Determinación de la carga orgánica:

$$\text{Carga} = (3.58 \text{ m}^3/\text{día}) * (0.37 \text{ kg/día}) = 1.30 \text{ kg/día}$$

Actualmente el efluente posee una carga orgánica de 1.30 kg/día, cumpliendo así con lo establecido en el modelo de reducción progresiva según el Artículo 17 del Acuerdo Gubernativo (236-2006). Por otra parte, la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno se encuentra por encima del límite que aplica para la etapa 3 de cumplimiento con 372 mg/l DBO₅.

El sistema de biodigestores se encuentra actualmente operando bajo los límites de la etapa 4, específicamente en el nivel de carga orgánica de $3000 \leq EG < 5,500$ por lo que se deberá implementar un monitoreo y seguimiento para mantener dicho parámetro dentro de estas condiciones (Artículo 17, Acuerdo Gubernativo 236-2006). Con base en los resultados anteriores, se puede determinar que el sistema está trabajando de forma eficiente, de igual manera, la ENCA deberá de implementar mejoras para mantener todos los parámetros dentro de los límites máximos permisibles de descarga hacia un cuerpo receptor (Capítulo VI, Acuerdo Gubernativo 236-2006).

F. Informe de resultados de la caracterización realizada

A continuación, en el cuadro 31 se presentan los resultados resumidos de los parámetros evaluados con base en lo establecido en el Acuerdo Gubernativo (236-2006).

Cuadro 31. Informe de resultados parámetros físicos, químicos y biológicos.

Parámetros físico químicos	
Temperatura (°C)	El resultado de la temperatura promedio <i>in situ</i> fue de 18 °C. Debido al sistema de tratamiento implementado dentro de la granja, las temperaturas varían según el proceso que se esté llevando a cabo con base a la actividad bacteriana, estas pueden variar entre un rango por debajo de 25°C hasta un máximo de 65°C. (FAO, 2011).
Grasas y aceites (mg/l)	La presencia de grasas y aceites puede provocar interferencia con la vida biológica en aguas superficiales creando películas y acumulaciones de materia flotante desagradables. (Jiménez, 2012). De acuerdo al análisis de laboratorio efectuado a las muestras, éstas dieron como resultado 906.70 mg/l, este valor se encuentra por encima del límite permisible.
Materia flotante (Ausencia/Presencia)	Se encontró material flotante en la medición de caudal y toma de muestras. Por lo cual se concluye que actualmente este parámetro si se encuentra presente en el efluente.
DBO ₅ (mg/l)	De acuerdo al análisis de laboratorio el resultado fue de 372 mg/l, este valor por el momento se encuentra por arriba del parámetro estándar límite de 100 mg/l.
DQO (mg/l)	La DQO del efluente es mayor con respecto al DBO ₅ , siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química. De acuerdo al análisis de laboratorio el resultado fue de 915 mg/l. (Del Ángel, 1994).

Continuación cuadro 31.

Relación DQO/DBO ₅ :	La relación DQO/DBO ₅ se encuentra comprendida en 2.46 mg/l.
Fósforo total (mg/l)	El resultado de la muestra fue de 4.70 mg/l, este valor se encuentra por debajo del parámetro estándar limite que es de 10 mg/l.
Nitrógeno total (mg/l)	De acuerdo al análisis de laboratorio el resultado fue de 15.80 mg/l, este valor se encuentra por debajo del parámetro estándar inicial de 20 mg/l y cumple el parámetro hasta 2024.
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	De acuerdo al análisis de laboratorio realizado, se encontraron coliformes fecales en 2.2×10^6 el cual se encuentra por encima del parámetro establecido.

G. Plan de gestión

En este Plan de Gestión de Aguas Residuales, se presentan las especificaciones requeridas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), que se establecen en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, tomando en cuenta las operaciones y acciones propuestas, con el objetivo de poder asegurar que los biodigestores operen dentro de las normas locales en el ámbito legal, técnico y ambiental.

Los parámetros críticos se encuentran comprendidos por; coliformes fecales, temperatura, grasas y aceites, material flotante, sólidos suspendidos, DQO y DBO₅ respectivamente, así mismo, puede observarse que si existe una reducción significativa entre el afluente y el efluente lo que indica que el sistema si es funcional, más sin embargó estos aún se encuentran por encima de los parámetros de cumplimiento establecidos en el Acuerdo

Gubernativo (236-2006), por lo que se deberán de buscar alternativas viables con el propósito de poder reducir progresivamente la concentración de dichos parámetros y así optimizar el tratamiento para disminuir la contaminación puntual del cuerpo receptor.

En el cuadro 32 se muestran los parámetros críticos presentes en el efluente del biodigestor.

Cuadro 32. Parámetros críticos.

ID	Parámetros	Dimensional	Resultados		Limite
			Afluente	Efluente	
1	Coliformes fecales	NMP/100mL	1.6×10^8	2.2×10^6	$< 1 \times 10^4$
2	Temperatura	Grados celsius	20	18	TCR +/-7
3	Grasas y aceites	Miligramos por litro	1780	906.7	25
4	Material flotante	Ausencia/presencia	Presente	Presente	Ausente
5	Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	332	228	150
6	DQO	Miligramos por litro	1,490	915	500
7	DBO ₅	Miligramos por litro	419	372	250

Es importante mencionar que con base en los análisis realizados se pudo establecer que solo siete parámetros de veinte no cumplen con los rangos establecidos para el año 2020, lo cual brinda un panorama general del tratamiento que se efectúa a los desechos generados dentro de granja.

Los biodigestores instalados muestran una eficiencia del 65 % con respecto al número de parámetros evaluados, por lo cual se concluye que el sistema que es utilizado actualmente es eficiente. Este deberá de someterse a mejoras de infraestructura civil para alcanzar un el punto óptimo donde se cumplan con los límites permisibles de todos los parámetros como lo establecen las leyes vigentes del país.

a. Mantenimiento del sistema

El sistema existente es sumamente práctico y ajustado a las condiciones propias de la ENCA y específicamente a las actividades que son desarrolladas en la granja porcina.

El presente sistema se construyó principalmente por su fácil manejo y operación, pero sobre todo por su baja susceptibilidad a variaciones de caudal y carga orgánica. La operación y mantenimiento del sistema puede ser manejado manualmente por un solo operador. Dentro del diseño se consideraron los rasgos culturales y la situación de desarrollo económico de la ENCA, así como las condiciones de los alumnos y trabajadores, por esta razón es que el sistema resulta de fácil operación y mantenimiento.

Sin embargo, es importante resaltar que la omisión de cualquier actividad relacionada con la operación, abandono o descuido en la misma, o cualquier descarga adicional a gran escala pueden provocar el colapso del sistema, ocasionando entre otras cosas, problemas de concentraciones anaeróbicas, que eventualmente se verán reflejadas en la contaminación puntual del área circundante.

Como parte de conservar el equipo, las estructuras y otros medios conexos en condiciones apropiadas para poder llevar a cabo las operaciones correspondientes, hay que tomar en cuenta que con un mantenimiento preventivo se pueden evitar las emergencias o descomposturas imprevisibles.

Básicamente el programa de mantenimiento consiste en lo siguiente:

- Conservar el sistema debidamente limpio y ordenado.
- Establecer un plan sistemático de las operaciones cotidianas.
- Establecer un programa rutinario de inspección.
- Llevar datos y registros de incidentes y condiciones operatorios deficientes.
- Observar las medidas sanitarias y de seguridad.

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

- **Personal requerido**

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

- **Equipo necesario**

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

Un rastrillo de mango largo para la recolección de los sólidos, un machete, dos cubetas de 5 gal, una carretilla de mano, dos palas, dos barretas, un azadón, dos piochas, waipe, escobas, mascarillas, guantes de hule, botas de hule y overol de trabajo.

- **Tanque de almacenamiento**

Se deberá dar mantenimiento a dicha estructura una vez por mes ya que, debido al espesor de la materia orgánica, puede provocar el atascamiento de la bomba, de igual manera se

deberá vaciar y pintar con dos manos de cal hidratada, esto con la finalidad de prolongar su tiempo de vida útil, al reducir la impregnación del material de desecho en las paredes con el objetivo de disminuir su corrosión.

- **Separador de sólidos y líquidos**

El separador debe ser limpiado periódicamente por el operador, una revisión diaria del tornillo es recomendable; sin embargo, el buen criterio del operador es fundamental para decidir en qué momento será necesario extraer los materiales gruesos acumulados en la rejilla giratoria y el tornillo. No obstante, se recomienda que la limpieza de las mismas sea una vez por mes.

Cuando el operador ha extraído los materiales retenidos por la rejilla y el tornillo, se debe dejarlos escurrir durante un tiempo prudencial, para posteriormente, retirarlos del área hacia un sitio de disposición final. De igual manera se deberá de realizar una inspección periódica de todo el sistema eléctrico una vez al año, para procurar que el funcionamiento sea el adecuado.

- **Cámaras**

Este es uno de los elementos principales del sistema, y en la parte interior de estos tanques se encuentran módulos o cámaras de polietileno, la primera de sedimentación y la segunda de almacenamiento de biogás. Sin embargo, a pesar que el elemento muestra características de alta resistencia a cualquier variación de caudal y cualquier incremento leve en la carga orgánica, éste necesitará una inspección de por lo menos una vez por semana, en la cual el operador verifique el buen funcionamiento de dicha unidad. Además, debe verificar en ese mismo período la concentración de lodos en el fondo del tanque de digestión y la cantidad de biogás acumulado, si dicha cámara presentase una acumulación excesiva, se tendrá que abrir la válvula de liberación.

El operador deberá usar mascarilla en todo momento debido a la toxicidad del biogás, así mismo inmediatamente luego de abrir la válvula tendrá que retirarse del sitio. De igual manera se deben de realizar inspecciones a las cámaras de polietileno para ver si éstas no presentan fuga o daños irreparables, de ser así estas tendrán que remplazarse por unas nuevas.

- **Elementos de PVC**

Dentro de los distintos elementos que constituyen el sistema, existen varios elementos de PVC que son imprescindibles para el correcto funcionamiento. Dichos elementos deberán ser inspeccionados periódicamente a efecto de constatar que no existen daños sobre los mismos.

Si alguno de estos elementos presentase daños, el operador deberá gestionar a la brevedad el reemplazo de los mismos.

- **Labores de mantenimiento diario**

- Revisar la caja de registro que se encuentra adjunta a la segunda cámara de tratamiento. Debe chequearse esta caja una vez por día y efectuar la extracción de bolsas plásticas, botellas u otros objetos que hubieran quedado atrapadas.
- Se deben de retirar las grasas y natas superficiales que flotan en la primera y segunda cámara. Deben chequearse estas cámaras una vez a la semana y efectuar la extracción de la grasa cuando sea necesario.

H. Monitoreo y evaluación interna de implementación del PGAR (Plan de Gestión de Aguas Residuales)

a. Seguimiento y vigilancia ambiental

La ENCA, deberá contratar un profesional, con el objetivo de coordinar y realizar un monitoreo ambiental general. El plan de monitoreo abordará aspectos de control y seguimiento de los parámetros establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 y se encontrará orientado a reducir dichos parámetros si éstos se encontrasen arriba de lo establecido en dicha ley, evitando así que puedan producir un cambio significativo en el medio natural alterando las condiciones medioambientales del área circundante.

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

Indicadores propuestos:

- Volumen de agua residual metros cúbicos/día, (efluente).
- Volumen de agua residual metros cúbicos/día, (afluente).
- Carga orgánica kg/día.

b. Planteamiento de objetivos en la fase de operación

Los objetivos del seguimiento y vigilancia ambiental están planteados con base en los avances de lo establecido en el Estudio Técnico de Aguas Residuales (ETAR), a medida que se ejecuten las acciones correspondientes. Estas se muestran a continuación:

- Impulsar líneas de acción orientadas al cumplimiento de los requerimientos regulatorios impuestos en las leyes nacionales, bajo la directriz de un modelo sistemático de gestión ambiental específico.

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

c. Plan de monitoreo

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

Las líneas de acción propuestas se encuentran orientadas principalmente en verificar el cumplimiento de los parámetros, con el propósito de generar información sobre el cumplimiento de las medidas adoptadas o bien de los inconvenientes encontrados para llevar a cabo la evaluación de las medidas correctivas correspondientes. La información recabada será incorporada en un nuevo informe que se emitirá como mínimo dos veces por año como lo establece el Acuerdo Gubernativo (236-2006) y éste deberá ser desarrollado por las autoridades de la ENCA y entidades pertinentes.

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

En el siguiente cuadro se resumen los planes que serán implementados para el monitoreo de las medidas de prevención.

- **Objetivos de los planes de monitoreo**

- Realizar un monitoreo semestral de las condiciones del agua residual, durante el desarrollo de la operación de la granja, a fin de poder evaluar si se opera dentro de las regulaciones ambientales vigentes en Guatemala.
- Identificar el cumplimiento del plan de monitoreo.
- Realizar informes semestrales de las condiciones del sistema de tratamiento.

- **Monitoreo de calidad del agua**

Durante el desarrollo de las actividades de operación de la granja, se deberá realizar al menos dos muestreos de la calidad del afluente y efluente por año, todos los parámetros que sean analizados deberán contar con un respaldo comparativo a través de la metodología que se utilice, la cual quedará a criterio del laboratorio donde se realicen los análisis correspondientes haciendo énfasis en que dicha metodología deberá de cumplir con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo (236-2006). Los parámetros de muestreo se muestran a continuación:

- Temperatura.
- Potencial de hidrógeno (PH).
- Grasas y aceites.
- Materia flotante.
- Sólidos suspendidos totales.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

- Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- Nitrógeno total.
- Fósforo total.
- Arsénico.
- Cadmio.
- Cianuro total.
- Cobre.
- Cromo hexavalente.
- Mercurio.
- Níquel.
- Plomo.
- Zinc.
- Color y coliformes fecales.

d. Identificación de la opción de cumplimiento

Con base en el cuadro 1 contenido dentro del Acuerdo Ministerial 105-2008, correspondiente al Manual General del Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, se muestra a continuación en el cuadro 33 la opción de cumplimiento identificada y la descripción de los aspectos relacionados con la misma.

Cuadro 33. Opción de cumplimiento.

Condición	Temas relacionados con límites máximos permisibles
Entes generadores existentes que descargan a un cuerpo receptor; por ejemplo, municipalidades, urbanizaciones, servicios, industrias, empresas agrícolas, empresas pecuarias, hospitales.	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de reducción progresiva de cargas de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). • Demanda Química de Oxígeno (DQO). • Metas de cumplimiento.

e. Modelo de reducción progresiva

Se puede indicar que la carga orgánica producida por la granja porcina, se encuentra por debajo de los parámetros establecidos en el artículo 17 del Acuerdo Gubernativo 236-2006, haciendo alusión que dicha carga de 1.30 kg/día actualmente se encuentra dentro de los rangos de cumplimiento establecidos para el año 2024.

f. Metas de cumplimiento

Dentro de las metas de cumplimiento se puede concluir a efecto de síntesis dentro de este documento que el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) actualmente no se cumple, debido a que se encuentra por arriba de 200 ppm, por lo cual se deberá efectuar la reducción del valor de dicho parámetro de conformidad con los porcentajes establecido en Ley, con el objetivo de llegar a la meta para el año 2020 con respecto al margen de cumplimiento de este parámetro.

g. Identificación de la etapa de cumplimiento

Actualmente los parámetros de los contaminantes contenidos en el agua residual producida dentro de la granja porcina se encuentra por debajo de la etapa de cumplimiento correspondiente al año 2020, así mismo es indispensable señalar que las autoridades de la ENCA se encuentran comprometidas con los lineamientos establecidos en las leyes nacionales vinculadas al cuidado del ambiente por lo que se buscaran las vías idóneas para llevar a cabo la reducción de los parámetros que no cumplen con lo establecido para dicha etapa.

2.6 CONCLUSIONES

1. Durante los meses de enero a mayo se realizó la medición de la concentración de los gases CH₄, O₂, CO, y H₂S generados por los biodigestores ubicados en la ENCA, dando como resultado que para el mes de febrero el CH₄, CO y el H₂S presentaron las concentraciones más bajas siendo éstas respectivamente; 26.16 %, 12.61 ppm y 9.36 ppm, así mismo el O₂ presentó su concentración más baja durante el mes de marzo siendo esta de 0.083 %. De la misma manera durante el mes de mayo el CH₄, O₂, y el H₂S presentaron las concentraciones más altas siendo éstas; 55.26 %, 0.2 % y 19.5 ppm, y 22.13 ppm correspondiente al CO durante el mes de abril.
2. Con base en los datos obtenidos producto de la regresión lineal múltiple se puede concluir que la concentración de CH₄ es la que más guarda relación con respecto a las variables de temperatura y el pH, ya que el coeficiente de determinación fue de 0.75 lo cual indica que el incremento o decreciente del porcentaje de CH₄, puede ser explicado en un 75 %, con respecto a las variaciones de las variables antes mencionadas, de la misma manera con las concentraciones de CO y H₂S. El O₂ presentó un R² de 0.04 lo cual indica que fue el único gas que no presentó una relación significativa con respecto a las variaciones de las variables propuestas.
3. Según los resultados de los parámetros evaluados, se pudo determinar que las concentraciones de nitrógeno, fósforo total, pH, color, arsénico, cadmio, cianuro total, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo y zinc, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el acuerdo Gubernativo 236-2006 y el Acuerdo Ministerial 105-2008 propuestos para el año 2020, a diferencia del DBO₅, DQO, coliformes fecales, temperatura, grasas, aceites y material flotante que no cumplen con los parámetros que dictan dichos acuerdos, por lo cual se puede concluir que el efluente presenta una calidad aceptable mas no óptima.

4. Se elaboró el plan de gestión para el manejo de los biodigestores donde se incluyeron todos los aspectos comprendidos dentro del acuerdo Gubernativo 236-2006 y el Acuerdo Ministerial 105-2008, el cual se enfoca en poder contar con la base técnica, para definir las medidas preventivas y correctivas necesarias para cumplir con los límites máximos permisibles y las metas que dichos acuerdos estipulan, para la descarga y rehúso de aguas residuales.

2.7 RECOMENDACIONES

1. Debido al tiempo destinado para realizar la investigación ésta refleja solo una parte del comportamiento del biogás y el efluente generado por los biodigestores, por ello es recomendable que se monitoreen estos aspectos durante un periodo significativo para poder llevar a cabo un registro confiable y por ende proponer estrategias para el aprovechamiento de los subproductos.
2. Es necesario realizar actividades de mantenimiento preventivos y correctivos al sistema de biodigestores para que éste pueda ser efectivo a la hora de disminuir los contaminantes que se encuentran dentro de los desechos de origen porcino, así mismo se debe de evaluar por lo menos dos veces al año los parámetros del efluente como lo establece el Acuerdo Gubernativo 236-2006.
3. Se recomienda realizar una evaluación más exhaustiva de aquellos parámetros que afectan la productividad de metano CH_4 , ya que se encuentra por debajo del 50 % su rendimiento será pobre y no servirá para suplir las necesidades energéticas de la granja.

2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Alcívar Gonzales, BF; Farías Jaén, CX. 2007. Estudio para la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica alternativo a partir de desechos biodegradables. Tesis Ing. Elec. Guayaquil, Ecuador, Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías. 223 p. Disponible en https://www.academia.edu/17013002/ESTUDIO_PARA_EL_DISEÑO_DE_LA_IMPLANTACION_DE_UN_SISTEMA_DE_GENERACION_DE_ENERGIA_ELCTRICA_ALTERNATIVO_A_PARTIR_DE_DESECHOS_BIODEGRADABLES
2. APHA (American Public Health Association, US). 1975. Standard methods of chemical analysis. USA. v. 2, tomo 1. 200 p.
3. Arias, FG. 2006. El proyecto de investigación: introducción a la metodología científica. 6 ed. Caracas, Venezuela, Episteme. 146 p.
4. Baten Barrios, MG. 2013. Diseño de la investigación para la evaluación de la implementación de un biodigestor para el tratamiento de las aguas residuales de una planta productora de mayonesa ubicada en el municipio de Fraijanes. Tesis Ing. Quim. Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 70 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1296_Q.pdf
5. Berges Chávez, JV. 2005. Análisis de una regresión lineal para pronosticar la inscripción de estudiantes en el sistema de ubicación y nivelación de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis Lic. Admon. Emp. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. 55 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_0574.pdf
6. BESEL, Departamento de Energía, España; IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, España). 2007. Biomasa digestores anaerobios. Madrid, España, IDAE. 48 p.
7. Bogotá Torres, J; Díaz Ricardo, SY; Ramos Ocampo, P. 2008. Montaje y puesta en marcha de dos biodigestores anaerobios con residuos orgánicos generados en la central de mercado "Plaza Kennedy" en Bogotá. Tesis Ing. Bogotá, Colombia, Universidad Manuela Beltrán, Facultad de Ingeniería Ambiental. 121 p. Disponible en <http://oab.ambientebogota.gov.co/descargar/4064/>
8. De la Torre Caritas, N. 2008. Digestión anaerobia en comunidades rurales. Tesis Ing. Madrid, España. Universidad Carlos III de Madrid, Escuela Politécnica Superior.

141 p. Disponible en https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11627/PFC_Nadia_deLaTorre_Caritas.pdf;jsessionid=201FCCDC91E2C1350B0C7B1071E9C697?sequence=1

9. Del Ángel Sánchez, MM. 1997. Contribución al estudio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Monterrey, México. Tesis Mag. Ing. Ind. Nuevo León, México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil. 88 p. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/7204/1/1020091184.PDF>
10. Díaz Pinzón, J. 2017. Correlación y regresión lineal de la evaluación tiempo y puntaje con recurso interactivo flash. Cundinamarca, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 8 p.
11. Dräger. 2012. Dräger's guide to portable gas detection (en línea). Madrid, España. Consultado 22 abr. 2018. Disponible en <https://www.draeger.com/Products/Content/9046736-guide-toportable-gas-detection-en.pdf>
12. Dräger. 2018. Dräger X-am 2500 (en línea). Madrid, España. Consultado 22 abr. 2018. Disponible en <https://www.draeger.com/Products/Content/x-am-2500-pi-9094039-es-es.pdf>
13. Fang, H. H., Li, Y. L., & Chui, K. H. 1995. UASB Treatment of Wastewater with Concentrated Mixed VFA. Hong Kong. Journal of Environmental Engineering. 8 p. Disponible en <http://web.hku.hk/~hrechef/1994-1995/1995UASB%20treatment%20of%20wastewater%20with%20concentrated%20mixed%20VFA.pdf>
14. FAO, Chile. 2011. Manual de biogás (en línea). Santiago de Chile, Chile. 119 p. Consultado 3 set. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>
15. Fernández García, L. 2016. Selección y dimensionado de un sistema de generación de biogás mediante digestión anaerobia de purines codigeridos con glicerina. Tesis Ing. Quim. Cádiz, España, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias. 351 p. Disponible en <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/18784/b37451868.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. Fong Martínez, HS. 2013. Diseño de la investigación de un sistema de generación de energía eléctrica para el autoconsumo a partir de la biodigestión del estiércol bovino en una finca del municipio de Taxisco, Santa Rosa. Tesis Ing. Mec. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 91 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0705_MI.pdf

17. GEDAR (Gestión de Aguas y Residuos, Granda, España). s. f. GEDAR: Tamiz rotativo (en línea, sitio web). Consultado 16 abr. 2019. Disponible en <https://www.gedar.com/residuales/desbaste/tamizrotativo.htm>.
18. Giacomo, B; Cacchiarelli, L; Cardona, CA; Felix, E; Gianvenuti, A; Kojakovic, A; Maltoglou, I; Martchamadol, J; Rincón, L; Rossi, A; Seghetti, A; Steierer, F; Thofern, H; Thulstrup, A; Tolli, M; Valencia, M. 2014. Bioenergía y seguridad alimentaria evaluación rápida (BEFS RA): Manual de usuario: Introducción (en línea). s.l., FAO. 38 p. Consultado 5 dic. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-bp865s.pdf>
19. Giacomo, B; Cacchiarelli, L; Cardona, CA; Felix, E; Gianvenuti, A; Kojakovic, A; Maltoglou, I; Martchamadol, J; Rincón, L; Rossi, A; Seghetti, A; Steierer, F; Thofern, H; Thulstrup, A; Tolli, M; Valencia, M. 2014. Módulo opciones de uso final de la energía; Sub-módulo calefacción y cocina: Biogás comunitario; Manual de usuario. s.l., FAO. 32 p. Consultado 8 set. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-bp844s.pdf>.
20. Gobierno de la República de Guatemala. 2006. Acuerdo gubernativo no. 236-2006: Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Diario de Centro América, Guatemala, mayo 5. Disponible en <https://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/07-Acuerdo-gubernativo-236-2006-Reglamento-descargas-y-reuso.pdf>
21. González, S; Acosta, E; Davila, C; Rodriguez, S; Santana, Y. 2007. Ejercicios resueltos de econometría, el modelo de regresión múltiple (1 ed.). Madrid, España, Delta Publicaciones. 290 p.
22. González Molina, L; Calderón García, J; Cervantes Osorio, R. 2014. Biodigestores en la producción de efluente aplicado en el cultivo de cebada maltera. Pachuca, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 21 p. Disponible en <https://docplayer.es/50664246-Centro-de-investigacion-regional-del-centro-sitio-experimental-pachuca-mineral-de-la-reforma-hidalgo-abril-2014-folleto-para-productores.html>
23. Hashimoto, AG; Chen, YR; Varel, VH. 1981. Anaerobic fermentation of beef cattle manure; Final report. USA, Solar Energy Research Institute. 75 p. Disponible en <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/98372-1.pdf>
24. Hilbert, JA. 2006. Manual para la producción de biogás. Buenos Aires, Argentina; Instituto de Ingeniería Rural. 57 p. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/scripttmpmanual_para_la_produccion_de_bio_gs_del_iir.pdf

25. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala). 2018. Pronóstico, temperatura (en línea). Guatemala. Consultado 18 set. Disponible en <http://climagt.com/pronosticos/temperatura>
26. Jiménez Morales, S. 2012 Estudio teórico para el control de la contaminación por grasas y aceites generada por la actividad industrial, doméstica y de servicios. Tesis Ing. Quim. Ind. México, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. 129 p. Disponible en <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/18479/25-1-16898.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
27. Levine, R; Rubin, D. 2004. Estadística para administración y economía (7 ed.). Monterrey, México, Pearson Educación. 956 p.
28. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2007. Guía para el manual general del reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y disposición de lodos. Guatemala. 56 p.
29. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala). 2008. Acuerdo ministerial no. 105-2008: Manual general del reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Diario de Centro América, Guatemala, enero 9. Disponible en <https://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionesvigentes/Exc retasyAguasResiduales/AcuerdoMinisterial105-2008.pdf>
30. Martínez López, GA. 2011. Producción de biogás a partir de RSU. Bogotá, Colombia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 30 p.
31. Obando Díaz, G. 2007. Producción de biogás en reactores anaeróbicos bajo diferentes configuraciones de operación. Investigación Aplicada e Innovación 1(2):96-103. Disponible en https://app.tecsup.edu.pe/file/sga/documentos/revistali/li_2/2.pdf
32. Parra Orobio, BA; Torres Lozada, P; Marmolejo Rebellón, LF; Cárdenas Cleves, LM; Vásquez Franco, C; Torres López, WA; Ordóñez Andrade, JA. 2014. Influencia del pH sobre la digestión anaerobia de biorresiduos de origen municipal. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(2):553-562.
33. Pérez Medel, JA. 2010. Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros. Santiago de Chile, Chile, Universidad de Chile. 83 p.

34. Pérez Rosales, MF. 2006. Producción de energía eléctrica a partir de biogás procedente de vertederos de residuos sólidos urbanos. Tesis Ing. Elec. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 198 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0614_EA.pdf
35. Piedrahita, D. 2000 Elementos para una tecnología sobre producción de biogás. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 137 p.
36. Pinto, R. 2013. Proyecto: Biodigestores para la granja de porcinos de la ENCA. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura. 12 p.
37. Quipuzco Ushñahua, L; Baldeón Quispe, W. 2011. Desempeño de un biodigestor cargado con lodo séptico y excreta de cuy para la producción de biogás y biol. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica 14 (28). Disponible en <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/677/531>
38. Quill, V. 2018. Proceso diario del manejo de desechos de la granja porcina, hacia el biodigestor (entrevista). Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura, Coordinación de Producción, Área de Producción Animal, Encargado de Granja Porcina.
39. Rojo Abuín, JM. 2007. Regresión lineal múltiple, laboratorio de estadística. España, Instituto de Economía y Geografía. 32 p.
40. Sáenz, J. 2001. Biodigestores: aportes a las condiciones ambientales y calidad de vida de la población campesina: Sistematización de una experiencia exitosa en producción de biogás. Mag. Trabajo Soc. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 33 p. Disponible en http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/17bib_arch.pdf
41. Santizo Álvarez, JM. 2013. Diseño de la investigación para la evaluación del potencial de los desechos sólidos municipales generados en el mercado San José, para la obtención de biogás mediante digestión anaeróbica. Tesis Ing. Quim. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 91 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1380_Q.pdf
42. SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México); SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México). 2010. especificaciones técnicas para el diseño y construcción de biodigestores en México. México. 103 p. Consultado 5 ago. 2018. Disponible en

<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD001057.pdf>

43. Szretter Noste, ME. 2013. Apunte de regresión lineal. Argentina, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Carrera de Especialización en Estadística para Ciencias de la Salud. 249 p. Disponible en http://mate.dm.uba.ar/~meszre/apunte_regresion_lineal_szretter.pdf
44. Tállez Santana, CA. 2008. Diseño y selección de elementos para una planta de biogás. Tesis Ing. Mec. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil Mecánica. 79 p. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcit275d/sources/bmfcit275d.pdf>
45. Torres, J; Díaz, S; Ramos, P. 2008. Montaje y puesta en marcha de dos biodigestores anaeróbicos con residuos orgánicos generados en la central de mercado "Plaza Kennedy" en Bogotá. Tesis Ing. Bogotá, Colombia, Universidad Manuela Beltrán, Facultad de Ingeniería Ambiental. 121 p. Disponible en <http://oab.ambientebogota.gov.co/descargar/4064/>
46. United Nations Environment Programmed. 1981. Biogas fertilizer system; Technical report on a training seminar in China. *In* UNEP / EPOSC Biogas Training Seminar (1979, Chengdu, China). Nairobi, UNEP. 86 p. (UNEP Reports and Proceedings Series).
47. Varnero, M.T. 2001. Desarrollo de substratos: compost y bioabonos. In: experiencias internacionales en la rehabilitación de espacios degradados. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Publicaciones Misceláneas Forestales N° 3, 123p. 21 –30.
48. Valle García, DE. 2018. Modelo de regresión lineal multi variado aplicado a la relación entre variables químicas del Clinker y variables físicas del cemento. Tesis Mag. Arts. Est. Apl. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Estudios de Postgrado. 84 p. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9588/1/Diego%20Enrique%20Valle%20Garc%C3%ADa.pdf>

2.9 ANEXO

2.9.1 Boleta para el registro de datos

HOJA DE REGISTRO					
Institución:			Operador:		
Fecha					
Hora					
pH					
Temperatura In.					
CONCENTRACIONES					
CH4					
O2					
H2S					
CO					

Fuente: elaboración propia, 2017.

2.9.2 Análisis de laboratorio



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS INORGÁNICO

No. 1808448



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
QUÍMICA Y AMBIENTAL
-LIQA-

Fecha: 18 de septiembre de 2018

INFORME DE ANALISIS FISICOQUÍMICO

A continuación, se presenta el informe con los resultados del análisis fisicoquímico de 2 muestras de agua residual.

INFORMACIÓN DEL INTERESADO

Nombre / Institución:	Escuela Nacional Central de Agricultura		
Con atención a:	Ing. Danilo Morales		
Dirección:	Km 17,5 Finca Barcena, Villa Nueva.		
Teléfono de contacto:	5343-0795	e-mail:	jonnattanjosue90@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS

Tipo de muestra:	Aguas residuales	Análisis solicitados: As, Cd, CN, Cr (VI), Cu, Hg, Ni, Pb y Zn Digestión ácida
Cantidad de muestras:	2 (1 litro c/u)	
Tipo de envase o embalaje:	Recipientes plásticos con tapa hermética.	
Origen de la muestra:	Abajo se indica el origen de cada muestra.	
Fecha de recepción:	16 de agosto de 2018, 10:30 h.	

PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS

No.	Identificación de la muestra (lugar de toma de muestra)	ID LIQA
1	Efluente	448-01
2	Afluente	448-02

Observaciones:

<p>Métodos utilizados</p> <p>La muestra fue sometida a un proceso de digestión ácida asistida por microondas para mineralizarla y está basada en la aplicación No. MO-42 Milestone, Italia 2011.</p> <p>La determinación de Arsénico está basada en: "3114 C. Continuous Hydride Generation Atomic Absorption Method". Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 20th Edition. (1998). APHA-AWWA-APCF.</p> <p>La determinación de Mercurio está basada en: "3112 B. Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry Method. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 20th Edition. (1998). APHA-AWWA-APCF.</p> <p>La determinación de Cadmio, Cobre, Plomo y Zinc está basada en términos generales por el método "3111 B. Direct Air - Acetylene Flame Method". Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. (1998). APHA-AWWA-APCF.</p> <p>La determinación de Cromo está basada en: "3111 D. Direct Nitrous oxide-acetylene flame Method". Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 20th Edition. (1998). APHA-AWWA-APCF.</p> <p>Las determinaciones de Niquel están basadas, en términos generales, por el método "3111 B. Direct Air - Acetylene Flame Method". Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. (1998). APHA-AWWA-APCF.</p> <p>La determinación de Cianuro está basada en: "Determination of free cyanide by polarography. Application Bulletin 110/3 e". Metrohm Suiza.</p> <p>mg/L: miligramos del elemento por cada litro de muestra de agua.</p> <p>ND: No detectado (por debajo del límite de detección). LC: Límite de cuantificación.</p>

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN QUÍMICA Y AMBIENTAL (LIQA)
Primer piso, Edificio T-12, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Universidad de San Carlos de Guatemala, Zona 12, Guatemala. 01012.
Tel: 00 (502) 2418 9412. Web: <http://liqa-usac.blogspot.com/>



Fuente: LIQA, 2018

Figura 20A. Informe de análisis de metales del afluente y efluente.

No. 1808448

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
QUÍMICA Y AMBIENTAL
-LIQA-

INFORME DE ANALISIS FISICOQUÍMICO

RESULTADOS

No.	Elemento	448-01	448-02	LC
		1	2	
1.	Arsénico (As)	0,086	0,069	0,0005 mg/L
2.	Cadmio (Cd)	ND	ND	0,0005 mg/L
3.	Cianuro (CN)	ND	ND	0,01 mg/L
4.	Cromo (Cr)	ND	ND	0,06 mg/L
5.	Cobre (Cu)	ND	0,23	0,0001 mg/L
6.	Mercurio (Hg)	ND	ND	0,001 mg/L
7.	Níquel (Ni)	ND	ND	0,15 mg/L
8.	Plomo (Pb)	0,110	0,063	0,0001 mg/L
9.	Zinc (Zn)	0,029	0,964	0,00002 mg/L

Vo.Bo

M.Sc. Félix Ricardo Véliz Fuentes.
Director LIQA. Área Química.

FRVF/lrvf
20180918LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
QUÍMICA Y AMBIENTAL

2018/09/18

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN QUÍMICA Y AMBIENTAL
 ☒: Primer piso, Edificio T-12, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 ☎: 00 (502) 2418 9412. 🌐: <http://liqa-usac.blogspot.com/>

Página 2 de 2

Fuente: LIQA, 2018

Figura 21A. Informe del análisis de metales del afluente y efluente.



pag 1 de 1

Fecha: 17 de agosto de 2018

INFORME DE RESULTADOS No. 207 -18

I. Información general

Nombre del cliente: ENCA
 Institución: ENCA
 Dirección: Km. 17.5 Carretera Bárcenas, Finca Bárcena, Villa Nueva.
 Análisis solicitado: Coliformes fecales
 Tipo de muestra: Agua residual

Descripción de la muestra: Agua residual afluyente

Fecha y hora del muestreo: 14 de agosto de 2018 08:15
 Responsable del muestreo: Cliente
 Fecha y hora de recepción de la muestra: 14 de agosto de 2018 09:34
 Fecha de inicio de análisis: 14 de agosto de 2018

II. Resultados

Parámetro	Método ¹	Resultado ²	Especificación ³
Coliformes fecales	SM 9221 E	1.6x10 ⁸ NMP/100mL	N/A

1 SM = Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd. Edition.

2 NMP/100mL = Número Mas Probable en cien mililitros.

3 N/A = No Aplica

III. Conclusiones

La presencia de coliformes fecales en el agua residual de tipo ordinario es normal, e indica que el agua presenta contaminación fecal y, por tanto, puede contener también microorganismos patógenos. Los resultados obtenidos podrán tomarse como referencia para la implementación de sistemas de tratamiento, así como para compararse con los límites máximos permisibles y plazos establecidos en el ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006 y el ACUERDO GUBERNATIVO No. 110-2016 para establecer la etapa de cumplimiento de acuerdo a la naturaleza o tipo de ente generador y al cuerpo receptor.

Nota aclaratoria: el Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR- no se hace responsable por el uso que se dé al presente resultado.

"Id y Enseñad a Todos"

M.Sc. Sergio Alfredo Lickes
 Químico Biólogo Col. 2239

Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR-

Prohibida la reproducción parcial de los resultados sin previa autorización del laboratorio

----- ÚLTIMA LINEA -----

Edificio T-12 2o. Nivel, Facultad de CC QQ y Farmacia, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, C.A. Tel. 2418-9400, ext. 108

Correo electrónico: laboratoriolamir@usac.edu.gt, laboratoriolamir@gmail.com

http://sitios.usac.edu.gt/wp_lamir/?cat=1

Fuente: Lamir, 2018

Figura 22A. Resultado de laboratorio de coliformes fecales del afluyente.



pag 1 de 1

Fecha: 17 de agosto de 2018INFORME DE RESULTADOS No. 208 -18

I. Información general

Nombre del cliente: ENCA
 Institución: ENCA
 Dirección: Km. 17.5 Carretera Bárcenas, Finca Bárcena, Villa Nueva.
 Análisis solicitado: Coliformes fecales
 Tipo de muestra: Agua residual

Descripción de la muestra: Agua residual efluente

Fecha y hora del muestreo: 14 de agosto de 2018 08:20
 Responsable del muestreo: Cliente
 Fecha y hora de recepción de la muestra: 14 de agosto de 2018 09:34
 Fecha de inicio de análisis: 14 de agosto de 2018

II. Resultados

Parámetro	Método ¹	Resultado ²	Especificación ³
Coliformes fecales	SM 9221 E	2.2x10 ⁶ NMP/100mL	N/A

¹ SM = Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd. Edition.

² NMP/100mL = Número Mas Probable en cien mililitros.

³ N/A = No Aplica

III. Conclusiones

La presencia de coliformes fecales en el agua residual de tipo ordinario es normal, e indica que el agua presenta contaminación fecal y, por tanto, puede contener también microorganismos patógenos. Los resultados obtenidos podrán tomarse como referencia para la implementación de sistemas de tratamiento, así como para compararse con los límites máximos permisibles y plazos establecidos en el ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006 y el ACUERDO GUBERNATIVO No. 110-2016 para establecer la etapa de cumplimiento de acuerdo a la naturaleza o tipo de ente generador y al cuerpo receptor.

Nota aclaratoria: el Laboratorio Microbiológico de Referencia –LAMIR- no se hace responsable por el uso que se dé al presente resultado.

"Id y Enseñad a Todos"

M.Sc. Sergio Alfredo Lickes
 Químico Biólogo Col/2239

Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR-

Prohibida la reproducción parcial de los resultados sin previa autorización del laboratorio

-----ÚLTIMA LINEA-----

Edificio T-12 2o. Nivel, Facultad de CC QQ y Farmacia, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, C.A. Tel. 2418-9400, ext. 108

Correo electrónico: laboratoriolamir@usac.edu.gt, laboratoriolamir@gmail.com

http://sitios.usac.edu.gt/wp_lamir/?cat=1

Fuente: Lamir, 2018

Figura 23A. Resultado de laboratorio de coliformes fecales del efluente.



ESCUELA DE QUIMICA UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL EDIFICIO T-13, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12 TELEFONO: 24189412		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO	
Nombre comun o comercial de la muestra: Biodigestor		No de código / Marca del remitente: Afluyente	
No de registro: 1808217	Empresa / Institución: Escuela Nacional Central de Agricultura	Remitente / Solicitante: Ader Navas	
Fecha de recepción: 16/08/2018	Muestra recibida por: Levis Donado	Tipo de recipiente:	peso neto:
DETERMINACIONES SOLICITADAS:			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)			
Parametros evaluados	Unidades	Valor	LMP*
pH		7.51	6.00 - 9.00
Conductividad	mS/cm	4.8	
Sólidos sedimentables	mL/L	45.00	
Sólidos en suspensión	mg/L	332.0	150
Sólidos Totales	mg/L	1130.0	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	419.00	250
Demanda Química de oxígeno	mg/L	1490.00	500
Nitrogeno Total	mg/L	22.80	25
Fosforo total	mg/L	5.90	15
Color	Unidades PT - Co	345.0	750
Aceites y Grasas	mg/L	1780.0	25
* LMP= Límite máximo permisible según Acuerdo Gubernativo 236-2006			
Fecha: 05/10/2018	Analista(s): LR/LD	Ref. Registro Análisis:	Costo total facturado: Q575.00
		Firma:	Fecha:

Fuente: Unidad de análisis instrumental, 2018

Figura 24A. Resultado de los análisis fisicoquímicos del afluyente.



ESCUELA DE QUIMICA UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL EDIFICIO T-13, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12 TELEFONO: 24189412		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO	
Nombre comun o comercial de la muestra: Biodigestor		No de código / Marca del remitente: Efluente	
No de registro: 1808216	Empresa / Institución: Escuela Nacional Central de Agricultura	Remitente / Solicitante: Ader Navas	
Fecha de recepción: 16/08/2018	Muestra recibida por: Levis Donado	Tipo de recipiente:	peso neto:
DETERMINACIONES SOLICITADAS:			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)			
Parametros evaluados	Unidades	Valor	LMP*
pH		7.53	6.00 - 9.00
Conductividad	mS/cm	5.0	
Sólidos sedimentables	mL/L	2.50	
Sólidos en suspensión	mg/L	228.0	150
Sólidos Totales	mg/L	1026.0	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	372.00	250
Demanda Química de oxígeno	mg/L	915.00	500
Nitrogeno Total	mg/L	15.80	25
Fosforo total	mg/L	4.70	15
Color	Unidades PT - Co	294.0	750
Aceites y Grasas	mg/L	906.7	25
* LMP= Límite máximo permisible según Acuerdo Gubernativo 236-2006			
Fecha: 05/10/2018	Analista(s): LR/LD	Ref. Registro Análisis:	Costo total facturado: Q575.00
		Firma:	Fecha:

Fuente: Unidad de análisis instrumental, 2018

Figura 25A. Resultado de los análisis fisicoquímicos del efluente.

CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA ENCA, FINCA BÁRCENA, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, C.A.



3.1 PRESENTACIÓN

Con la finalidad de contribuir a la mejora de la calidad ambiental dentro de la Escuela Nacional Central de Agricultura, se llevó a cabo la realización de diversas actividades identificadas previamente en la etapa de planificación a través del diagnóstico, cumpliendo con lo establecido por el normativo del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía (EPSA).

Dentro de la institución se encuentran proyectos constructivos en proceso de desarrollo, por lo cual se hace de vital importancia cumplir con todos los requerimientos legales dentro del marco ambiental. Como parte de los servicios realizados durante el desarrollo del EPS, se llevó a cabo la elaboración de los instrumentos ambientales que corresponden a los proyectos siguientes; "Construcción Pasarela Peatonal de Conexión entre Campus Central" y "Puente Vehicular sobre Río Platanitos (L2-16).

los instrumentos fueron realizados con base en los parámetros establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Así mismo se realizó la propuesta de una infraestructura arquitectónica que permita llevar a cabo el tratamiento de todos los desechos orgánicos que son generados dentro del área de producción animal a través de la elaboración de abono orgánico.

3.2 Servicio 1: Elaboración del instrumento de evaluación ambiental categoría “C” correspondiente al proyecto de inversión “Construcción Pasarela Peatonal de Conexión entre Campus Central y el área de Consulados de la ENCA (L1-16)”.

3.2.1 OBJETIVOS

A. Objetivo general

1. Cumplir con los parámetros establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN, con base en el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental Acuerdo Gubernativo 137-2016, para la elaboración de instrumentos de evaluación ambiental.

B. Objetivos específicos

1. Elaborar el instrumento de evaluación ambiental categoría “C”, correspondiente al proyecto de inversión; "Construcción Pasarela Peatonal de Conexión entre Campus Central y el Área de Consulados de la ENCA (L1-16)".
2. Realizar las gestiones pertinentes ante el MARN para el ingreso y evaluación del instrumento de evaluación ambiental.

3.2.2 METODOLOGÍA

A. Fase de gabinete I

La categoría del proyecto se determinó con base en los parámetros establecidos en el artículo primero del Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades, Acuerdo Ministerial No. 199-2016.

B. Fase de campo

Se realizaron visitas de campo al sitio donde se llevarían a cabo las actividades de construcción y operación del proyecto, esto se hizo con el fin de recopilar información puntual, la cual es requerida para el llenado del formato de Evaluación Ambiental Inicial (Forma DVGA-GA-R-002) correspondiente a los proyectos de categoría tipo "C".

C. Fase de gabinete II

Toda la información que se recopiló, fue analizada y sintetizada. Así mismo se realizó la elaboración del instrumento ambiental con base en el Instructivo (Forma DVGA-GA-003), el cual es una guía de referencia para llevar a cabo el llenado del Formato de EAI (Forma DVGA-GA-R-002).

3.2.3 RESULTADOS

A. Instrumento de evaluación ambiental tipo “C”

Inicialmente se realizó el llenado de los formatos de Evaluación Ambiental Inicial (Forma DVGA-GA-R-002), correspondiente al proyecto de inversión "Construcción Pasarela Peatonal de Conexión entre Campus Central y el Área de Consulados de la ENCA (L1-16)", el cual se puede observar en el anexo 1, de igual manera como parte de la elaboración de dicho instrumento se realizó un perfil, el cual se muestran a continuación:

a. Nombre del proyecto

Construcción Pasarela Peatonal de Conexión entre Campus Central y el Área de Consulados de la ENCA (L1-16).

b. Ubicación del proyecto

Finca Bárcena, municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala.

c. Descripción del proyecto

El proyecto servirá para transitar de manera segura a los estudiantes y trabajadores del Campus Central de la ENCA al área de Consulados y viceversa; esta pasarela se conforma por rampas de concreto reforzado, barandas metálicas, una armadura metálica, columnas de concreto reforzado que sostendrá por separado las rampas y la armadura metálica. La orientación de la pasarela será perpendicular al portón de la entrada principal.

d. Necesidad que se pretende resolver

Actualmente La ENCA carece de una infraestructura de conexión, la cual enlace el terreno donde se encuentra el Campus Central con el terreno denominado como Consulados, que provea seguridad vial a los estudiantes que residen dentro de la ENCA; los estudiantes para llegar al área anteriormente mencionada, y poder realizar las practicas académicas de campo, deben cruzar la carretera asfaltada clasificada como RD-16, la cual cuenta con tránsito vehicular alto.

Dicha actividad pone en riesgo la integridad física de los estudiantes al momento de trasladarse de un sector al otro, que, en la actualidad, se solicita apoyo a la policía municipal de tránsito para regularizar y en ocasiones paralizar el tránsito vehicular por periodos cortos, mientras los estudiantes son trasladados a las áreas correspondientes.

Con la implementación de la pasarela peatonal, se pretende brindar seguridad y resguardo a los estudiantes de la ENCA al momento de trasladarse del Campus Central al Área de Consulados, evitando así cualquier tipo de accidente así mismo, se evitaría la paralización temporal del tránsito vehicular el cual fluiría de forma normal y sin interrupción alguna.

e. Beneficiarios del proyecto

Los beneficiarios serán todos aquellos estudiantes, catedráticos, trabajadores administrativos y de campo que ingresan y hacen uso de las instalaciones de la ENCA, en lo que respecta a los beneficiarios indirectos, se encuentran constituidas por todas aquellas personas que por alguna razón visitan la ENCA y aquellos vehículos de paso que transitan frente a la institución.

f. Objetivos del proyecto

- **Objetivo general**

- implementar una pasarela peatonal, que comunique el terreno donde se encuentra el Campus Central con el área de Consulados, ambos terrenos propiedad de la ENCA.

- **Objetivos específicos**

- Realizar una descripción de las principales actividades que se desarrollarán durante la etapa de construcción y operación del proyecto.
- Promover medidas de mitigación inherentes a las etapas de construcción y operación del proyecto.
- Cumplir con los lineamientos de evaluación establecidos por el MARN, para la obtención de la resolución ambiental.

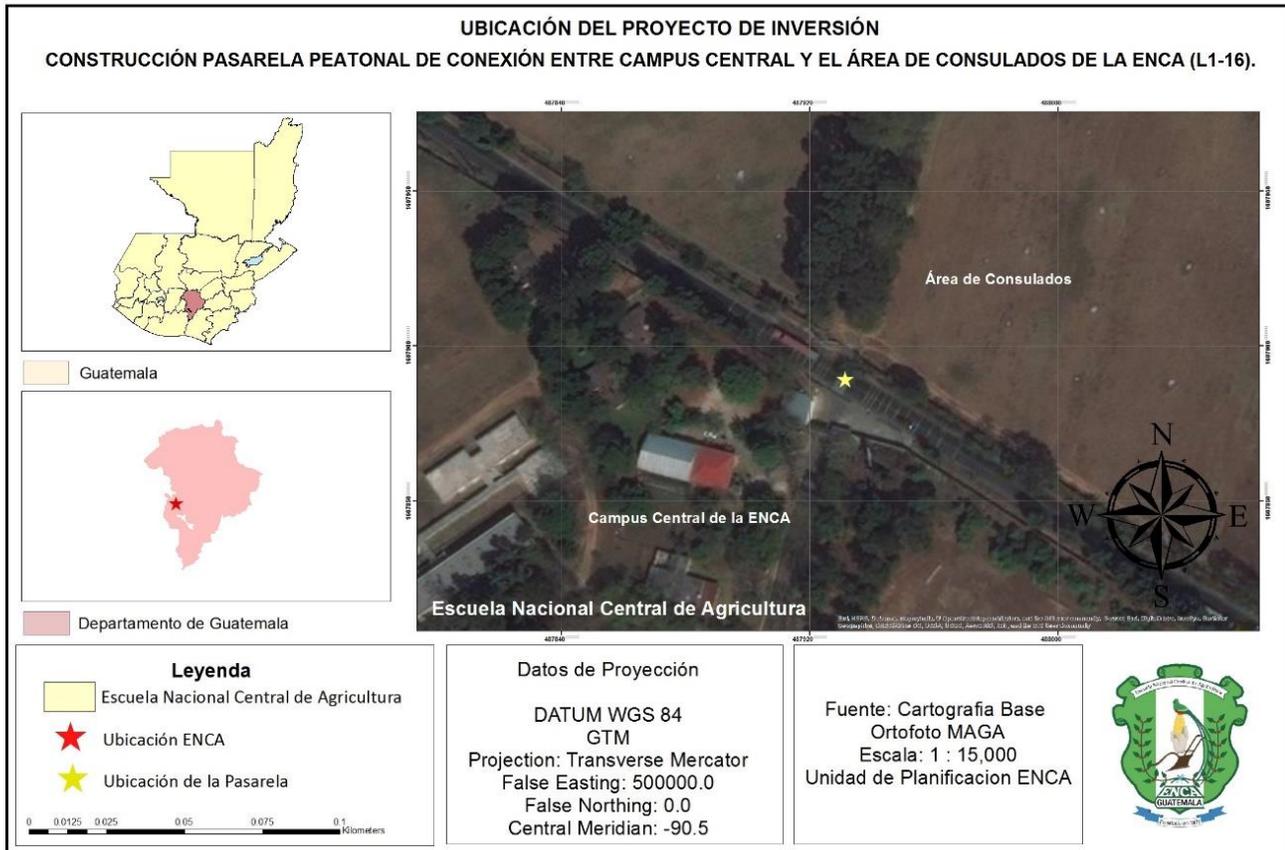
g. Localización

El proyecto se encontrará ubicado en las instalaciones correspondientes al Campus Central y el área de Consulados ambos de la ENCA, así mismo, tendrá intervención aérea de manera lineal perpendicular a la carretera clasificada como RD-16, la cual forma parte de las carreteras principales del municipio de Villa Nueva, del departamento de Guatemala. Por esta razón, se considera que el área de influencia es local y el beneficio que se perfila será de naturaleza interna, ya que los principales usuarios serán los estudiantes, docentes y trabajadores de la Institución.

Las instalaciones de La ENCA colindan hacia el Norte con la carretera que conduce a Bárcenas RD-16, hacia el Suroeste con la colonia Ulises Rojas, al Sureste con Altos de Bárcenas, al Noreste con San José Villa Nueva, hacia el Sur con la finca Santa Clara y en el Noroeste con la aldea Bárcena. Para poder llegar a la finca, su acceso es a través de la carretera RD-16 que conduce hacia Bárcena, la cual se comunica con la autopista C-9 carretera al Pacífico.

A continuación, se describen las áreas que tendrán influencia directa con el proyecto; en dirección al Norte, se encuentra el área de cultivos extensivos determinada como Consulados. Esta área es utilizada por los estudiantes de la ENCA para realizar prácticas de campo, referentes a la producción agrícola y forestal. Hacia el Sur, se encuentra el Campus Central de la ENCA, hacia el Este y Oeste se encuentra la carretera clasificada como RD-16, que se comunica con la autopista C-9.

En la figura 26 se puede observar la localización y el área de influencia del proyecto.



Fuente: elaboración propia 2018.

Figura 26. Ubicación georreferenciada del proyecto.

h. Situación sin proyecto

Actualmente los estudiantes de la ENCA, realizan sus prácticas de campo en el área determinada como Consulados, para llegar a dicho sector deben cruzar la carretera la cual se encuentra clasificada como RD-16. Esta situación, pone en riesgo la integridad física de dichas personas, ya que el tránsito vehicular que fluye en la carretera es catalogado como de alta velocidad. Debido a ello, se solicitó apoyo al personal de la Policía Municipal de Tránsito PMT de la Municipalidad de Villa Nueva, para que, al momento de trasladar a los estudiantes en periodos de prácticas de un sector a otro, se pudiese regular el tránsito vehicular, con la finalidad de evitar cualquier accidente.

i. Situación con proyecto

Con la implementación de la pasarela peatonal, el traslado de los estudiantes y catedráticos del Campus Central al área de Consulados, sería de forma directa, sin poner en riesgo la integridad física de dichos usuarios y no se verán expuestos en ningún tipo de accidente vial.

j. Gestión ambiental

La ENCA, se encuentra comprometida con el cumplimiento de los lineamientos ambientales que se establecen en el “Reglamento de Evaluación, control y seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo 137-2016”, a través del formulario de Evaluación Ambiental Inicial DVGA-GA-002, correspondiente a los proyectos de categoría tipo “C”.

k. Etapa de construcción

Durante la etapa de construcción, se procederá a instalar una bodega temporal para el resguardo de los materiales de construcción, así mismo se llevará a cabo el cerramiento del área para que las personas ajenas al proyecto no puedan acceder y por último se realizarán todos los trabajos de construcción del proyecto.

A continuación, el cuadro 34 se pueden observar las diferentes actividades a realizar y la maquinaria que se utilizara durante el desarrollo de esta etapa.

Cuadro 34. Actividades que se realizarán durante la etapa de construcción.

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.		
Actividades a Realizar.	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de trabajos preliminares. • Cimentación. • Construcción y colocación de columnas. • Colocación de vigas. • Colocación de barandas. • Construcción de rampas. 	Las actividades que se realizarán durante la etapa de construcción, se consideran de suma importancia para llevar a cabo la ejecución del proyecto.
Maquinaria.	<ul style="list-style-type: none"> • Retroexcavadora. • Concretara. • Grúa montacargas. • Camión de volteo. 	Esta maquinaria se utilizará durante el desarrollo de la etapa de construcción.

Fuente: Elaboración propia 2018.

En el cuadro 35 se muestran las medidas de mitigación correspondientes a la disposición final de los desechos sólidos generados durante la etapa de construcción.

Cuadro 35. Medidas de mitigación para la disposición final de los desechos sólidos generados en la etapa de construcción.

DESECHOS SÓLIDOS				
No.	TIPO	CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN	DISPOSICIÓN FINAL
1.	Movimiento de Tierra.	Remoción de capa superficial del terreno (excavación y relleno).	Especial.	Se utilizará de relleno en áreas que necesiten ser rellenadas.

Continuación cuadro 35.

2.	Ripio.	Sobrantes de concreto, block, aluminio y piezas metálicas.	Especial.	La empresa ejecutora recolectará los desechos en áreas asignadas y la evacuará en un vertedero autorizado.
3.	Material reciclable y/o reutilizable.	Material proveniente del proceso constructivo como madera utilizada en formaletas, cartones provenientes de productos adquiridos o utilizados en la construcción, nylon y otros similares.	Común.	Todo este material se clasificará y se dispondrá en centros de reciclaje.

Fuente: Elaboración propia con base en Bamaca, 2011.

En el cuadro 36 se muestran las medidas de mitigación correspondientes a la disposición final de los desechos líquidos generados durante la etapa de construcción.

Cuadro 36. Medidas de mitigación para la disposición final de los desechos líquidos generados en la etapa de construcción.

DESECHOS LÍQUIDOS				
No.	TIPO	CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN	DISPOSICIÓN FINAL
1.	Solventes minerales y/o Thinner.	Materiales solutos que permiten disolver una formación saturada de materiales susceptibles.	Especial.	Todo desecho tóxico peligroso se empacará en su envase original debidamente cerrado y depositado en bolsas de color blanco, evacuándolos por medio de una empresa autorizada para el manejo de éstos desechos.
2.	Pinturas y Derivados.	Conformado por materiales plásticos que se obtienen por polimerización del ácido acrílico o de sus derivados.	Especial.	Ídem.

Fuente: Elaboración propia con base en Bamaca, 2011.

I. Etapa de operación

En el cuadro 37, se pueden observar las diferentes actividades y procesos que se llevarán a cabo durante el desarrollo de la etapa de operación.

Cuadro 37. Descripción de las principales actividades a desarrollar durante la etapa de operación del proyecto.

ETAPA DE OPERACIÓN.		
Actividades y procesos.	<ul style="list-style-type: none"> • Traslado de peatones del Campus central de la ENCA, hacia el área de Consulados. • Transporte de material y equipo necesario para el desarrollo de prácticas académicas. • Traslado de visitantes. 	Las actividades se encuentran orientadas principalmente, al movimiento continuo de peatones del Campus Central de la ENCA, hacia el área de Consulados y viceversa.

Fuente: Elaboración propia 2018.

- **Servicios**

Con la construcción de la pasarela se pretende brindar una estructura idónea que permita el paso peatonal de los estudiantes y trabajadores de la ENCA, de igual manera, de todas aquellas personas que visiten la Institución; así mismo, se pretende brindar seguridad vial y una alternativa para el traslado de los materiales necesario para el desarrollo de las actividades académicas.

m. Etapa de abandono

Debido a la importancia del proyecto no se prevé dicha etapa, mas sin embargo de suscitarse el cierre del proyecto se deberán de establecer las acciones que permitan la recuperación de las áreas que hayan sido afectadas. Esta recuperación se realizará por

medio de la rehabilitación de las áreas disturbadas, hasta obtener un ambiente que sea compatible con las zonas existentes en los alrededores.

n. Resumen de identificación de impactos ambientales

Para poder identificar los diversos impactos ambientales que producirá la construcción del proyecto, Se evaluaron las fases más importantes para tomarlas en cuenta en el análisis con relación a los elementos ambientales que pudieran ser afectados, así como el nivel de profundidad de afección en los mismos.

- **Impactos negativos identificados durante la etapa de construcción**

Las fuentes de impacto negativo en el ambiente que se identificaron en el proyecto, son las siguientes:

- Polvo y suelo suelto debido a la actividad de excavación y zanjeo.
- Vibración y ruido por apertura de zanjas.
- Presencia de trabajadores de la construcción que demandan servicios.
- Contaminación visual debido al movimiento de tierra y trabajos constructivos en sus diferentes fases constructivas.

- **Impactos negativos identificados durante la etapa de operación**

- No Aplica, debido a la naturaleza del proyecto.

- **Impactos positivos**

La ENCA, contará con una pasarela peatonal, la cual conectará el Campus Central y el terreno denominado Consulados, y será de beneficio para los estudiantes, catedráticos y personal administrativo que desarrollan sus actividades en la Institución.

- **Análisis de impactos**

En el cuadro 38, se puede observar la síntesis de la evaluación de los impactos ambientales durante la etapa de construcción.

Cuadro 38. Síntesis de la evaluación de impactos ambientales durante la etapa de construcción.

DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO				
Impacto Ambiental	Afecta	Fuente Generadora	Medida Preventiva y Correctiva	Medida de Mitigación
Polvo, vibraciones y suelo suelto.	<ul style="list-style-type: none"> • Atmósfera. • Suelo. • Estética. 	Excavación de zanjas.	La apertura de zanjas se hará durante el día (hora solar) con medidas de seguridad.	Humedecer el material para evitar la generación de polvo.

Continuación cuadro 38.

<p>Desechos sólidos comunes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Atmósfera. • Suelo. • Estética. • Biológico. • Hidrología. 	<p>Desechos propios de la construcción y desechos generados por trabajadores de la construcción.</p>	<p>Colocación de depósitos y extracción hacia el relleno sanitario más cercano.</p>	<p>Contratación de tren de aseo municipal para extracción y destino final en vertedero autorizado.</p>
<p>Desechos líquidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Atmósfera. • Suelo. • Estética. • Biológico. • Hidrología. 	<p>Desechos líquidos generados por trabajadores de la construcción.</p>	<p>Colocación de letrinas en lugares estratégicos.</p>	<p>Contratación de empresas que poseen servicio sanitario móvil.</p>
<p>Aglomeración de personas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Biológico. • Estética. • Socioeconómico. 	<p>Trabajadores de la construcción.</p>	<p>Selección del personal e indicaciones verbales de comportamiento.</p>	<p>Carteles, sistema de seguridad, guardianes.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en Bamaca, 2011.

• Síntesis de la evaluación de impactos ambientales

El proyecto tendrá impactos negativos durante la ejecución del proyecto, pero ninguno de estos generará efectos acumulativos. Por lo que se contempla que dichos impactos desaparecerán del área cuando sea concluida la obra.

B. Gestión ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

El instrumento de evaluación ambiental cumplió con todos los aspectos de carácter técnico que establece el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental Acuerdo Gubernativo 137-2016 y sus términos de referencia, con lo cual se pudo realizar el procedimiento administrativo ante el MARN donde se llevó a cabo su evaluación, contando actualmente con el estatus de aprobado, pudiéndose constatar a través del código EAI-2800-2018 asignado por dicho ministerio.

3.2.4 CONCLUSIONES

1. A través de la ejecución de este servicio se pudo elaborar el instrumento de evaluación de impacto ambiental del proyecto denominado "Construcción Pasarela Peatonal de Conexión entre Campus Central y el Área de Consulados de la ENCA (L1-16)", con base en lo estipulado en el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental Acuerdo Gubernativo 137-2016, donde se determinaron los posibles impactos al ambiente que se pudiesen generar, así mismo se llevó a cabo la implementación de medidas de mitigación preventivas, con la finalidad de reducir dichos impactos durante las etapas de construcción y operación, .
2. El instrumento de evaluación ambiental de categoría "C", correspondiente al proyecto de inversión "Construcción Pasarela Peatonal de Conexión entre Campus Central y el Área de Consulados de la ENCA (L1-16)", cumplió con los requerimientos establecidos por el MARN, lo cual permitió su ingreso a dicha institución. Actualmente el instrumento cuenta con la resolución ambiental, lo que permitió obtener la licencia de construcción en la municipalidad de Villa Nueva y posteriormente realizar la construcción de la infraestructura.

3.3 Servicio 2: Elaboración del instrumento de evaluación ambiental categoría "B2" correspondiente al proyecto de inversión "Construcción Puente Vehicular sobre el Río Platanitos (L2-16)".

3.3.1 OBJETIVOS

A. Objetivo general

1. Cumplir con los parámetros establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN, con base en el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental Acuerdo Gubernativo 137-2016, para la elaboración de instrumentos de evaluación ambiental.

B. Objetivos específicos

1. Elaborar el instrumento de evaluación ambiental categoría "B2", correspondiente al proyecto de inversión "Construcción Puente Vehicular sobre el Río Platanitos (L2-16)".
2. Realizar las gestiones pertinentes ante el MARN para el ingreso y evaluación del instrumento de evaluación ambiental.

3.3.2 METODOLOGÍA

A. Fase de gabinete I

El proyecto fue categorizado con base en los parámetros establecidos en el artículo primero del Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades, Acuerdo Ministerial No. 199-2016. Se determinó que las especificaciones constructivas del proyecto se acoplaban en la división 42 "Obras de ingeniería Civil".

B. Fase de campo

Se realizaron visitas de campo al sitio donde se llevarán a cabo las etapas de construcción y operación del puente vehicular, con el fin de recopilar la información necesaria, con la cual se realizó el llenado del Formato de Evaluación Ambiental Inicial (Forma DVGA-GA-R-002), y la elaboración del Plan de Gestión Ambiental.

C. Fase de gabinete II

Toda la información recopilada fue sintetizada, analizada y tabulada en el Instrumento de evaluación ambiental "B2". Se llevó a cabo el llenado del Formato de Evaluación Ambiental Inicial con base en los parámetros establecidos en la Forma DVGA-GA-003.

De igual manera se realizó el Plan de Gestión Ambiental utilizando los términos de referencia establecidos en la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales del MARN a través de la Forma DVGA-GA-006, en la cual se constituyen todos los parámetros que deben de cumplirse al elaborar un instrumento de dicha categoría.

3.3.3 RESULTADOS

A. Instrumento de evaluación ambiental tipo “B2”

Se realizó la elaboración del instrumento ambiental de categoría B2 del proyecto mencionado en el inciso correspondiente a este servicio. Se tomó como base el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental Acuerdo Gubernativo 137-2016.

A continuación, se presenta el documento escrito del instrumento ambiental, en cual se muestran los aspectos contemplados en los términos de referencia para la elaboración del Plan de Gestión Ambiental.

a. Introducción

En este Plan de Gestión Ambiental se presentan las especificaciones requeridas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-, que se establecen en el “Reglamento de Evaluación, control y seguimiento Ambiental Acuerdo Gubernativo 137-2016”. Tomando en cuenta las operaciones y acciones propuestas, con el objetivo de poder asegurar que el proyecto opere dentro de las normas legales, técnicas y ambientales, haciendo énfasis en los impactos, para la aplicación de medidas predictivas y correctivas según correspondan.

El presente instrumento ambiental es solicitado por el Ing. Agr. Cesar Vinicio Arreaga Morales, quien actúa en calidad de Representante Legal, de la Escuela Nacional Central de Agricultura, que se encuentra ubicada en el Km 17.5 carretera a Bárcena, en el municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala, con el objetivo de cumplir con las normas que establece el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN, se presenta a continuación el estudio titulado "Construcción Puente Vehicular sobre el Río Platanitos (L2-16)".

En la primera fase de este estudio se encuentran comprendidos los aspectos teóricos descriptivos del proyecto, dentro de los cuales se incluyen todos los datos de carácter general tales como la localización del proyecto y su entorno, brindando así un panorama general de las características propias del área de influencia.

La ENCA, es una entidad estatal, descentralizada y autónoma, con personalidad jurídica, y patrimonio propio, que está comprometida con la formación a nivel medio de futuros profesionales en los ámbitos agrícolas y forestales, a través de la organización y desarrollo de planes de estudio orientados a proveer los conocimientos necesarios, con el fin de contribuir en la búsqueda de soluciones viables, para afrontar las problemáticas a nivel nacional dentro del marco agropecuario y forestal.

Con base en las actividades académicas y productivas que se desarrollan dentro de las instalaciones de la ENCA, es de vital importancia el poder contar con estructuras que permitan la comunicación de todas las áreas, para poder fomentar un aprovechamiento integral de las mismas. La construcción del puente y el mejoramiento de la carretera permitirán el movimiento de maquinaria y equipo que es requerido en las actividades académicas cotidianas, además permitirá a los estudiantes, docentes, personal técnico y administrativo poder movilizarse de una manera segura y eficaz del campus central, hacia el área de Cultivos extensivos.

Se estima que el tiempo de vida útil del proyecto será de 25 años, y sus características se adecuarán a la densidad poblacional actual y futura. Se pudo identificar la presencia de impactos de procedencia negativa y positiva durante cada una de las fases del proyecto.

Para los impactos negativos se aplicarán medidas de acción que se proponen en este documento, estas medidas están relacionadas con la eliminación o disminución de estos impactos. Es importante mencionar que la construcción del proyecto, se llevará a cabo dentro del terreno propiedad de la ENCA, el cual posee un área total de 1, 425,318.00 m².

Para la elaboración del presente estudio se realizó el levantamiento de información en campo, con el propósito de evaluar las características ambientales del área, y determinar los impactos que se generarán con la implementación del proyecto. Con la información obtenida se llevó a cabo el proceso de sistematización y análisis para determinar el grado de los impactos y las medidas estratégicas ambientales correspondientes que se deberán de aplicar.

La valoración de los impactos que se identificaron durante el desarrollo de las diferentes fases del proyecto, se hizo bajo los criterios de evaluación del método RIAM (Matriz de Evaluación de Impactos Rápida), la cual nos permite la realización de un análisis sistemático, haciendo uso de datos cualitativos para la creación de un registro permanente.

La metodología empleada en este documento se definió considerando lo establecido en la “Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto 68-86”, y sus modificaciones, así como la “Guía Específica de Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales”.

b. Objetivo

• Objetivo general

- Elaborar el estudio de Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto "Construcción Puente Vehicular sobre el Río Platanitos (L2-16)", cumpliendo con los lineamientos de evaluación establecidos por el MARN.

- **Objetivos específicos**

- Implementar acciones orientadas hacia un modelo participativo de buenas prácticas ambientales durante el desarrollo de las diferentes fases del proyecto.
- Identificar y delimitar todas aquellas áreas dentro del proyecto que presenten contaminación ambiental de cualquier tipo.
- Evaluar la significancia de los potenciales impactos que serán generados durante el desarrollo del proyecto a través de los criterios de evaluación de la metodología RIAM.
- Definir las acciones predictivas y correctivas necesarias que permitan mitigar los posibles impactos adversos, por medio del establecimiento de programas de Gestión Ambiental.
- Proponer medidas de mitigación, que permitan disminuir los potenciales impactos a través de la coordinación con la ENCA y el MARN.

c. Justificación

El presente documento fue elaborado atendiendo la solicitud del representante legal. Con el fin de impulsar nuevos proyectos que se encuentren orientados al desarrollo integral sostenible. Es una obligación llevar a cabo el cumplimiento de los lineamientos establecidos dentro de las leyes nacionales.

La ENCA es una entidad orientada al desarrollo de conocimientos técnicos a nivel medio dentro del marco forestal y agropecuario nacional, que se encuentra comprometida con el cuidado del medio ambiente, a través de la búsqueda de alternativas enfocadas al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, contribuyendo así a disminuir los

impactos negativos que son generados en el ambiente, por el desarrollo de diversas actividades.

Dentro de la infraestructura actual de la ENCA, se cuenta con un puente vehicular ya establecido, que posee 12 metros de longitud, pero debido al paso del tiempo sus características constructivas se han visto deterioradas, tornándose insegura su utilización. Con el diseño, construcción y operación del nuevo puente vehicular y el mejoramiento de las condiciones de la carretera, se pretende promover la conectividad del Campus Central y el área de Cultivos Extensivos, para establecer planes estratégicos que permitan impulsar el desarrollo de las actividades productivas y académicas de una manera más eficiente y sin poner en riesgo la seguridad de los estudiantes y trabajadores que tienen una relación directa con estas dos áreas.

Este estudio tiene la finalidad de generar información sobre todos aquellos impactos que se puedan suscitar dentro del área de influencia del proyecto, durante la etapa de construcción y operación, con el objetivo de formular alternativas que ayuden a disminuir cualquier tipo de impacto que pueda provocar un deterioro al medio natural.

d. Información general

- **Datos del representante legal**

De acuerdo al artículo 7° de la Ley Orgánica de la ENCA, Decreto 51-86 del Congreso de la República de Guatemala, La representación legal de la ENCA la tiene el Presidente del Consejo Directivo, y podrá delegarla en el Director de la misma. Dicha representación podrá ejercitarse conjunta o separadamente.

El Director actual de la ENCA es el ingeniero Agrónomo Cesar Vinicio Arreaga Morales, certificando su calidad con el nombramiento contenido en la resolución del Consejo Directivo de la ENCA, número cero dos guion cero ciento dieciséis (02-0116), de fecha once de Enero

del año dos mil dieciséis, contenida en el Acta número cero uno guion dos mil dieciséis (01-2016) y de conformidad con el artículo siete de la Ley Orgánica de la ENCA, contenida en el Decreto número cincuenta y uno guion ochenta y seis (51-86) del Congreso de la República y sus Reformas.

- **Situación legal del terreno**

Según la certificación otorgada por el Registro General de la Propiedad de la República de Guatemala, el terreno donde se establece la ENCA, se encuentra inscrita en la finca número ciento cuarenta y uno (141), folio ciento cuarenta y uno (141) y libro dos mil ochocientos noventa (2890). El área total adjudicada es de un millón, cuatrocientos veinticinco mil, trescientos dieciocho metros cuadrados (1, 425, 318.00 m²).

- **Descripción del marco legal**

En el artículo número 79 de la Constitución Política de la República de Guatemala, se establece la creación de la Escuela Nacional Central de Agricultura, como una entidad descentralizada, autónoma, con personalidad jurídica y patrimonio propio. La ENCA deberá estar regida por legislación vigente de Guatemala, en representación de la Carta Magna, y su cumplimiento a través de los Organismos, Ejecutivo, Legislativo y Judicial.

- **Constitución Política de la República de Guatemala**

Artículo 28.- Derecho de petición. Los habitantes de la República de Guatemala tienen derecho a dirigir, individual o colectivamente, peticiones a la autoridad, la que está obligada a tramitarlas y deberá resolverlas conforme a la ley.

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

Artículo 93.- Derecho a la salud. El goce de la salud es derecho fundamental del ser humano, sin discriminación alguna.

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

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

- **Ley del Organismo Ejecutivo Decreto 114-97**

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

- Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental Acuerdo Gubernativo 137-2016

Artículo 4.- Principios de la evaluación ambiental. Los procedimientos de evaluación ambiental se sujetarán a los siguientes principios:

a) Principio de prevención. Este principio establece que toda acción humana tiene asociado un riesgo o impacto ambiental que es inherente a su naturaleza y la serie de procesos que involucra, lo que razonablemente permite predecir su alcance ambiental y adoptar medidas para evitar su impacto negativo; b) Principio de precaución. Implica la utilización de mecanismos, instrumentos y políticas, con el objetivo de evitar daños al ambiente y la salud de las personas, aunque no exista certeza científica absoluta sobre sus causas y efectos; en tal sentido, orienta la toma de decisión hacia la aplicación de medidas que contribuyan a evitar el incremento del deterioro ambiental; c) Principio de responsabilidad ambiental. Establece que las personas individuales o jurídicas tienen la obligación bajo su propia responsabilidad y como un mecanismo autónomo de regulación, la identificación de los impactos y riesgos ambientales que pueden o puedan estar produciendo algún grado de impacto ambiental positivo o negativo, y como consecuencia de ello, presentar el instrumento ambiental correspondiente para prevenir y/o corregir los impactos que se causen o causarán al ambiente, con el fin de lograr un equilibrio ecológico, privilegiando la importancia de conservar, proteger y preservar los elementos de su entorno mediato e inmediato; y g) Principio quien contamina paga y rehabilita. Principio que obliga a que una vez establecido el daño ambiental causado, la persona individual o jurídica responsable del hecho, está obligada a cargar con los costos del resarcimiento y la rehabilitación, teniendo en cuenta el interés público.

Artículo 11.- Instrumentos de gestión ambiental. Por su naturaleza y modo de aplicación, estos instrumentos se dividen en dos grupos, los denominados instrumentos ambientales (predictivos, correctivos y complementarios) y los denominados de control y seguimiento ambiental.

De los instrumentos ambientales (predictivos, correctivos y complementarios) se generan los correspondientes compromisos ambientales que deben adoptar los proponentes y que sirven de base para el control y seguimiento de los proyectos, obras, industrias o actividades.

Artículo 25.- Evaluación ambiental para la categoría B2. El procedimiento de evaluación de todos los proyectos, obras, industrias o actividades, clasificados dentro de esta categoría o en razón de su naturaleza de moderado a bajo impacto ambiental, será el siguiente: a) La DIGARN o la delegación departamental según corresponda, procederán a realizar la revisión de la información aportada, constatando que efectivamente se trate de una actividad enlistada como categoría B2 y que cumple con los requerimientos establecidos para este tipo de categoría; y, b) El análisis del instrumento ambiental se efectuará como máximo dentro de un plazo de 15 días, el que podrá ser prorrogado de acuerdo a las circunstancias propias del expediente tales como opiniones de otras entidades que son vinculantes referidas en el artículo 29 y 30 del presente reglamento, o bien por solicitud de ampliación de información al proponente; y, c) Cuando se trate de una denuncia penal por consignar documentación falsa dentro del expediente, el proceso se interrumpirá hasta que cese la causa que lo originó.

- **Código de Salud Decreto 90-97**

Artículo 1. Del derecho a la salud. Todos los habitantes de la República tienen derecho a la prevención, promoción, recuperación y rehabilitación de su salud, sin discriminación alguna

Artículo 41.- Afluentes Residenciales. "Sé prohíbe arrojar al medio ambiente, suelo, agua, aire los desechos nocivos a la salud. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, por medio de la Dirección General de Servicios de Salud, autorizará que puedan ser arrojados, previo tratamiento, en forma que determine el reglamento respectivo.

Artículo 43.- “Queda terminantemente prohibido a todos los habitantes causar molestias públicas, tal como ruido, vibraciones, malos olores o pestilencias, gases de cualquier naturaleza, polvos, en general emanaciones que puedan afectar a la salud o al bienestar de la población, el reglamento de esta Ley normará lo relacionado a esta materia”.

Artículo 68.- Ambiente Saludable. El ministerio de Salud en colaboración con la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, promoverán un ambiente saludable que favorezca el desarrollo pleno de los individuos, familiares y comunidades.

Artículo 74.- Evaluación de impacto ambiental y salud. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y las Municipalidades, establecerán los criterios para la realización de estudios de evaluación de impacto ambiental, orientados a determinar las medidas de prevención y de mitigación necesarias, para reducir riesgos potenciales a la salud derivados de desequilibrios en la calidad ambiental, producto de la realización de obras o procesos de desarrollo industrial, urbanístico, agrícola, pecuario, turístico, forestal y pesquero.

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

Artículo 102.- Responsabilidad de las municipalidades. Corresponde a las municipalidades la prestación de los servicios de limpieza o recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento de las normas sanitarias aplicables.

Artículo 103.- Disposición de los desechos sólidos. Se prohíbe arrojar o se acumular desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud a la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento y disposición final, sin la autorización municipal correspondiente, la que deberá tener en cuenta el cumplimiento de las medidas sanitarias establecidas para evitar la contaminación del ambiente, específicamente de los derivados de la contaminación de los afluentes provenientes de los botaderos de basura legales o clandestinos.

Artículo 107.- Desechos sólidos de la industria y comercio. Para el almacenamiento, transporte, reciclaje y disposición de residuos y desechos sólidos, así como de residuos industriales peligrosos, las empresas industriales o comerciales deberán contar con sistemas adecuados según la naturaleza de sus operaciones, especialmente cuando la peligrosidad y volumen de los desechos, no permitan la utilización del servicio ordinario para la disposición de los desechos generales. El Ministerio de Salud y la municipalidad correspondiente dictaminaran sobre la base del reglamento específico sobre esta materia.

- **Código Penal**

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

Artículo 347 "B" Contaminación Industrial. Se impondrá prisión de dos a diez años y multa de tres a diez mil quetzales, al Director, Administrador, Gerente, Titular o Beneficiario de una explotación industrial, la contaminación del aire, el suelo o las aguas mediante

emanaciones tóxicas, ruidos excesivos, vertiendo sustancias peligrosas o desechando productos que puedan perjudicar a las personas, animales, bosques o plantaciones.

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

Artículo 8: (Reformado por el Decreto del Congreso Número 1-93) Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente. El funcionario que omitiere exigir el estudio de Impacto Ambiental de conformidad con este Artículo, será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q5,000.00 a Q100,000.00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla.

Artículo 20.-Se crea el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, cuya función principal es la de velar por el estricto cumplimiento de la ley. Así, para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación de impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por dicha comisión.

Capítulo I Del sistema atmosférico. Artículo 14.- Para prevenir la contaminación atmosférica y mantener la calidad del aire, el Gobierno, por medio de la presente ley, emitirá los reglamentos correspondientes y dictará las disposiciones que sean necesarias para: a) Promover el empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones contaminantes; b) Promover en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para proteger la

calidad de la atmósfera; c) Regular las sustancias contaminantes que provoquen alteraciones inconvenientes de la atmósfera; d) Regular la existencia de lugares que provoquen emanaciones; e) Regular la contaminación producida por el consumo de los diferentes energéticos; f) Establecer estaciones o redes de muestreo para detectar y localizar las fuentes de contaminación atmosférica; g) Investigar y controlar cualquier otra causa o fuente de contaminación atmosférica.

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

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

Capítulo IV De la prevención y control de la contaminación por ruido o audial. Artículo 17.- El Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos correspondientes que sean necesarios, en relación con la emisión de energía en forma de ruido, sonido, microondas, vibraciones, ultrasonido o acciones que perjudiquen la salud física y mental y el bienestar humano, o que cause trastornos al equilibrio ecológico. Se consideran actividades susceptibles de degradar el ambiente y la salud, los sonidos o ruidos que sobrepasen los límites permisibles cualesquiera que sean las actividades o causas que los originen.

Capítulo V De la prevención y control de la contaminación visual. Artículo 18.- El Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos correspondientes, relacionados con las actividades que puedan causar alteración estética del paisaje y de los recursos naturales, provoquen ruptura del paisaje y otros factores considerados como agresión visual y cualesquiera otras situaciones de contaminación y visual, que afecten la salud mental y física y la seguridad de las personas.

Capítulo VI De la conservación y protección de los sistemas bióticos. Artículo 19.- Para la conservación y protección de los sistemas bióticos, (o de la vida para los animales y las

plantas), el Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos relacionados con los aspectos siguientes: a) La protección de las especies o ejemplares animales o vegetales que corran peligro de extinción; b) La promoción del desarrollo y uso de métodos de conservación y aprovechamiento de la flora y la fauna del país; c) El establecimiento de un sistema de áreas de conservación a fin de salvaguardar el patrimonio genético nacional, protegiendo y conservando los fenómenos geomorfológicos especiales, el paisaje, la flora y la fauna; d) La importación de especies vegetales y animales que deterioren el equilibrio biológico del país, y la exportación de especies únicas en vías de extinción; e) El comercio ilícito de especies consideradas en peligro; y f) El velar por el cumplimiento de tratados y convenios internacionales relativos a la conservación del patrimonio natural.

e. Descripción del proyecto

- **Síntesis del proyecto**

El proyecto consiste en el mejoramiento de 150 m lineales de carretera y la construcción de un puente vehicular de dos carriles sobre el cauce del Río Platanito, con capacidad de soportar una carga de 18.7 toneladas. El puente tendrá una longitud de 19.6 m y un ancho de 6.4 m y constará de dos partes; Sub-estructura y Súper-estructura (Alfaro 2017).

Dentro de las preparaciones preliminares se contempla la remoción de monte, maleza y arbustos pequeños y árboles, que obstaculicen el desarrollo del proyecto a lo largo de 150 metros lineales y 20 metros transversales. Así mismo se realizará la construcción de una bodega provisional, donde se almacenarán materiales, equipo y herramientas (Alfaro 2017).

Según Alfaro (2017), la fase de construcción consistirá en la colocación de concreto de cemento hidráulico con un espesor de 0.15 metros, el pavimento se colocará fundiendo desde el centro hacia los extremos de la carretera, actividad que se realizará instalando formaletas de metal o madera en los laterales longitudinales. Debido a sus características, el concreto deberá ser compactado con un vibrador mecánico. Así mismo se prevé durante

esta fase, la construcción de muros de contención de cemento ciclópeo, el relleno estructural de aproche del puente, la colocación de estribos de concreto reforzado y la unión de las vigas principales con breizas tipo K, la colocación de once postes para la distribución de las barandas, la fundición de la losa vehicular y la acera peatonal, además de colocar la pintura de marcación del pavimento y la señalización de tráfico preventiva.

La operación de este puente será ejecutada propiamente por los usuarios de la ENCA entendiéndose los estudiantes, docentes, y personal técnico – administrativo de la institución, por ello se estima una baja afluencia de automóviles. Los tipos de vehículos que pasarán sobre la carretera y el puente serán de carga tipo agrícola y pick up.

- **Localización geográfica**

El proyecto se encontrará dentro de las instalaciones de la ENCA que se ubica en el Km 17.5 Carretera a Bárcena, Municipio de Villa Nueva, en el Departamento de Guatemala. Las coordenadas geográficas del proyecto son; 14° 32' 04.0" N y 90° 36' 43.3" O.

- **Área de construcción**

El área total del terreno dentro del cual se llevará a cabo la construcción del proyecto, se encuentra constituido por 1,425,318.00 m², El puente vehicular y el mejoramiento de la carretera tendrán un área estimada de construcción y ocupación de 1,098.66 m².

- **Área de influencia**

El proyecto colindará hacia el Norte con el Campus Central y la carretera que conduce hacia Bárcenas RD-16, hacia el Suroeste con la colonia Ulises Rojas, al Sureste con Altos de

Bárcenas, al Noreste con San José Villa Nueva, hacia el Sur con el área de Cultivos Extensivos y en el Noroeste con la aldea Bárcena.

- **Ubicación político administrativa**

El proyecto estará ubicado en la finca propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura –ENCA-, que se localiza en el km 17.5 Carretera a Bárcena, Municipio de Villa Nueva, Departamento de Guatemala. Su acceso es a través de la carretera que conduce hacia Bárcena RD-16, la cual se comunica con la autopista C-9, carretera al pacífico. El proyecto responde a la necesidad de comunicación del Campus Central y el área de Cultivos Extensivos, con el propósito de llevar a cabo las actividades académicas correspondientes de una manera segura y eficiente, brindando así una educación de excelencia dentro de los ámbitos forestal y agropecuario.

- **Amenazas naturales y fragilidad del ambiental**

- **Amenazas sísmicas**

Se estima que varios terremotos con magnitudes Richter de 7.75 ± 0.3 han sucedido y causado grandes daños a lo largo de los 200 kilómetros de costa entre El Salvador y Guatemala con una regularidad de 71 ± 17 años aparentemente desde 1575. Según este mismo análisis, la probabilidad condicionada de que un terremoto de magnitud similar ocurra en dicha área en los próximos 20 años es del $50\% \pm 30\%$ (White et al 2004).

Los registros que existen de los años 1525 a 1710, que fueron compilados por White y colaboradores, muestran al menos 18 terremotos con intensidades Mercalli entre VII y VII. Existen tres fuentes sísmicas en el país: La zona de subducción, las grandes fallas del Norte y las fallas menores en el Altiplano. Cada una de estas ha generado sismos significados con alto grado de potencia destructiva. A la fecha existen cuatro estudios que estiman

directamente el potencial de la amenaza sísmica en Guatemala, que muestran resultados similares y concluyen que la amenaza aumenta gradualmente desde el Norte hacia el Sur del país (White et al 2004).

- **Áreas protegidas y ecosistemas frágiles**

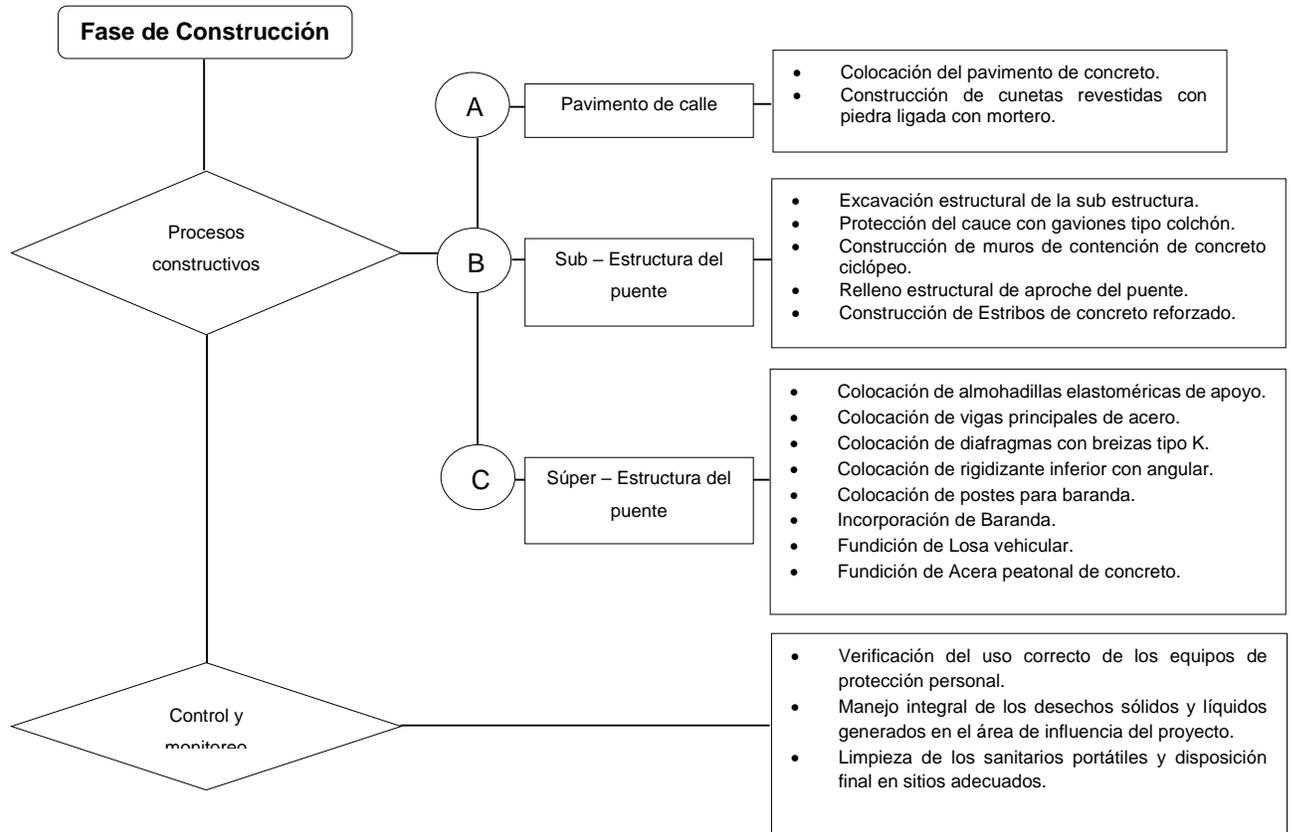
A través del análisis efectuado se pudo determinar que el proyecto no se ubica dentro de ningún área protegida como lo establece la Ley de Áreas Protegidas, Decreto 4-89 del Congreso de la República de Guatemala, y sus modificaciones contempladas en el Decreto 110-96, las cuales se hacen cumplir a través del Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP. En resumen, las zonas aledañas al área del proyecto no presentan ningún sitio arqueológico o histórico que pudiera sufrir algún tipo de daño o deterioro durante la ejecución de las actividades de construcción o por las acciones que se realizarán en la fase de operación. La fase de abandono tampoco causará ningún tipo de impacto negativo que dañe patrimonio histórico.

f. **Componente del proyecto y sus fases**

- **Fase de construcción**

Se realizarán todos los trabajos de carácter constructivo, mediante el establecimiento de acciones coordinadas, con el objetivo de maximizar la eficiencia durante la ejecución de esta fase. Se deberán de respetar las normas y lineamientos previamente planteados dentro del marco de ejecución del proyecto.

En el flujograma siguiente, se pueden observar todas las actividades que se llevaran a cabo durante la etapa de construcción.



Fuente: elaboración propia 2018.

Figura 27. Flujograma de las actividades que se desarrollarán durante la fase de construcción.

Se tomarán en consideración los aspectos más importantes englobados en cada una de las actividades de carácter constructivo, tanto de los trabajos preliminares que se deben de realizar previo a la construcción del proyecto, como en la fase de construcción en sí misma. Las actividades que se llevarán a cabo durante esta fase, son las siguientes; a) Corte de material común para ampliación de camino y cajuela; b) Construcción de muros de contención; c) Reacondicionamiento de sub rasante; d) Colocación de capa de base triturada; e) Retiro de material sobrante; f) Colocación del pavimento de concreto; g) Construcción de cunetas revestidas con piedra ligada con mortero; h) Excavación estructural de la sub estructura; i) Protección del cauce con gaviones tipo colchón; j) Construcción de muros de contención de concreto ciclópeo; k) Relleno estructural de

aperoche del puente; l) Construcción de Estribos de concreto reforzado; m) Colocación de almohadillas elastoméricas de apoyo; n) Colocación de vigas principales de acero; ñ) Colocación de diafragmas con breizas tipo K; o) Colocación de rigidizante inferior con angular; p) Colocación de postes para baranda; q) Incorporación de Baranda; r) Colocación de Losa vehicular; y s) Fundición de Acera peatonal de concreto (Alfaro 2017).

Todas las actividades de construcción, se encontrarán a cargo de la empresa ejecutora. Cualquier acción que se realice dentro de esta fase estará regida bajo las normas que estipule el MARN, referente al cuidado ambiental y la protección del entorno natural dentro del área de influencia del proyecto.

- **Disposición de materiales en la fase de construcción**

Todos los materiales constructivos que se utilizarán en el proyecto, cumplirán las especificaciones técnicas que se muestran a continuación. El ejecutor solicitará los materiales del proveedor que considere más conveniente, pero si el producto no presenta características uniformes y satisfactorias, éste será rechazado y se deberá de proveer material de otra fuente (Alfaro 2017). De utilizarse material que no haya sido aprobado, y que presente características inaceptables que no permitan su utilización, se solicitará que dicho material sea retirado.

Para realizar adecuadamente los trabajos requeridos en la fase de construcción, todos los materiales que se utilizarán serán nuevos y de una calidad alta para garantizar el excelente desempeño de los mismos y cumplir con los requisitos mínimos de resistencia estructural establecidos por las normas respectivas. Las especificaciones que los materiales cumplirán se citan a continuación:

Según Alfaro (2017), el concreto que se utilizará durante la fase de construcción, presentará una resistencia mínima a la compresión de 211 kg/cm² (3,000 PSI). Si su elaboración es *in*

situ, el concreto será mezclado en un lugar apropiado. Los materiales para la fabricación del concreto cumplirán con las siguientes especificaciones.

- **Cemento hidráulico**

La resistencia será de 28MPa (3000, lb/pulg²), correspondiente a una resistencia mostrada a los 28 días en morteros de cemento normalizado AASHTO T 106, ASTM C 109 y COGUANOR NG 41003.h10, además se ajustará a las Normas AASHTO M85, o ASTM C 150 o bien a la COGUANOR NG 41005 especial para los Cementos Portland ordinarios, indicando su clase de resistencia en MPa o en lb/pulg². No se mezclarán diferentes tipos de cementos (Alfaro 2017).

- **Agregado fino**

El agregado cumplirá con las normas para agregados de concreto COGUANOR NGO 41007 y ASTM C33, y estará constituido por arena de trituración o arena de río, y se descartarán todos aquellos materiales constituidos por cieno, o desechos orgánicos que puedan afectar las cualidades del concreto (Alfaro 2017).

- **Agregado grueso**

Este material estará libre de terrones de arcilla, polvo y otros materiales que puedan comprometer sus cualidades y se estará formado por grava o pedrín. Así mismo se cumplirán con las normas para agregados de concreto COGUANOR NGO 41007 y ASTM C33. Para el agregado grueso el tamaño nominal máximo no será superior a 1/5 de la separación entre los lados de la formaleta, 1/3 del peralte de la losa, 3/4 parte del espaciamiento libre entre las varillas, cables, formaletas y paquetes de varillas (Alfaro 2017).

- Agua

Al realizar la mezcla del concreto, el agua que se agregará será limpia y presentará bajas concentraciones de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos y cualquier otra sustancia que pueda afectar las características del concreto o del acero de refuerzo (Alfaro 2017).

- Aditivos

Todos los aditivos reductores de agua, cumplirán con las especificaciones ASTM C494, ASTM C260, ASTM C618, entendiéndose incluso los aditivos que presenten características para retardar o acelerar procesos, entre otros. Los aditivos presentarán la misma composición y comportamiento en el concreto, presentando un rendimiento uniforme en todas sus aplicaciones en la construcción (Alfaro 2017).

- Formaletas

Las formaletas que se utilizarán para la fundición podrán ser de metal o de madera, las longitudes de las columnas y miembros a compresión no excederán 30 veces la menor dimensión de la sección transversal de miembro. Se reforzarán las formaletas, para que puedan retener el concreto con la resistencia que se requiere, evitando el surgimiento de abultamientos entre los soportes. Si las formaletas por alguna razón no dejarán escapar el mortero, éstas se retirarán con cuidado, para evitar el daño a la superficie del concreto (Alfaro 2017).

Las formaletas de madera serán cepilladas y el espesor que tendrán no excederá de 3/4". Se permitirá un espesor de 5/8", solo en el caso de que se utilice madera con recubrimiento impermeable. Para prevenir la adhesión de la superficie interior de las formaletas con el

concreto se aplicará grasa o aceite con bajo espectro de absorción, para evitar que sea absorbido por el concreto (Alfaro 2017).

La remoción de la formaleta se realizará de una manera segura para garantizar que las propiedades de las estructuras no presenten ningún daño. El concreto que las formaletas sostienen será lo suficientemente resistente para no sufrir daños posteriores, y las imperfecciones que se presenten serán reparadas inmediatamente después de la remoción de las formaletas. Los tiempos mínimos que permanecerán las formaletas son los siguientes: Columnas: 2 días, Vigas: 15 días, Losas: 28 días (Alfaro 2017).

- **Acero de refuerzo**

El acero de refuerzo que se utilizará será corrugado a excepción de las barras No. 2 ($\frac{1}{4}$ "), además las varillas de refuerzo serán legítimas de grado 40, a menos que se indique lo contrario, estas serán de fluencia 40,000 lb/pulg² (Alfaro 2017).

- **Alambre de amarre**

Se utilizará alambre para amarre de refuerzo calibre 16 (Alfaro 2017).

- **Bloques**

Los bloques que se utilizarán, son elementos de mampostería de la clase denominada "bloques de alta compresión, curado al vapor y vibrado a máquina", tipo A (ASTM C-90-75). Todos los bloques se obtendrán solo de un fabricante, para garantizar la homogeneidad de los mismos, además no se aceptarán blocks dañados, que puedan comprometer la resistencia y/o la apariencia de la construcción. Todos los bloques cumplirán con la con la norma COGUANOR NGO 41-054 (Alfaro 2017).

- **Acero estructural**

Para la estructura principal del puente se utilizarán placas de acero ASTM-A36, con un refuerzo mínimo de 36 ksi (2531 kg/cm²). Los pernos a utilizar en el armado de la estructura serán ASTM A325 y estarán galvanizados, además las arandelas y las tuercas también serán galvanizadas y cumplirán con las normas A563 C y F-436 respectivamente (Alfaro 2017).

• **Manejo de materias primas**

Todo el material será almacenado en sitios adecuados dentro del área de influencia del proyecto, para procurar su rápida movilización dentro de la zona de construcción. La cantidad y la frecuencia de utilización del material de construcción quedarán a criterio de la empresa ejecutora, ya que ellos podrán seleccionar al distribuidor más idóneo, una vez cumpla con los requisitos mínimos planteados en este documento (Alfaro 2017).

• **Actividades preliminares**

- **Topografía, referencias y control de obra**

Previo a la ejecución de los trabajos de construcción, se realizará un replanteo topográfico de precisión. La topografía se efectuará sobre la línea del eje central del puente que se construirá, tomando un ancho mínimo de 20 metros. Así mismo deberá efectuarse topografía de precisión sobre el cauce del río en por lo menos 100 metros a lo largo de éste y en un ancho mínimo de 30 metros (Alfaro 2017).

En puntos fijos del proyecto, se colocarán referencias topográficas de niveles y ejes principales del proyecto. De no existir puntos para colocar las referencias, deberán fundirse bancos de referencia de 0.15 m de diámetro y 0.30 m de profundidad mínima. El constructor

deberá trazar y medir los ejes y sus elementos con estación total y nivel de precisión. Se aceptarán errores máximos en planta y niveles de 3 milímetros (Alfaro 2017).

- **Acondicionamiento del área**

Se realizará la remoción de arbustos pequeños, arboles, malezas y cualquier otro material u objeto que pueda comprometer la integridad y el desarrollo del proyecto. Esta actividad se realizará a lo largo de 150 metros lineales y 20 metros transversales. Todo el material de desecho deberá de ser acumulado en un sitio específico, donde se hará la recolección del mismo (Alfaro 2017).

- **Construcción de bodega provisional**

Se construirá una bodega para el almacenamiento y resguardo de las herramientas, equipo y materiales que se utilizarán durante toda la fase de construcción. Esta construcción se encontrará en un lugar estratégico donde no obstruya el paso vehicular ni peatonal y no se permitirán construcciones provisionales, inseguras o peligrosas que pongan en riesgo a los transeúntes o al mismo personal de obra (Alfaro 2017).

• **Movimiento de tierras**

- **Corte de material común para aplicación de camino y cajuela**

Para asegurar el flujo continuo de material constructivo, se realizarán las operaciones de corte y remoción de todo aquel material independiente de su naturaleza, para incorporarlo en la construcción de rellenos, terraplenes y cualquier elemento que implique la construcción de la carretera. Cuando se hayan completado todos los rellenos y demás elementos, con el material proveniente del corte y exista material sobrante, éste tendrá que desperdiciarse

cuando así haya sido contemplado en el diseño o porque el material es inadecuado (Alfaro 2017).

El trabajo consistirá en la excavación, remoción, retiro, construcción, conformación, compactación y suministro e incorporación del agua requerida para efectuar estas operaciones; excavación de cunetas, contra cunetas y su prolongación; afinamiento, acabado y terminación de todo el trabajo de terracería. Deberán dejarse taludes de corte en relación 1:3 y taludes de relleno en relación 2:1 (Alfaro 2017).

- **Reacondicionamiento de sub rasante**

Se reacondicionará la sub – rasante para su utilización como base en la estructura del pavimento. Se deberá de compactar como mínimo al 90% de la densidad máxima, determinada por el método AASHTO T 180 y los últimos 300 milímetros se compactarán como mínimo, al 95% de la densidad máxima determinada por el método citado (Alfaro 2017).

En secciones de corte, la sub-rasante se escarificará hasta una profundidad de 300 milímetros debajo del nivel de diseño de la sub-rasante, esta debe de compactarse hasta el 95% de la densidad máxima determinada como se indica en el párrafo anterior. En ambos casos, la compactación se comprobará en el campo, de preferencia mediante el método AASHTO T 191 (ASTM D 1556). Con la aprobación escrita del Delegado Residente, se pueden utilizar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos (Alfaro 2017).

- **Capa de base triturada de 0.20 m**

El trabajo consistirá en la colocación, tendido y compactación de una capa de base triturada de 0.20 m. El material de la base tritura consistirá en la mezcla de piedra o grava triturada y material de relleno. Se tiene como objetivo construir un pavimento destinado

fundamentalmente a transmitir y distribuir las cargas que se originarán por el tránsito vehicular, hacia las capas subyacentes (Alfaro 2017).

El valor para el soporte de la base triturada deberá tener un CBR mínimo de 50 para la sub-base y de 90 para la base y será determinado través del método AASHTO T 193. La porción de agregado que se retendrá en el tamiz de 4.75 mm, no deberá tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 50 a 500 revoluciones y se determinará por el método AASHTO T 96 (Alfaro 2017).

En el momento de colocarse el material de base triturada en la carretera, esta no debe de presentar fracciones mayores a 0.425 mm, incluyendo el material de relleno. El índice de plasticidad no deberá de ser mayor de 6 para la sub-base ni mayor de 3 para la base y se determinará a través del método AASHTO T 90. El líquido AASHTO T 89, no tendrá que ser mayor a 25 tanto para la sub-base como para la base, determinados ambos sobre una muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146. Cuando las Disposiciones Especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad para la base puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 6 (Alfaro 2017).

- **Retiro de material sobrante**

El material inapropiado y sobrante producto de las operaciones de excavación y relleno, se retirará completamente del proyecto, a través del tren de aseo de la Municipalidad de Villa Nueva, para su disposición en un botadero de ripio autorizado. El material sobrante que se genere durante la fase de construcción, no será situado en ningún lugar público o dentro de las instalaciones de la ENCA (Alfaro 2017).

- **Pavimento de calle**

- **Colocación de pavimento de concreto 3500 PSI de 0.15 m**

Consistirá en la colocación de concreto de cemento hidráulico con una resistencia a la compresión de 3500 PSI (246 kg/cm²), determinado por AASHTO T 22 (ASTM C 39) y una resistencia a la flexión de 550 PSI (39 kg/cm²) determinado por AASHTO T 97 (ASTM C 78) con un espesor de 0.15 m como mínimo. El concreto que se utilizará será simple sin refuerzo (Alfaro 2017).

El pavimento se instalará fundiendo primero un extremo del centro de la calle hacia los límites mostrados con el porcentaje de bombeo respectivo. La fundición se hará colocando formaleta de metal o madera en los laterales longitudinales. Será obligatorio el uso de vibrador de concreto para compactar la fundición, así mismo será obligatorio el curado superficial de cada fundición por el método más conveniente autorizado por el Delegado Residente de la supervisión. La formaleta lateral podrá retirarse 24 horas después de cada fundición (Alfaro 2017).

Se formarán planchas de concreto, haciéndose cortes transversales a cada dos metros con una profundidad mínima de una pulgada. El corte del concreto se hará a las 24 horas posteriores de cada fundición. Todas las juntas aserradas se sellarán con emulsión asfáltica en caliente o poliuretano elastomérico. Para el acabado superficial del pavimento, se harán ranuras transversales espaciadas de 12 a 25 milímetros con una profundidad de 3 a 6 milímetros (Alfaro 2017).

- **Cunetas revestidas con piedra ligada con mortero**

Estas estructuras se situarán hacia ambos extremos de la calle, y serán revestidas con concreto ciclópeo. Éstas servirán para transportar el agua pluvial que precipita sobre la corona y los taludes redirigiéndola hacia los desfogues respectivos. Los trabajos consistirán

en la excavación, alineamiento, colocación de formaletas y fundición de secciones alternas a cada 2 m. Previo al revestimiento de las cunetas, se compactará adecuadamente el fondo. El mortero estará formado por una parte de cemento hidráulico y por tres partes de agregado fino, proporción en peso (Alfaro 2017).

Las superficies de las piedras se humedecerán antes de colocarlas, para retirar, arcilla o cualquier materia extraña. Las piedras limpias se colocarán uniformemente para formar hiladas regulares. Las separaciones entre piedra y piedra no deben ser menores de 15 mm ni mayores de 30 mm (Alfaro 2017).

- **Sub estructura del puente**

- **Excavación estructural de la sub estructura**

En ambos extremos del puente, se construirán muros de contención horizontal, para frenar el arrastre de materiales y el movimiento de tierras, por lo que se efectuarán excavaciones estructurales para el acondicionamiento de dichas estructuras (Alfaro 2017).

La excavación se hará de forma mecánica, todo aquel material que se genere durante la excavación que se considere inapropiado, no podrá quedarse dentro de los márgenes del río, ni será depositado en sitios no aptos (Alfaro 2017).

- **Protección del cauce con gaviones tipo colchón**

En el cauce del río, iniciando en la parte inferior del muro de contención de la estación 0+067 y finalizando en la parte inferior del muro de contención de la estación 0+086.60 se colocarán estructuras de gavión tipo colchón de 0.20 m de altura (Alfaro 2017).

La malla que se colocará será hexagonal a doble torsión, formando hexágonos de 6X8 cm. El alambre de los hexágonos será de 2.2 mm (Calibre C-13) y los refuerzos de los bordes con alambre de 2.7 mm (Calibre C-12). Los alambres de los colchones llevarán un recubrimiento galvanizado de 250 g/m². Las piedras con las cuales se rellenarán los colchones tendrán una dimensión mínima de 5 cm y una máxima de 10 cm, el peso mínimo de la estructura formada por los colchones será de 1600 Kg/m³ (Alfaro 2017).

- **Muro de contención**

Se llevará a cabo la construcción de dos muros de contención, el primero tendrá una base de 2.20 m y una corona de 0.30 m con una altura de 3.57 m, el segundo muro poseerá una base de 1.80 m más una corona de 0.30 m y con una altura de 2.57 m, estas dos estructuras serán construidas utilizando concreto ciclópeo. El concreto estará conformado por dos terceras partes de concreto clase 17.5 de 2500 PSI (175 kg/cm²) y por una tercera parte de roca bola de 4", 6" y 8" éstas se colocarán de una manera segura en la mezcla de concreto. Las formaletas a utilizar podrán ser de metal o de madera y deberán de permanecer por lo menos 24 horas en contacto con el concreto después de la fundición (Alfaro 2017). Para la compactación en cada una de las fundiciones se utilizará un vibrador de tipo mecánico y no se podrá dejar caer mezcla de concreto a una altura mayor a 1.20 m.

Se colocarán drenajes de PVC de Ø2" a cada 2 m en sentido horizontal y vertical de forma zigzag. El relleno será compactado en capas no mayores a 0.30 m. El material tendrá una dimensión máxima de 50 mm y un máximo del 15% pasará por el tamiz 200 de acuerdo con la norma AASHTO T-27 y T-11. El límite líquido del material será del 30% de acuerdo con la norma AASHTO T-89 (Alfaro 2017).

Cada capa será compactada en un porcentaje no menor al 90% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO 180, y los últimos 300 milímetros superiores deberán de ser compactados como mínimo en un 95% de igual manera con el método anteriormente

citado. La compactación será comprobada en campo, a través del método AASHTO T 191 (ASTM D 1556) (Alfaro 2017).

- **Relleno estructural de aproche del puente**

El espacio que queda entre el muro de contención de cada extremo y la excavación estructural se rellenará con material apropiado en capas no mayores de 0.30 m. Este trabajo consistirá en la excavación, remoción y transporte del material apropiado, retiro del material inadecuado y su reemplazo, colocación del material con la humedad requerida, conformación y compactación del relleno y la limpieza final que sea necesaria para la adecuada terminación del trabajo (Alfaro 2017).

El material tendrá una dimensión máxima de 50 mm y un máximo del 15% y pasará por el tamiz 200 de acuerdo con la norma AASHTO T-27 y T-11. Además, el límite líquido del material será del 30% de acuerdo con la norma AASHTO T-89 (Alfaro 2017).

Cada capa se compactará como mínimo al 90% de la densidad máxima, determinada según el método AASHTO T 180, y los últimos 300 milímetros superiores se compactarán como mínimo al 95% de la densidad máxima determinada por el método citado. La compactación se comprobará en el campo, de preferencia mediante el método AASHTO T 191 (ASTM D 1556) (Alfaro 2017).

Las capas serán compactadas con equipo apropiado para asegurar una compactación uniforme y no se llevará cabo el acondicionamiento de una nueva capa, hasta que la anterior llene los requisitos de compactación especificados (Alfaro 2017).

- **Estribos de concreto reforzado**

Se realizará la construcción de dos estribos de concreto reforzado. La cortina del estribo estará reforzada con 14 hierros longitudinales No.4 y será de 0.30 m X 1.23 m y estribos No.5 @ 0.20 m. La base del estribo será de 0.80 m X 0.40 m y estará reforzada con 6 hierros longitudinales No.5 y estribos No.4 @ 0.20 m. Para integrar el estribo del puente al muro de contención de concreto ciclópeo, el fondo del estribo del puente llevará una muesca trapezoidal de 0.35 m X 0.10 m. El concreto será de clase 28 de 4000 PSI (280 kg/cm²) y el acero de refuerzo será grado 60 ($F_y = 4217 \text{ kg/cm}^2$) (Alfaro 2017).

Cada uno de los estribos tendrán una separación de 88 pulgadas (2.235 m), en la fundición del estribo deberán dejarse incorporados 4 pernos A-325 de Ø1" con una longitud de 14". Deberá dejarse en la parte superior de cada cortina un angular de 4"X4"X1/4" con un gancho de hierro corrugado No. 4 (Alfaro 2017).

Para el encofrado los estribos se utilizará una formaleta de madera o metal, y éstas tendrán contacto directo con el concreto duran 24 horas después de la fundición, así mismo se utilizará un vibrador en cada una de las fundiciones para compactar de una manera adecuada el concreto, podrá fundirse primero la base del estribo y posteriormente la cortina, se dejará una junta fría horizontal, acondicionando una muesca de 0.10 m x 0.03 m en la fundición de la base (Alfaro 2017).

- **Súper estructura del puente**

- **Almohadillas elastoméricas de apoyo**

Se colocarán de soporte bajo cada extremo de las vigas principales y sobre las vigas de apoyo del puente. Los mismos estarán constituidos por planchas de acero galvanizado de 1/8" y planchas de neopreno de 1/8" y 1/2". El neopreno cumplirá con lo establecido en la norma AASHTO M 251 (Alfaro 2017).

- **Vigas principales de acero de 36" de peralte**

Se construirán en el puente cuatro vigas principales de acero A-36, estas estarán separadas a cada 88 pulgadas, y tendrán una longitud total de 744 pulgadas. Las vigas estarán compuestas por dos patines uno en la parte superior que tendrá 12 pulgadas de ancho y un espesor de $\frac{3}{4}$ de pulgada, y el patín inferior será de 16 pulgadas de ancho y un espesor de 1 pulgada. Ambos patines se unirán al alma de la viga que tendrá 36 pulgadas de alto y $\frac{1}{2}$ pulgada de espesor mediante cordones corridos de soldadura E7018 de $\frac{3}{8}$ de pulgada de filete mínimo (Alfaro 2017).

Se dejará una reducción especial a la sección de la viga en cada extremo, para reducir el alma de la viga a 19 $\frac{9}{16}$ " en una longitud de 18 pulgadas. En cada extremo del alma se soldarán 11 rigidizantes de los cuales 6 tendrán perforaciones para sujetar el embreizado K y 5 para los postes de protección. Los rigidizantes se soldarán al alma mediante cordones corridos de soldadura E7018 de $\frac{5}{16}$ " de filete mínimo y serán de 35 $\frac{7}{8}$ "X6"X $\frac{1}{2}$ " (Alfaro 2017).

Se soldarán dos pasadores de cortante de $\frac{3}{4}$ " X 6" a lo largo de los patines superiores de las vigas y estarán separados 4" entre si y colocados a cada 24", los pasadores de cortante serán varillas corrugadas en 60° y podrán sustituirse por pernos tipo Nelson Stud. Se pondrán dos capas (3 mils) de pintura anticorrosiva primaria industrial de alto desempeño de secado rápido, a base de pigmentos y resina de caucho clorado libre de plomo y mercurio, a todos aquellos elementos metálicos, correspondientes a la estructura principal incluyendo platinas, rigidizantes y postes para baranda. Se pintará con 1.5 mils de pintura esmaltada industrial alquílquida, libre de plomo y mercurio en el color autorizado por el Delegado Residente de Supervisión (Alfaro 2017).

La pintura que se aplicará deberá de resistir ralladuras y golpes que se produzcan durante la instalación y a lo largo de 10 años. Podrán sustituirse el anticorrosivo y el esmalte por 275 gr/m² de galvanizado por inmersión en caliente (no se permitirán procesos de galvanizado en frio) (Alfaro 2017).

- Diafragmas con breizas tipo K

Se unirán las vigas principales con breizas tipo K, cada sección de embraizado se conformará por dobles angulares de 3"X3"X3/16", que estarán en posición horizontal tanto en la parte superior como en la inferior, y dos diagonales en V que formarán dobles angulares de 3"X3"X3/16". Se soldarán a las platinas para embraizado de 6"X9"X3/8", los angulares dobles en hacer A-36. Se realizará la unión de los rigidizantes de viga a las secciones de embraizado tipo K, mediante pernos A-325 de $\text{Ø}3/4"$ X 2 1/2" (Alfaro 2017).

- Rigidizante inferior con angular de 4"X4"X1/4"

Se soldarán platinas de 12"X8"X3/8" a los patines inferiores de las vigas principales, y estarán separadas a cada 132 pulgadas (3.353 m). Se colocará en forma diagonal 1 angular de 4"X4"X1/4" en acero A- 36. Los angulares se asegurarán con pernos A-325 de 2.1/2" a las platinas y estas irán soldadas a los patines de las vigas (Alfaro 2017).

- Postes para baranda W6X15, h= 6 pies

Se colocarán 11 postes con perfiles W6X15 a cada extremo del puente en acero A-36 y tendrán una altura de 6 pies. Se sujetarán los postes a la estructura del puente mediante una platina que estará soldada a este y pernada al rigidizante de la viga. Se soldará a la parte inferior del poste a 27.3/4", una sección angular de 3"X3"X1/8" incorporada a la acera peatonal (Alfaro 2017).

- **Baranda con 2 tubos de Ø 2" cédula 40**

Se llevará a cabo la colocación de 2 tubos de 2" cedula 40 en los postes de protección, se perforarán los postes 1/16" más grande que el diámetro exterior del tubo y los tubos se harán pasar, para su posterior soldadura, alrededor del poste y el tubo (Alfaro 2017).

Se unirán los tubos con soldadura en cordón corrido o acoples roscados, y se colocarán al final de cada uno tapones roscados o se llenarán con lamina de 1/8". Se colocará dos manos de pintura de secado rápido anticorrosiva a toda la estructura de la baranda, y dos manos más de pintura esmaltada industrial de alta calidad (Alfaro 2017).

- **Tubería de PVC de Ø4" para drenaje pluvial**

Se colocarán desfogues pluviales de tubo PVC de 4", en cada uno de los extremos de las aceras peatonales y bajo éstas, con una pendiente del 2% y se fundirán junto con la acera peatona I (Alfaro 2017).

- **Losa vehicular de 8.1/2" tipo losacero con concreto clase 28**

Se colocará losacero sección 4 calibre 22 en acero grado 37 de acuerdo a las normas ASTM A-653, en sentido transversal a las vigas principales, sobre esta estructura se fundirá una losa de concreto reforzado de 8.1/2" pulgadas de espesor. Se reforzará la losa en la parte superior con No. 4. G60° a cada 0.30 m en ambos sentidos y de igual manera se reforzará la parte inferior con No. 5. G60° a cada 0.30 m en ambos sentidos (Alfaro 2017).

El concreto que se utilizará para la fundición será de clase 28 de 4000 PSI (280 kg/cm²), se dejarán estribos de hierro No. 3. @ 0.20 m, incorporándolos en la función para la acera peatonal, además se harán ranuras transversales espaciadas de 12 a 25 milímetros con profundidad de 3 a 6 milímetros para hacer el acabado superficial de la losa (Alfaro 2017).

- **Acero peatonal de concreto clase 28**

Las aceras peatonales que se fundirán, también serán reforzadas con 3 hierros longitudinales No. 4 y estribos No. 3 @ 0.20 m, además las aceras tendrán un peralte de 8" (0.203 m) y un ancho de 24" (0.610 m), se les colocará un relleno liviano, el cual podrá estar constituido por bloques de pómez o bloques de poli estireno expandido (duroport), de 0.39 m X 0.10 m, para aligerar su peso (Alfaro 2017).

- **Obras complementarias**

- **Pintura de marca del pavimento**

Se marcarán dos líneas laterales y una longitudinal a lo largo del mejoramiento de la calle y sobre el puente vehicular, los laterales se pitarán con 2 manos de pintura de tráfico color blanco de 10 centímetros de ancho. Se pintará la línea central con dos manos de pintura de tráfico color amarillo de 10 centímetros de ancho. La pintura utilizada deberá de suministrar una alta adherencia al concreto y estará elaborada con resina de hule clorado y alquilíquida, esta se aplicará sobre la superficie 15 después de haberse hecho la fundición (Alfaro 2017).

- **Señales de tráfico preventivas**

Se colocarán señales de tráfico de carácter preventivo y estarán constituidas de postes galvanizados de 2"X2" CH-14 de una altura de 2 m y se dejará una altura mínima de 1.50 m sobre la superficie. La charola será galvanizada y tendrá las siguientes dimensiones; 0.60 m X 0.60 m en CH-16, todo su perímetro llevará un dobléz de una 1 pulgada y un adhesivo reflector de color amarillo e identificación de color negro (Alfaro 2017).

- **Equipo y maquinaria a utilizar**

A continuación, en los cuadros 39 y 40 se enlistan las herramientas, maquinaria y equipo a emplearse en la fase de construcción:

Cuadro 39. Equipo y herramientas a utilizar durante la fase de construcción.

Equipo de seguridad industrial	Herramientas para trabajos de obra civil y montaje estructural
Botas industriales	Piocha
Chaleco de malla fluorescente	Pala
Casco para soldadura	Cuchara de albañil
Casco de seguridad TC	Plomo
Lentes de seguridad	Nivel
Protección auditiva	Carretilla de mano
Guantes de construcción y soldadura	Alicate
Cinta Cda-900-13 o similares	Cinzel
Tambos viales TRC-900-06 o similares	Martillo
Conos de trafico Cvsr-900-03 o similares	Sierra

Fuente: Elaboración propia con base en Ovalle, 2018.

Cuadro 40. Maquinaria para trabajos de obra civil y montaje de estructuras.

Maquinaria	capacidad	Unidad de medida	cantidad
Retroexcavadora cargadora	75	HP	1
Camiones de volteo	12	m ³	2
Moto niveladora	145	HP	1
Compactador de suelos	100	HP	1

Continuación cuadro 40.

Camión cisterna	2500	gal	1
Grúa telescópica sobre camión	20	Ton	1

Fuente: Elaboración propia con base a Ovalle, 2018.

- **Mano de obra**

Todas las actividades de carácter constructivo, serán realizadas por una empresa especializada, por lo cual el número de trabajadores estará directamente relacionado con las características que disponga la empresa ejecutora. Con base a las dimensiones del proyecto se estima que tendrán que contar con 43 trabajadores como mínimo (Ovalle 2017).

En el cuadro 41 se puede observar la disposición de la mano de obra durante la fase de construcción.

Cuadro 41. Disposición de mano de obra durante la fase de construcción.

Tipo de Empleo	Especialidades	No. de personas	Procedencia
Empleo directo	Ingeniero civil	1	Ciudad de Guatemala
Empleos directos	Maestro de obras	2	Ciudad de Guatemala
Empleos directos	Albañiles	15	Ciudad de Guatemala
Empleos directos	Ayudantes	20	Ciudad de Guatemala
Empleos directos	Soldadores	2	Ciudad de Guatemala
Empleos directos	Operadores de maquinaria	2	Ciudad de Guatemala
Empleo directo	Carpintero	1	Ciudad de Guatemala

Continuación cuadro 41.

Empleos indirectos	Proveedores de material y equipo	Indefinido	Ciudad de Guatemala
--------------------	----------------------------------	------------	---------------------

Fuente: Elaboración propia con base en Ovalle, 2017.

Como se puede observar en el cuadro anterior, se generarán fuentes de empleo de forma indirecta ya que la compra de los materiales de construcción tales como, block, hierro, alambre, madera, entre otros, brindará una remuneración económica a los proveedores.

- **Caracterización, manejo y disposición final de los desechos sólidos**

Los desechos sólidos que serán generados durante esta fase, se encuentran constituidos principalmente por materiales de construcción, básicamente por clavos que sufrieron algún desvío irregular, restos de alambre, varillas de hierro, piezas de madera, empaques de material constructivo de papel o plástico que se utilizan para el almacenamiento de cemento y cal, cartón, mortero endurecido, restos de block y ripio, mezclas del pavimento asfáltico y además se presentarán materiales durante la excavación tales como tierra, rocas y materiales granulares. Se estima que se generarán en promedio de 100 a 300 libras por día.

Todos los desechos sólidos que se generen durante la fase de construcción, será recolectados, clasificados y transportados fuera del área de influencia del proyecto, por la empresa ejecutora. Todo el material será colocado en recipientes plásticos debidamente identificados mientras permanezcan dentro del área del proyecto y éstos se situarán en lugares estratégicos con el objetivo de no causar ningún tipo de obstrucción o retraso en las actividades de carácter constructivo y así mismo que no causen un impacto visual negativo. Todos aquellos materiales que puedan ser reutilizados, serán almacenados o reincorporados inmediatamente a las actividades constructivas por la empresa ejecutora.

Los desechos de origen común tales como restos y empaques de comida, serán almacenados dentro de bolsas (se podrán utilizar los empaques de los materiales de construcción ya vacíos), y serán trasladados por el tren de aseo Municipal de Villa Nueva hacia un sitio de disposición final autorizado.

- **Caracterización, manejo y disposición final de los desechos líquidos**

Los desechos líquidos que serán producidos en la fase de construcción están constituidos principalmente por aguas servidas, líquidos segregados producto de las mezclas de cemento y arena y sustancias derivadas del petróleo producto de la maquinaria que operará en el área del proyecto. Se estima que la cantidad de desechos líquidos será en promedio de 85 litros por día.

para el tratamiento de las aguas servidas que se producirán en el área de influencia del proyecto, se contará con un baño portátil por cada siete trabajadores y el manejo y disposición final de estos desechos será responsabilidad de la empresa contratada, además se utilizarán recipientes especializados para la realización de las mezclas de los materiales constructivos y se deberá de hacer un mantenimiento preventivo de toda la maquinaria que operará dentro del proyecto, para evitar el derrame de cualquier sustancia derivada del petróleo.

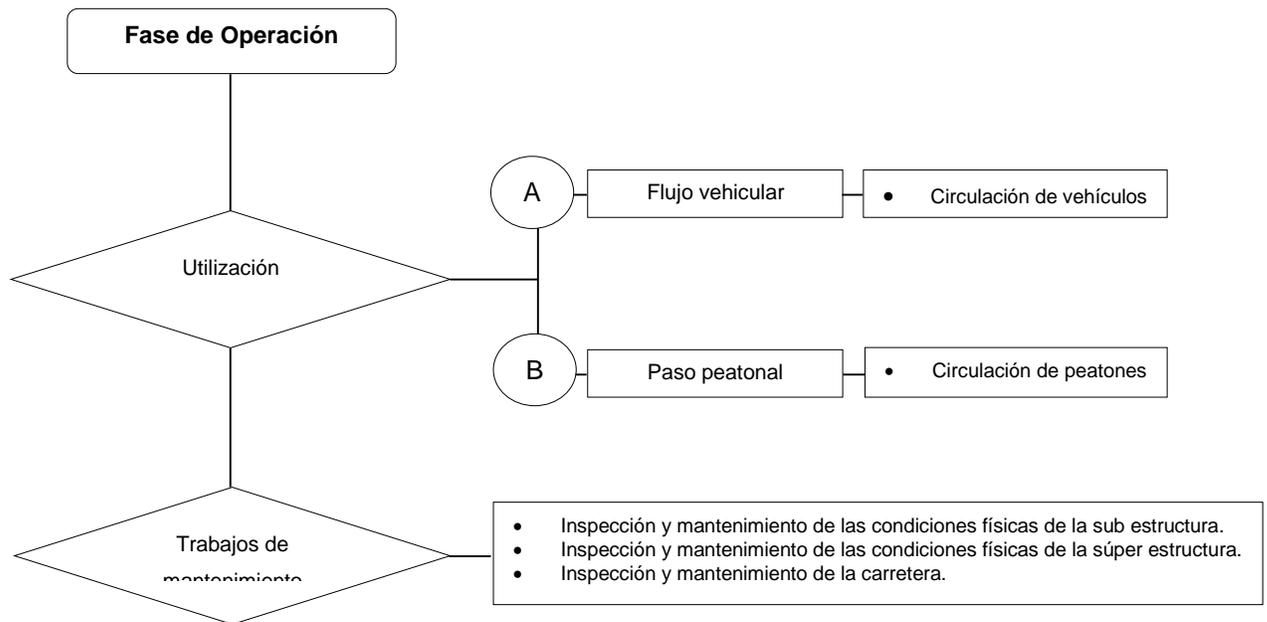
- **Caracterización, manejo y disposición final de los desechos tóxicos peligrosos**

No aplica para el proyecto.

- Fase de operación

Durante esta fase no se desarrollarán construcciones de ningún tipo y además se prevén todas aquellas acciones ligadas a la utilización y mantenimiento de la carretera y el puente vehicular. Las principales actividades que se realizarán son: a) trabajos de mantenimiento; b) flujo vehicular; y c) paso peatonal. Se estima que el proyecto tendrá una vida útil de 20 años en la fase de operación, tiempo que podría extenderse con el uso y mantenimiento adecuado, así mismo el proyecto ha sido diseñado tomando en cuenta las expectativas de crecimiento y expansión de la ENCA.

A continuación, en la figura 28 se muestran las actividades que se desarrollaran durante la fase de operación.



Fuente: elaboración propia 2018.

Figura 28. Flujograma de las actividades que se desarrollarán durante la fase de operación.

- **Circulación peatonal**

El puente y la carretera serán utilizados únicamente por los usuarios de la ENCA, entiéndase los estudiantes, trabajadores, personal técnico y administrativo.

- **Mantenimiento físico de la sub estructura y súper estructura del puente**

Se realizarán inspecciones periódicas, con el fin de poder identificar algún tipo de deterioro en la sub y súper estructura del puente. Si por algún motivo se logra establecer que las estructuras han sufrido algún tipo de daño, se procederá a valorizar la magnitud e intensidad del mismo, para establecer las medidas correctivas necesarias.

- **Mantenimiento de la carretera**

Periódicamente se realizarán inspecciones para determinar si la carretera sufrió algún tipo de daño, de ser así se realizarán los trabajos correspondientes para llevar a cabo su reparación.

• **Equipo y maquinaria a utilizar**

A continuación, en el cuadro 42 se enlistan las herramientas, maquinaria y equipo a emplearse en la fase de operación:

Cuadro 42. Equipo y herramienta a utilizar durante la fase de operación.

Equipo	Herramientas para trabajos de limpieza y mantenimiento
Botas	Piocha y azadón
Chaleco	Pala
Guantes	Machete
Pantalón	Carretillas de mano

Fuente: elaboración propia 2018.

Todo el equipo y las herramientas que se utilizarán durante esta fase son básicos, como puede observarse en el cuadro anterior. Las herramientas tales como azadón, piocha, pala, machete y la carretilla de mano serán utilizadas únicamente para realizar las actividades de limpieza del puente y la carretera en general. Los desechos sólidos que se generen serán recolectados y colocados en sitios de disposición final autorizados por la Municipalidad de Villa Nueva. Durante la ejecución de esta fase no se utilizará maquinaria de tipo industrial ya que no se llevará a cabo ninguna actividad de construcción.

- **Mano de obra**

Al encontrarse ya en la fase de operación se contará con dos personas como máximo para realizar las tareas de limpieza en el área del proyecto, y éstas dependerán directamente de la ENCA. Para los trabajos de reparación del puente y la carretera se deberán de contratar técnicos para realizar el mantenimiento necesario de las estructuras, en el cuadro 43 se puede observar la disposición de mano de obra durante la fase de operación.

Cuadro 43. Disposición de mano de obra durante la fase de operación.

Tipo de Empleo	Especialidad	Función	No. de personas	Procedencia
Empleos directos	No aplica	Retiro de basura y limpieza en la superficie del puente. Retiro de obstrucciones que puedan causar algún tipo de taponamiento a los drenajes en la superficie del puente o en algunos de los extremos de la carretera.	2	Ciudad de Guatemala
Empleos directos	Técnico	Control, monitoreo y seguimiento del estado físico del puente.	Indefinido	Ciudad de Guatemala

Fuente: elaboración propia 2018.

- **Caracterización, manejo y disposición final de los desechos sólidos**

Los desechos que se generarán durante esta fase, consisten en aquellos procedentes de las actividades de limpieza y mantenimiento del área, así como aquellos que sean generados por los usuarios de la carretera y el puente. Se podrán observar desechos tales como empaques de comida, bolsas de papel, plástico o cartón, y botellas plásticas principalmente.

La recolección de los desechos se realizará a través el tren de aseo municipal, quien se encargará de su disposición final en un relleno sanitario autorizado.

- **Caracterización, manejo y disposición final de los desechos líquidos**

La carretera contará con cunetas revestidas para el transporte de las aguas pluviales hacia el cauce del Río Platanitos, al igual que el puente tendrá drenajes hacia ambos extremos del mismo con desembocaduras hacia el río.

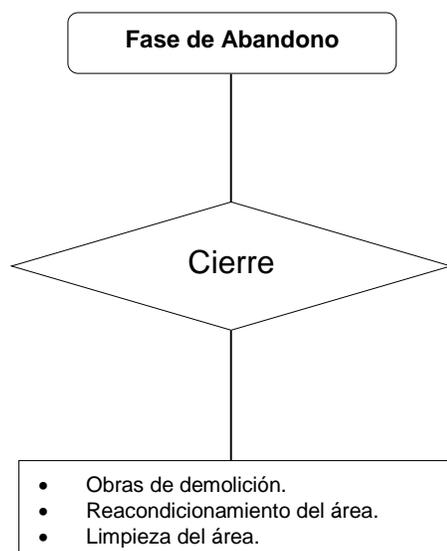
- **Caracterización, manejo y disposición final de los desechos tóxicos peligrosos**

No aplica para el proyecto.

- **Fase de abandono**

La comunicación vial que debe de existir entre las diferentes áreas que conforman las instalaciones de la ENCA es una necesidad notoria, ya que para llevar a cabo la realización de las actividades académicas cotidianas dentro del Campus Central y el área de Cultivos Extensivo se necesitan estructuras que garanticen la seguridad de los peatones y vehículos. Por ser un proyecto de suma importancia no se prevé un abandono del mismo, pero de ser así se realizarán las obras necesarias para el cierre del sitio y la recuperación del terreno.

En la figura 29 se pueden observar las diferentes actividades que se desarrollaran, de llevarse a cabo la fase de abandono.



Fuente: elaboración propia 2018.

Figura 29. Flujograma de las actividades que se desarrollarán durante la fase de Abandono.

g. Identificación, caracterización y valoración de impactos ambientales

Se realizó la identificación de los distintos factores ambientales susceptibles a ser potencialmente impactados y de todas aquellas actividades del proyecto que pudiesen tener algún tipo de interacción (positiva o negativa), sobre los diferentes elementos ambientales. La valoración de los impactos se realizó bajo el criterio de evaluación del método de Matriz de Evaluación de Impacto Rápida (RIAM), desarrollado por Pastakia (1998). Los componentes ambientales fueron definidos con base en su importancia y su asociación directa con las actividades que se realizarán durante las diferentes fases que conforman el proyecto.

En el cuadro 44 se pueden observar los factores ambientales que define el método RIAM.

Cuadro 44. Factores ambientales por el método RIAM.

FISICO-QUIMICOS (PC)	Engloba todos los aspectos físicos y químicos naturales finitos (no biológicos) (ejemplo contaminación, erosión, calidad del agua, aire y suelo, etc.) Se representan en color verde
BIOLOGICOECOLOGICOS (BE)	Incluye todos los aspectos biológicos del ambiente, incluyendo recursos naturales renovables, conservación de la biodiversidad, interacción de especies y contaminación de la biosfera, se representan en color rojo.
SOCIO-CULTURALES (SC)	Engloba todos los aspectos humanos del ambiente, incluyendo tópicos sociales que afectan a los individuos y las comunidades, junto con los aspectos culturales, incluyendo la conservación del patrimonio cultural y desarrollo humano, se representan en color gris.
ECONOMICOS OPERACIONALES (EO)	Incluye los aspectos para identificar cualitativamente las consecuencias económicas del cambio ambiental, temporal y permanente, así como las complejidades del manejo del proyecto dentro del contexto de las actividades del proyecto.

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

A través de la utilización de este método se pudieron identificar y cuantificar los impactos ambientales negativos y positivos, con el fin de poder proponer las medidas de mitigación correspondientes. Todos los impactos identificados, fueron evaluados a efecto de establecer una valoración de los mismos, contemplando los siguientes criterios establecidos según el método RIAM.

A continuación, en los cuadros 45, 46 y 47 se pueden observar los criterios de evaluación que utiliza el método RIAM.

Cuadro 45. Criterios ambientales evaluados.

<p>Importancia de la condición A1</p>	<p>Es una medida de la importancia del impacto o condición, la cual es evaluada contra los límites espaciales o intereses humanos a ser afectados, y va desde “no importante” hasta “importante” a los intereses nacionales o internacionales.</p> <p>Es una valoración cualitativa por consenso.</p> <p>Depende de las características del proyecto y del ambiente.</p> <p>Es independiente de los otros criterios.</p> <p>Un factor ambiental impactado puede ser muy importante a pesar que su magnitud sea mínima.</p>
<p>Magnitud del cambio o efecto A2</p>	<p>La magnitud es una medida de la escala de beneficio o no, de un impacto o una condición, y va de un “no beneficio o cambio mayor” pasando por “no cambio o status quo” hasta llegar a “beneficio positivo mayor”.</p> <p>Es la escala o intensidad del impacto.</p> <p>Entre mayor sea la intensidad, mayor será la valoración que se hace de su magnitud.</p>
<p>Permanencia B1</p>	<p>Pueden darse impactos temporales o permanentes.</p> <p>Es el tiempo de exposición del impacto.</p> <p>Entre mayor sea la permanencia, mayor será la valoración dada a esta característica.</p>
<p>Reversibilidad B2</p>	<p>Define si el impacto puede ser cambiado y es una medida de control sobre el efecto del impacto. No deberá ser confundido o igualado con “permanencia”.</p> <p>Es la capacidad del medio de retornar a su calidad ambiental original una vez que la causa ha sido eliminada.</p> <p>Es reversible si al eliminar la causa desaparece el impacto</p> <p>Es irreversible si al eliminar la acción generadora el impacto persiste.</p>
<p>Acumulativo B3</p>	<p>Es una medida si el efecto será un impacto directo único o si existirán efectos acumulativos en el tiempo o efectos sinérgicos con otras condiciones.</p> <p>El criterio acumulativo es un medio de juzgar la sostenibilidad de la condición y no deberá ser confundida con la situación de permanente o irreversible.</p> <p>Es la capacidad del impacto de volverse acumulativo en el ambiente.</p> <p>Entre mayor sea la acumulación, se pueden desencadenar otros impactos de manera sinérgica.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

Cuadro 46. Criterios de evaluación utilizados por el Método RIAM.

CATEGORIA	ESCALA	DESCRIPCION
A1: importancia de la Condición	4	De importancia nacional De interés internacional
	3	De importancia regional De interés nacional
	2	De importancia en áreas inmediatas fuera de la condición local
	1	De importancia solamente a la condición local
	0	No importante
A2: Magnitud del cambio/efecto	+3	Beneficios positivos mayores
	+2	Mejoramiento significativo en "status quo"
	+1	Mejoramiento en "status quo"
	0	No cambio/"status quo"
	-1	Cambio negativo en "status quo"
	-2	Cambios negativos significativos
B1: Permanencia	-3	Cambios Negativos mayores
	1	No cambio / no aplicable
	2	Temporal
B2: Reversibilidad	3	Permanente
	1	No cambio / no aplicable
	2	Reversible
B3: Acumulativo	3	Irreversible
	1	No acumulativo / sencillo
	2	Acumulativo / temporal
	3	Acumulativo / sinérgico

Fuente: Elaboración propia con base a Pastakia (1998).

Cuadro 47. Interpretación de resultados utilizando el método de RAIM.

"Score" ambiental (ES)	Banda de Rangos	Descripción de la Banda de Rangos
+72 a +108	+E	Cambios / impactos positivos mayores
+36 a +71	+D	Cambios / impactos positivos significativos
+19 a +35	+C	Cambios / impactos positivos moderados
+10 a +18	+B	Cambios / impactos positivos
+1 a +9	+A	Cambios/impactos ligeramente positivos
0	N	No cambios/"status quo"/no aplicable
-1 a -9	-A	Cambios / impactos ligeramente negativos
-10 a -18	-B	Cambios / impactos negativos
-19 a -35	-C	Cambios / impactos negativos moderados
-36 a -71	-D	Cambios / impactos negativos significativos
-72 a -108	-E	Cambios / impactos negativos mayores

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

- **Valoración de los impactos ambientales en la fase de construcción**

A continuación, en el cuadro 48 se presentan las actividades más relevantes, que se desarrollarán durante la fase de construcción:

Cuadro 48. Actividades a desarrollar durante la fase de construcción.

No.	ACTIVIDADES
1	Replanteo topográfico de precisión.
2	Acondicionamiento del área (Limpieza y chapeo).
3	Construcciones provisionales
4	Transporte y corte de material común para ampliación de camino y cajuela
5	Construcción de muros de contención de concreto ciclópeo.
6	Reacondicionamiento de sub rasante.
7	Colocación de capa de base triturada.
8	Retiro de material sobrante.
9	Colocación de pavimento

Continuación cuadro 48.

10	Construcción de cunetas revestidas con piedra ligada con mortero.
11	Excavación estructural de la sub estructura.
12	Relleno estructural de aproche del puente.
13	Construcción de estribos de concreto reforzado.
14	Fundición de losa vehicular.
15	Fundición de acera peatonal de concreto.

Fuente: Elaboración propia 2018.

En los cuadros 49, 50, 51 y 52, se puede observar la evaluación de los componentes, físicos, químicos, biológicos, ecológicos, socioculturales, económicos y operacionales de la etapa de construcción.

Cuadro 49. Componentes físicos y químicos.

COMPONENTES		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
PC1	Emisión de gases	-9	-A	2	-1	3	2	2
PC2	Generación y emisión de partículas	-7	-A	2	-1	3	2	2
PC3	Emisión de ruido	-8	-A	2	-1	2	2	2
PC4	Generación de vibraciones	-6	-A	1	-1	2	2	2
PC5	Cambio en el uso del suelo	-2	-A	1	-1	2	2	1
PC6	Modificación topográfica del terreno	-12	-B	1	-1	2	2	1
PC7	Alteración de la calidad de infiltración	-6	-A	1	-1	2	2	1
PC8	Alteración en la calidad del agua superficial	-3	-A	1	-1	1	1	1
PC9	Generación de aguas servidas	-8	-A	1	-1	2	2	2
PC10	Deposición de restos de material constructivo	-13	-B	1	-2	2	2	2
PC11	Generación de desechos sólidos comunes	-18	-B	1	-2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

Cuadro 50. Componentes biológicos y ecológicos.

COMPONENTES		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
BE1	Perdida de cobertura vegetal	-25	-C	1	-2	2	2	1
BE2	Perturbación de hábitat (fauna)	-20	-C	1	-1	1	2	1
BE3	Desplazamiento de especie terrestres y aves	-8	-A	1	-1	2	1	1
BE4	Estrés florístico	-9	-A	1	-1	2	2	1
BE6	Interrupción de corredores biológicos	0	N	0	0	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

Cuadro 51. Componentes socioculturales.

COMPONENTES		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
SC1	Generación de empleo directo	19	C	2	1	2	1	1
SC2	Generación de empleo indirecto	19	C	2	1	2	1	1
SC3	Eficiencia en flujo vehicular y peatonal	50	D	1	2	2	1	1
SC4	Capacitaciones técnicas	18	B	1	1	1	1	1
SC5	Cambio Estético/paisajístico	-26	-C	1	-2	2	2	1
SC6	Daños a la salud	-15	-B	1	-1	1	2	2
SC7	Probabilidad de que ocurra un accidente	-30	-C	1	-1	1	2	2

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

Cuadro 52. Componentes económicos y operacionales.

COMPONENTES		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
EO1	Incremento en la seguridad vial	30	C	1	2	3	1	1
EO2	Mejora de las condiciones estructurales	25	C	1	1	2	1	1

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

- Síntesis de la evaluación de impactos ambientales en la fase de construcción

En el cuadro 53 se puede observar el resumen de la evaluación de los impactos que se generarán durante el desarrollo de la fase de construcción.

Cuadro 53. Resumen de impactos en la etapa de construcción.

RANGO	-108/-72	-71/-36	-35/-19	-18/-10	-9/-1	0	1/9	10/18	19/35	36/71	72/108
CLASE	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
PC	0	0	0	3	8	0	0	0	0	0	0
BE	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0
SC	0	0	2	1	0	0	0	1	2	1	0
EO	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
TOTAL	0	0	4	4	10	1	0	1	4	1	0

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

- **Descripción de los impactos identificados en la fase de construcción**
- **Componentes físicos y químicos**

Para la evaluación de los aspectos físicos y químicos se tomó en consideración la ubicación y la zona de influencia del proyecto, los efectos que las diferentes actividades de construcción tendrán serán moderados y se presentan a continuación:

- Emisión de gases

Durante la construcción del puente vehicular y el mejoramiento de la carretera se producirán diferentes tipos de gases tales como dióxido de carbono, monóxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y vapor de agua principalmente, producto de la combustión generada

por los diferentes vehículos de carga y maquinaria industrial que estará operando dentro del área de influencia del proyecto.

Se realizará una inspección de todos los vehículos y la maquinaria que será utilizada, para verificar si se encuentran en condiciones idóneas, con la finalidad de garantizar una baja emisión de los gases antes mencionados.

- **Generación y emisión de partículas**

Las partículas que serán generadas durante la fase de construcción, se atribuyen a las diferentes acciones de excavación, movimiento de tierras, corte de material, flujo vehicular y la limpieza que se realizará durante el acondicionamiento del área. Durante el desarrollo de dichas actividades se contará con un vehículo tipo cisterna, con una capacidad de 2,500 galones, el cual se encargará de la distribución de agua en las áreas donde se genere este impacto, reduciendo así el desplazamiento eólico de dicho material.

Todos los trabajadores que realicen actividades donde pudiesen entrar en contacto directo con estas partículas deberán de utilizar mascarilla y lentes para evitar la entrada de cualquier agente que pueda causar algún tipo de molestia en su sistema.

- **Emisión de ruido**

Este impacto será generado principalmente por las actividades que involucran la utilización de maquinaria de tipo industrial, que tiene la finalidad de llevar a cabo las acciones de excavación, movimiento de tierras, mezcla de materiales, construcción de muros y colocación de base triturada, además los vehículos que servirán en el transporte de los diferentes materiales de construcción a emplearse en el proyecto también emitirán ruido, así como aquellos que asistirán en el retiro de los desechos que se generen dentro del área.

Todos los trabajadores afines a las actividades de construcción que se encuentre vulnerables a recibir algún tipo de daño auditivo causado por las emisiones sonoras, deberán de utilizar equipo de protección para reducir el impacto de forma puntual, así mismo todos los vehículos no deberán de sobrepasar los 10 km/h dentro del área del proyecto y no podrán circular en horas no hábiles.

Dentro de la obra de construcción se realizarán monitoreos de onda sonora para cumplir con los parámetros establecidos por la OMS (Organización Mundial de la Salud), la cual indica que el nivel de ruido debe de permanecer por debajo de los 70 decibeles durante la jornada laboral.

- **Generación de vibraciones**

Dentro del área del proyecto este impacto será generado debido al uso de vibrado para la fundición de los muros de contención de concreto ciclópeo, la construcción de los estribos de concreto reforzado y la colocación del pavimento principalmente, así mismo la circulación de los automóviles y la utilización de la maquinaria industrial durante el desarrollo de las actividades constructivas durante esta fase también generarán vibraciones a menor escala. Las actividades que involucren la generación de vibraciones se realizarán durante horas hábiles de trabajo y de una manera eficiente para reducir el tiempo de vibrado.

- **Cambios en el uso del suelo**

Este potencial impacto corresponde a la modificación que sufrirá el suelo por el retiro de la cobertura vegetal y el reacondicionamiento de la misma con las edificaciones provisionales y el mejoramiento de la carretera, además la realización de estas actividades incrementará la posibilidad de que se genere erosión eólica en época de verano e hídrica en época de invierno provocando escorrentías y arrastre de sedimentos. Para la reducción de este impacto se prevé realizar prácticas de reforestación.

- **Modificación topográfica del terreno**

La topografía del terreno se verá modificada principalmente por las actividades de excavación, movimientos de tierras, acondicionamiento del terreno, corte de los materiales y la construcción de la carretera. Para reducir el impacto que se generará por el desarrollo de las diferentes actividades, se recomienda no llevar a cabo modificaciones fuertes a la topografía actual, además se insta a realizar solo las acciones que se encuentran indicadas en los planos constructivos.

- **Alteración de la calidad de infiltración**

Corresponde a la modificación de la superficie de infiltración en forma parcial, tomando en consideración que, por la topografía del área, el mayor caudal de escorrentía, es drenado hacia las superficies más bajas.

Este impacto será generado por la impermeabilización del suelo, a lo largo del tramo de la carretera al colocarse la base triturada y el pavimento, reduciendo así el área de infiltración y generando un aumento en la escorrentía. Se construirán cunetas a ambos extremos de la carretera, con la finalidad de canalizar la escorrentía del agua pluvial hacia el cauce del río.

- **Alteración en la calidad del agua superficial**

El impacto se presentará por el arrastre de material constructivo a través de escorrentía y la leve infiltración de sustancias, causada por el desarrollo de actividades antropogénicas, que pudiesen ocasionar algún tipo de cambio en las propiedades físicas a través de la generación de partículas sedimentarias (turbidez) y en las propiedades químicas del agua superficial.

Los materiales de construcción que se encuentren dentro del área del proyecto y no estén siendo utilizados, serán resguardados para evitar su arrastre por escorrentía, también se recomienda la incorporación de barreras vivas. Todas las actividades que impliquen la utilización de cal, cemento, arena y cualquier otro tipo de material para la elaboración de mezclas, deberán realizarse en lugares con bases impermeables o bien se utilizarán recipientes especiales. Se evitará realizar estas mezclas directamente sobre el suelo.

- **Generación de aguas servidas**

Las aguas servidas se generarán durante el desarrollo de todas las actividades en la fase de construcción, producto de las deyecciones de los trabajadores, para mitigar este impacto se contará con un servicio sanitario portátil por cada 7 personas que operen dentro del área de influencia del proyecto y su mantenimiento estará a cargo de la empresa contratada.

- **Deposición de restos de material constructivo**

Se generarán restos de material constructivo, durante el desarrollo de las actividades de esta fase. Todo este material será recolectado y depositado en un sitio específico para su evaluación y separación, todo aquel material que conserve aún sus propiedades podrá ser reincorporado a la obra para su utilización, y el resto deberá de ser evacuado a través del tren de aseo de la municipalidad de Villa Nueva, hacia un botadero de ripio autorizado por la misma.

- **Generación de desechos sólidos comunes**

Los desechos sólidos de origen común que se generarán dentro del área de influencia del proyecto serán principalmente, platos, vasos, cubiertos, botellas y bolsas de polietileno, además de bolsas y cajas de cartón, productos de limpieza y restos de alimento.

Las medidas de mitigación para reducir este potencial impacto, se encuentran orientadas a la educación ambiental primordialmente, exhortando a todas aquellas personas que tienen alguna relación con el proyecto a depositar este tipo de desechos en lugares adecuados, fomentando así una cultura de buenas prácticas ambientales, además se acondicionarán recipientes especiales para el depósito específico de estos desechos, separando aquellos que se puedan reciclar y los que no deberán de ser retirados del sitio a través del tren de aseo de la municipalidad de Villa Nueva.

- **Componentes biológicos y ecológicos**

Para la evaluación de los aspectos biológicos se tomó en consideración la ubicación y la zona de influencia del proyecto, los efectos que el desarrollo de las diferentes actividades de construcción tendrá sobre el ambiente natural, será bajo y se presentan a continuación:

- **Perdida de cobertura vegetal**

Debido a la naturaleza de las obras, se realizarán actividades de acondicionamiento previas a la edificación in situ, estas acciones conllevarán el retiro de todo aquel material vegetal que obstaculice los trabajos de construcción, por ello se realizarán actividades de limpieza, chapeo, excavación y construcción de los componentes del proyecto. No se realizarán actividades que involucren la pérdida de cobertura vegetal, en sitios que no estén autorizados en los planos constructivos, y no se utilizará ningún área del terreno como botadero de ripio o depósito de cualquier material. Al terminar la construcción se reforestará adecuadamente en las áreas afectadas con poca vegetación.

- **Estrés florístico**

Dentro de las actividades constructivas del proyecto tales como excavaciones y movimientos de tierras principalmente, se prevé un impacto al suelo reduciendo su potencialidad de fertilización, lo cual provocará una pérdida de nutrientes, causando un estrés a las especies vegetales presentes en el área. Se realizarán prácticas de conservación de suelos para la recuperación de sus propiedades físicas y químicas y por ningún motivo se permitirá la tala de árboles para uso particular de los trabajadores o de algún otro usuario.

- **Desplazamiento de especies terrestre y aves**

Las actividades de acondicionamiento del área, ocasionarán un moderado nivel de molestia para la fauna que se encuentre dentro del rango del área de influencia del proyecto, provocando así su desplazamiento hacia otros sitios que contengan las mismas características que garanticen su supervivencia. Para mitigar este impacto, dentro de la ubicación geográfica del proyecto, se cuenta con extensiones de área verde para que las especies animales puedan migrar y establecerse sin causar algún cambio o alteración en los ecosistemas.

- **Perturbación del hábitat**

Este impacto será generado por las actividades de acondicionamiento, movimiento de tierras, excavación y construcción de los diferentes elementos del proyecto. Dentro de las medidas de mitigación se prohíbe realizar actividades de cacería, tala de árboles y/o quema de alguna parte de la propiedad. Si esto ocurriera será responsabilidad del ejecutor de la obra y deberá tomar acciones inmediatas.

- **Componentes socioculturales**

Para la evaluación de los aspectos socioculturales se tomó en consideración la ubicación y la zona de influencia del proyecto, previendo que la generación de empleo constituya un aspecto positivo a nivel regional, y los daños a la salud que pudiesen manifestarse durante el desarrollo de las diferentes constituyan un impacto leve a nivel local. A continuación, se presentan los diferentes impactos:

- **Generación de empleo directo**

El empleo directo será generado en la mayor parte de las actividades que se desarrollarán durante la fase de construcción, siendo perceptible como un impacto de carácter positivo.

- **Generación de empleo indirecto**

La generación de empleo indirecto se presentará principalmente en la actividad de replanteo topográfico que será realizado por una empresa especializada en el tema, y en el retiro de material sobrante que estará a cargo del tren de aseo municipal. Este impacto se considera de carácter positivo ya que contribuye a la economía regional.

- **Eficiencia en flujo vehicular y peatonal**

La construcción del puente vehicular y el reacondicionamiento de la carretera, mejorarán las condiciones viales dentro del área de influencia del proyecto, ya que se podrá transitar de forma segura en esta área, lo cual se considera un impacto de carácter positivo.

- **Capacitaciones técnicas**

Se realizarán capacitación al personal que laborará dentro de la construcción, potenciando así los impactos positivos y previniendo accidentes dentro de la zona del proyecto.

- **Cambio estético del paisaje**

Este impacto será generado por el desarrollo de las diversas actividades en la fase de construcción, principalmente por la modificación que sufrirá el área de influencia del proyecto atribuido a las excavaciones, los movimientos de tierra, el reacondicionamiento del área (pérdida de cobertura vegetal), la pavimentación de la carretera y la construcción del puente, cambiando la apariencia del sitio y la percepción antrópica paisajística.

- **Daños a la salud**

Los daños a la salud podrán manifestarse durante cualquier actividad que se desarrolle dentro de la fase de construcción, para prevenir este impacto es importante la previa preparación del personal y la capacitación sobre el uso correcto del equipo de seguridad. Los posibles daños a la salud que se pueden generar principalmente son los siguientes: fracturas, quemaduras, lesiones oculares provocadas por partículas suspendidas en el aire o actividades de soldadura, y lesiones auditivas provocadas por la emisión de ruido arriba de los 70 decibeles.

- **Probabilidad de que ocurra un accidente**

Debido a las actividades que se realizarán durante el desarrollo de la fase de construcción, existe la posibilidad de que ocurra algún tipo de percance que involucre el deterioro de la salud humana, por ello es de vital importancia seguir ordenadamente los protocolos de

trabajo para disminuir la ocurrencia de algún tipo de evento que ponga en peligro la integridad física de los trabajadores.

- **Componentes económicos y operacionales**

La evaluación de los impactos que se encuentran comprendidos dentro de los componentes económicos y operacionales, se realizó con base a la percepción general, al mejorar las características estructurales de la carretera y la construcción del puente dentro del área de influencia del proyecto.

- **Incremento en la seguridad vial**

Este impacto se considera potencialmente positivo, ya que se prevé la disminución de accidentes viales y la minimización de sus efectos, teniendo como objetivo el resguardo de la vida y la salud de las personas que serán beneficiadas con este proyecto.

- **Mejora de las condiciones estructurales**

Con este proyecto se pretende mejorar las condiciones estructurales del puente ya existente, para su utilización moderada, como vía peatonal únicamente.

- **Valoración de impactos ambientales en la fase de operación**

En la etapa de operación se producirán impactos ambientales de tipo negativos y positivos, que pueden ser diferenciados por su origen. El cuadro 54 muestra las actividades que causaran impactos potenciales al ambiente durante la fase de operación.

Cuadro 54. Actividades a desarrollar durante la fase de operación.

No.	ACTIVIDADES
1	Circulación de vehículos.
2	Circulación de peatones.
3	Inspección y mantenimiento de las condiciones físicas de la sub estructura.
4	Inspección y mantenimiento de las condiciones físicas de la súper estructura.
5	Inspección y mantenimiento de la carretera.

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

En los cuadros 55, 56, 57 y 58, se puede observar la evaluación de los componentes, físicos, químicos, biológicos, ecológicos, socioculturales, económicos y operacionales de la etapa de operación.

Cuadro 55. Componentes físicos y químicos.

COMPONENTES		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
PC1	Emisión de gases	-10	-B	1	-2	3	2	2
PC2	Generación y emisión de partículas	-5	-A	1	-1	3	2	2
PC3	Emisión de ruido	-3	-A	1	-1	3	2	3
PC4	Generación de vibraciones	-1	-A	1	-1	2	2	2
PC5	Generación de desechos sólidos comunes	-6	-A	3	-1	3	2	3

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

Cuadro 56. Componentes biológicos y ecológicos.

COMPONENTES		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
BE1	Pérdida de cobertura vegetal	-3	-A	1	-1	2	2	2
BE2	Perturbación de hábitat (fauna)	0	N	0	0	1	1	1
BE3	Desplazamiento de especie terrestres y aves	0	N	0	0	1	1	1
BE4	Modificación de microclimas (capa asfáltica)	-5	-A	2	-1	1	1	1
BE5	Alteración de la cadena trófica	0	N	0	0	1	1	1
BE6	Compactación del suelo	-9	-A	1	3	2	2	3

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

Cuadro 57. Componentes socioculturales.

COMPONENTES		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
SC1	Generación de empleo directo	50	D	2	3	3	3	3
SC2	Generación de empleo indirecto	10	B	2	3	2	2	2
SC3	Eficiencia en flujo vehicular y peatonal	70	D	1	2	3	1	1
SC4	Fomento de buenas prácticas ambientales	25	C	2	2	2	1	2
SC5	Transporte seguro de maquinaria y equipo	20	C	1	1	3	1	1
SC7	Cambio visual del paisaje	-30	-C	2	-2	3	3	3

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

Cuadro 58. Componentes económicos y operacionales.

COMPONENTES		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
EO1	Mejora estructural	45	D	1	1	3	1	1
EO2	Habilitación de puntos de conectividad	75	E	3	3	3	3	3
EO3	Incremento en la eficiencia de las actividades académicas	25	C	1	3	3	2	3

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

- Síntesis de la evaluación de impactos ambientales en la fase de operación

A continuación, en el cuadro 59 se presenta el resumen de todos los impactos que serán generados durante el desarrollo de la fase de operación del proyecto.

Cuadro 59. Resumen de impactos en la etapa de construcción.

RANGO	-108/-72	-71/-36	-35/-19	-18/-10	-9/-1	0	1/9	10/18	19/35	36/71	72/108
CLASE	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
PC	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0
BE	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0
SC	0	0	1	0	0	0	0	1	2	2	0
EO	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
TOTAL	0	0	1	1	7	3	0	1	3	3	1

Fuente: Elaboración propia con base en Pastakia (1998).

- **Descripción de los impactos identificados durante la fase de operación**
- **Componentes físicos y químicos**

Los aspectos físicos que fueron evaluados en la etapa de operación, se detallan a continuación:

- Emisión de gases

Este impacto será producido por la emisión de CO₂, CO, N, H y vapor de agua principalmente producto de la combustión de gasolina o diésel de los vehículos y maquinaria agrícola que transitará a través de la carretera y el puente. Ya que estas estructuras serán

de uso exclusivo del personal de la ENCA se estima una baja emisión de dichos gases, además no se permitirá el tránsito de vehículos y maquinaria que sufran algún tipo de desperfecto que intensifique la generación de este impacto.

- **Generación y emisión de partículas**

Las partículas suspendidas en el ambiente atmosférico, se generarán principalmente por el paso vehicular, este impacto se estima que será muy poco significativo, debido a la baja afluencia que habrá en el sitio.

- **Emisión de ruido**

Los ruidos que impactarán al ambiente provienen del motor de los automóviles y la maquinaria que transite por el lugar, este impacto no se considera significativo ya que no circularán muchos vehículos por el área. Para la reducción de este impacto se debe de transitar a no más de 15 kilómetros por hora y no se permitirá el uso de la bocina dentro de esta área.

- **Generación de vibraciones**

Las vibraciones serán generadas en gran medida por la maquinaria tipo agrícola, que es utilizada dentro del área para llevar a cabo las prácticas académicas.

- **Generación de desechos sólidos comunes**

Durante el desarrollo de las actividades de operación, principalmente por el paso peatonal, se originarán estos desechos, por su composición estos podrán clasificarse como orgánicos

e inorgánicos. Los desechos más comunes que se espera encontrar son platos, vasos y botellas plásticas desechables, papel y desechos de alimentos. Los desechos sólidos provenientes de la limpieza del área completa del puente se estima que serán principalmente envases plásticos, de vidrio y otros en menor escala.

Dentro de las medidas para evitar la contaminación producida por estos desechos se tienen contemplado el acondicionamiento de recipientes que serán instalados de forma permanente, para el depósito de los desechos producidos por usuarios que residen dentro de la institución y que transitarán por el sitio.

- **Componentes biológicos y ecológicos**

Todos los componentes biológicos y ecológicos fueron evaluados en campo, para evaluar el grado de impacto que se generará durante el desarrollo de la fase de operación, estos se describen a continuación:

- **Perdida de cobertura vegetal**

Durante el proceso de limpieza en la etapa de operación de los sitios aledaños al proyecto, se realizarán prácticas silviculturales con el fin de retirar material vegetal que pueda obstruir el paso de los vehículos o bien presentar un obstáculo a los peatones dentro del área, todo este material será recogido y depositado en sitios idóneos, clasificándolo como materia orgánica.

- **Perturbación de hábitat**

El hábitat se verá afectado debido al transitar de los automóviles en el sitio, lo cual causará cierto grado de molestia a la flora y fauna del lugar, por lo cual se recomienda la moderación

de la velocidad durante se transite dentro de esta área, procurando causar la menor molestia posible, además se debe moderar el uso de la bocina y se tendrán que realizar servicios periódicos a la maquinaria que circule por este sitio.

- **Desplazamiento de especies terrestres y aves**

Este impacto será causado por los transeúntes que circulen por esta área, debido a que la fauna que se encuentra dentro del sitio del proyecto es de tipo silvestre y al percatarse de la presencia de agentes externos a su entorno, por instinto tenderán a desplazarse hacia lugares que les provean resguardo y seguridad.

- **Modificación de microclimas**

Al retirar la cobertura vegetal e impermeabilizar el suelo con la capa asfáltica, se incurrirá en la pérdida de zonas con sombra, lo cual causará un aumento de la temperatura, provocando una desestabilización micro climática dentro de esta área, por lo cual se recomienda implementar prácticas de reforestación que ayuden a reducir este impacto.

- **Compactación del suelo**

Este impacto será causado principalmente por el paso de vehículos y maquinaria pesada ya que la circulación de los mismos potencializa la compactación sub-superficial afectando a los horizontes profundos del suelo.

- **Componentes socioculturales**

En los componentes socioculturales los impactos son positivos, puesto que el proyecto generará un incremento en la oferta de empleo tanto directo como indirecto, además aumentará la eficiencia del flujo vehicular y peatonal brindando seguridad de paso desde el campus Central, hacia el área de Cultivos Extensivos.

El único impacto negativo, estará dado por el cambio visual en el paisaje, puesto que la construcción del puente y el mejoramiento de la carretera causarán una alteración perceptible por el retiro de la cobertura vegetal propia del sitio, para el acondicionamiento del proyecto.

- **Componentes económicos y operacionales**

Los impactos que se generarán a través de los componentes económicos y operacionales, presentarán características positivas, ya que durante la operación del proyecto se proporcionarán puntos de conectividad dentro de la ENCA, generando así un aumento en la eficacia de las actividades académicas, a través del uso adecuado de la maquinaria que es requerida para desempeñar las labores productivas diarias dentro de la institución.

- **Síntesis de la evaluación ambiental**

El área donde se realizará el proyecto, no presenta indicios de elementos culturales, históricos y/o arqueológicos, así mismo se encuentra fuera de la gestión del CONAP, haciendo constar que este sitio no posee relación con ningún área protegida determinada por el SIGAP dentro de la jurisdicción nacional.

El análisis realizado mediante la valorización de los impactos por medio de las matrices de identificación, evidencia una molestia generalizada de las variables del medio físico,

químico, biológico y ecológico, adjudicándolos como impactos de carácter negativo durante el desarrollo de la fase de construcción principalmente, del proyecto denominado “Construcción Puente Vehicular sobre Río Platanitos (L2-16). Se percibirá un aumento en la emisión de ruido, la generación de gases y partículas, aumento en las vibraciones y principalmente se verá un incremento en los desechos sólidos comunes y de construcción, además se generará una perturbación notoria en el medio natural dentro del área de influencia del proyecto.

Los componentes socioculturales, económicos y operacionales presentan impactos potencialmente positivos principalmente, ya que se encuentran comprendidos bajo la estructura de planificación institucional, promoviendo acciones orientadas al desarrollo de nuevos proyectos en términos de fortalecimiento académico.

Durante la fase de operación se presenta una reducción de los impactos negativos ya que no se realizarán actividades que causen daños al ambiente en función de los criterios definidos en los distintos apartados de este documento. Los impactos positivos serán más visibles durante esta fase ya que con el desarrollo operacional del proyecto se pretende impulsar una mejora en la calidad vial dentro de la ENCA, así mismo se promueve el resguardo de la seguridad de los estudiantes y personas que utilizarán estas infraestructuras, impulsando así un ambiente seguro y reduciendo riesgos potenciales dentro de esta área.

h. Plan de gestión ambiental

- **Preparación del sitio**

- Deben seleccionarse y delimitarse cuidadosamente las áreas donde se realizarán las construcciones provisionales, mezcla de concreto, colocación de materiales constructivos (piedra, arena, pedrín, ripio, grava y otros) y subproductos (tierra o

suelo, material vegetal, restos de infraestructura anterior) removidos durante las actividades que involucren el movimiento de tierras y excavaciones (Medrano, 2017).

- El área para colocación de materiales de construcción como arena, grava, piedrín, ripio y piedra deben estar alejados de las del drenaje, o sitios en donde la escorrentía superficial pueda arrastrar los materiales. Asimismo, para evitar que dichos materiales sean arrastrados por la lluvia y el viento, deben construirse a manera de cajón barreras de contención hechas con tablas de madera u otros materiales. De ser posible ubicar las áreas en los sitios donde se tiene previsto ubicar los estacionamientos y vías de acceso (Medrano, 2017).
- Se debe contar obligatoriamente con un sanitario portátil por cada siete trabajadores. Estos sanitarios se encontrarán ubicados en un área despejada, y deberán de estar alejados 20 metros de distancia como mínimo de las cunetas o alcantarillas. La empresa que preste este servicio, deberá contar con reglamentos específicos para el transporte, manipulación y disposición final de los desechos de este tipo (Medrano, 2017).
- Debe tenerse el cuidado de que, para la colocación de subproductos de las excavaciones como tierra o suelo, deben estar alejadas de los pozos de agua, el cauce del río y vías de acceso (Medrano, 2017).
- Antes de iniciar la obra deben señalizarse adecuadamente las vías de acceso al sitio de construcción, indicando a los automovilistas, trabajadores y estudiantes de la ENCA, que deben tener precaución debido al desarrollo de las labores de construcción. Es importante emitir un comunicado con quince días de anticipación, dirigido hacia todo el personal con algún vínculo afín dentro del área de influencia del proyecto, para provenirlos de que se estarán realizando obras de construcción dentro del sitio (Medrano, 2017).

- En todo momento debe haber un botiquín, conteniendo insumos básicos para aplicar primeros auxilios. De igual manera todos los trabajadores que tengan algún tipo de relación directa con las actividades de construcción y las personas que estén supervisando la obra, deben contar con casco, chaleco y botas industriales como equipo mínimo de protección personal (Medrano, 2017).
 - Serán delimitadas donde se realizará la construcción de bodega, disposición de letrinas, y mezcla de materiales para la generación de concreto, disposición de materiales de construcción (piedrín, arenas y otros) y subproductos (tierra o suelo) removidos durante las excavaciones para la colocación de los muros de concreto ciclópeo, y las áreas de la carretera que serán pavimentadas (Medrano, 2017).
 - El área donde se llevará a cabo la construcción de la bodega, deberá ocupar el espacio mínimo necesario, ya que se desea no compactar el suelo más de lo debido (Medrano, 2017).
 - Todos los subproductos de los trabajos como tierra y rocas deberán depositarse en los lugares autorizados por la municipalidad de Villa Nueva (Medrano, 2017).
 - En la medida de lo posible, debe reducirse el número de árboles y arbustos que serán removidos durante las labores de acondicionamiento del área (Medrano, 2017).
- **Desarrollo de la construcción**
 - Antes de dar inicio a cualquier actividad de construcción dentro del área de influencia, todos los trabajadores deberán recibir capacitación sobre las medidas de mitigación contenidas en este documento (Ovalle, 2017).
 - Se deberán inspeccionar todos aquellos materiales que serán utilizados en la construcción de las diferentes estructuras, éstos tendrán que estar libres de asbesto,

fibra de vidrio, fibra de roca o resinas epóxicas, ya que éstas pueden producir cáncer pulmonar (Ovalle, 2017).

- Todo el personal dentro de la obra, deberá llevar puesto el casco, chaleco y las botas industriales como medidas mínimas de seguridad (Ovalle, 2017).
- Deben evitarse los derrames de combustible y lubricantes en el área. Si existiera un derrame accidental, como primer paso se debe aislar el área del derrame y evitar con barreras de tierra o esponja que la mancha de combustible o lubricantes se extienda, especialmente hacia las alcantarillas o cunetas. Todo el material derramado, el suelo y la vegetación impactada debe recogerse del área. Si existe una gran cantidad de líquido deberá recogerse con esponja. Tanto el suelo y plantas se pueden recoger con palas. Todo debe ser depositado en toneles y se designará el área donde se depositarán finalmente los desechos (Ovalle, 2017).
- No se permite lavar cerca de las alcantarillas y cunetas las herramientas o recipientes que hayan contenido, cemento, combustibles y lubricantes (Ovalle, 2017).
- No es permitido verter desechos sólidos en el entorno natural de la obra. Todos los desechos sólidos deben ser clasificados y depositados en toneles o recipientes especiales. Se debe analizar si es posible reutilizar algunos de los materiales, reciclarlos o venderlos, de no ser posible, éstos deben ser llevados a un basurero municipal o relleno sanitario que tenga un manejo adecuado. Por ningún motivo será permitida la quema de desechos sólidos dentro del área de influencia del proyecto o aledañas a la misma. Los toneles deberán rotularse, para que el usuario pueda determinar qué tipo de desechos debe colocar en cada uno de ellos (Ovalle, 2017).
- No es permitido colocar recipientes que contengan concreto hidráulico aún húmedo, combustibles, o lubricantes cerca de las cunetas o alcantarillas, además debe verificarse que los recipientes estén en buen estado para evitar fuga de contaminantes hacia aguas subterráneas (Ovalle, 2017).

- Todos los materiales de construcción deben provenir de los sitios autorizados (Ovalle, 2017).
 - Las áreas despejadas y vías de acceso deberán permanecer regadas todos los días para evitar que se produzca una alta proliferación de partículas suspendidas en el medio atmosférico (Ovalle, 2017).
- **Finalización de la obra**
 - Toda el área debe quedar limpia de restos de materiales y desechos sólidos comunes producidos durante la fase de construcción (Ovalle, 2017).
 - No será permitido dejar materiales de construcción y desechos en el sistema de drenajes o cunetas, dentro del área de influencia del proyecto (Ovalle, 2017).
- **Actividades operacionales**
 - El puente y la carretera deberán contar con un programa de mantenimiento y limpieza de los sistemas de drenaje y cunetas.
 - Para el manejo de desechos sólidos, dentro del área se deberá contar con depósitos adecuados para el manejo de los volúmenes que serán producidos.
 - Todos los usuarios vehiculares que transiten por la carretera y utilicen el puente deberán de hacerlo a menos 15 kilómetros por hora. De exceder la velocidad antes dicha la institución tomara las medidas correspondientes.

A continuación, en el cuadro 60, se pueden observar las de medidas de mitigación a ejecutar durante la fase de construcción.

Cuadro 60. Organización del Proyecto y ejecución de las medidas de mitigación en la fase de construcción.

No.	Variable ambiental afectada	Fuente generadora del impacto	Impacto Ambiental con repercusión al medio natural	Regulación ambiental	Medidas ambientales instituidas	Tiempo de ejecución de las medidas en meses	Responsable de la aplicación de las medidas establecidas	Indicador de desempeño del cumplimiento	Síntesis del fomento de buenas prácticas ambientales	Costo de las medidas por mes en Q.	Costo de las medidas por año en Q.
1	Atmosférica	Generación de partículas suspendidas.	Contaminación atmosférica.	*Decreto 33-96. *Decreto 68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.	*Mantener húmedas las áreas durante la etapa de construcción a través de la implementación de un sistema de riego.	Durante el desarrollo de las actividades constructivas.	*Personal de mantenimiento de la empresa ejecutora.	Informe mensual de resultados.	Reducción de las partículas de polvo.	Q1,000.00	Q12,000.00
2	Atmósfera	Emisión de gases.	Contaminación atmosférica.	*Decreto 33-96. *Decreto 68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.	Programa de mantenimiento de motores. * Hacer una bitácora para darle mantenimiento regularmente a todo el equipo y maquinaria utilizada en el proceso de construcción.	Durante el desarrollo de las actividades constructivas.	*Personal de mantenimiento de la empresa ejecutora.	Informe mensual durante el desarrollo de la fase de construcción.	Número de motores con mantenimiento preventivo	Q500.00	Q6,000.00
3	Atmosférica y paisajística	Generación de desechos sólidos comunes.	Contaminación atmosférica.	*Decreto 33-96. *Decreto 68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.	*Separación de desechos orgánicos e inorgánicos. *Programas de reciclaje. *Evacuación a través del tren de aseo municipal.	Durante el desarrollo de las actividades constructivas.	*Personal de mantenimiento de la empresa ejecutora. *Municipalidad de Villa Nueva.	Informes de revisiones periódicas.	Reducción en el volumen de desechos sólidos.	Q250.00	Q3,000.00
4	Atmosférica	Emisión de ruido y vibraciones	Contaminación atmosférica.	*Decreto 68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.	* Monitoreo constante para no exceder el umbral de 70 dB. * Uso de protección personal en áreas donde el ruido es mayor a 70 dB.	Durante el desarrollo de las actividades constructivas.	*Personal de mantenimiento de la empresa ejecutora.	Informes de monitoreo quincenales.	Reducción de la contaminación auditiva dentro y fuera de la construcción	Q600.00	Q7,200.00

5	Hídrica	Arrastre de material por escorrentía.	Alteración de las propiedades físicas y químicas del agua superficial.	*Política Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos PNGIRH y de la Estrategia Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos ENGI RH. *Decreto-68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. *Acuerdo Gubernativo 60-89	Implementación de barreras muertas para evitar el arrastre del material. Disposición del material en lugares idóneos.	Durante el desarrollo de las actividades constructivas.	*Personal de mantenimiento de la empresa ejecutora.	Informe de mantenimiento quincenal.	Evitar el depósito de material en lugares no aptos.	Q250.00	Q3,000.00
6	Hídrica	Generación de aguas servidas.	Contaminación del agua superficial.	*Política Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos PNGIRH y de la Estrategia Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos ENGI RH. *Decreto-68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. *Acuerdo Gubernativo 60-89	Implementación de sanitarios portátiles en el área.	Durante el desarrollo de las actividades constructivas.	*Personal de mantenimiento de la empresa ejecutora.	Informe de mantenimiento semanal.	Evitar la utilización de espacios abiertos para las deyecciones humanas.	Q1,200.00	Q14,400.00
7	Edáfica y paisajística	Movimiento de tierra y eliminación de cobertura vegetal.	Cambio de uso de suelo.	Decreto-68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.	Establecer jornadas de reforestación.	Durante el desarrollo de las actividades constructivas.	*Personal de mantenimiento de la empresa ejecutora.	Informe de mantenimiento mensual	Realizar reforestación con especies arbóreas nativas del lugar.	Q500.00	Q6,000.00
8	Edáfica	Modificación topográfica del terreno.	Edáfico y atmosférico.	Decreto-68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.	Llevar cabo práctica de conservación de suelo.	Durante el desarrollo de las actividades constructivas.	*Personal de mantenimiento de la empresa ejecutora.	Informe de mantenimiento mensual	Evitar modificaciones drásticas en la topografía.	Q700.00	Q8,400.00
9	Paisajística	Generación y deposición de restos de material constructivo.	Contaminación atmosférica.	Reglamento de Construcción de la Ciudad de Guatemala.	*Reciclar y separar aquellos residuos que no presenten daños significativos en sus características para su reincorporación a las actividades de construcción. *Retiro del material no idóneo, a través del tren de aseo municipal.	Durante el desarrollo de las actividades constructivas.	*Personal de mantenimiento de la empresa ejecutora. *Municipalidad de Villa Nueva.	Informe mensual de resultados.	Deposición de material en lugares previamente acondicionados para realizar esta acción.	Q250.00	Q3,000.00

10	Flora	Pérdida de cobertura vegetal.	Pérdida de biodiversidad.	*Decreto-68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. *Ley Forestal Acuerdo-4-23-97: Reglamento a la Ley Forestal.	*Rescate de todas aquellas especies vegetales que puedan sufrir algún tipo de daño, a través de la colecta de semillas, colecta de estacas, cortes de esqueje y recuperación de especies epífitas. Acondicionamiento de un área específica para la siembra o plantación del material vegetal rescatado.	Durante el desarrollo de las actividades constructivas.	*Personal de mantenimiento de la empresa ejecutora.	Informe del recuento de especies recolectadas y el número de replantaciones o siembras.	Acciones orientadas a la restauración de ecosistemas ecológicos.	S.C.	S.C.
11	Fauna	Perturbación de hábitat	Pérdida de biodiversidad	Decreto-68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.	*Permitir y facilitar el escape de las especies que se encuentren dentro del área de influencia del proyecto, para disminuir su nivel de estrés. *No realizar ningún tipo de actividad en áreas que no se encuentren dentro de los límites del proyecto.	Durante el desarrollo de las actividades constructivas.	*Personal de la empresa ejecutora.	Entrega de informe quincenal	Acciones orientadas a la restauración de ecosistemas ecológicos	S.C.	S.C.
12	Social	Daños a la salud	Daño a la salud humana	Código de Salud Decreto No. 90-97	Utilización del equipo de protección durante el desarrollo de las diferentes actividades constructivas.	Durante el desarrollo de las actividades constructivas.	*Personal de la empresa ejecutora.	Listado de chequeo.	Disminución de enfermedades respiratorias y de la piel.	-----	Q7,000.00
Total										Q5,250.00	Q70,000.00

Fuente: Elaboración propia con base en Bamaca, (2010).

En el cuadro 61, se pueden observar las de medidas de mitigación a ejecutar durante la fase de operación.

Cuadro 61. Organización del proyecto y ejecución de las medidas de mitigación en la fase de Operación.

No.	Variable ambiental afectada	Fuente generadora del impacto	Impacto Ambiental con repercusión al medio natural	Regulación ambiental	Medidas ambientales instituidas	Tiempo de ejecución de las medidas en meses	Responsable de la aplicación de las medidas establecidas	Indicador de desempeño del cumplimiento	Síntesis del fomento de buenas prácticas ambientales	Costo de las medidas por mes en Q.	Costo de las medidas por año en Q.
1	Atmosférica	Generación de partículas suspendidas.	Contaminación atmosférica.	*Decreto 33-96. *Decreto 68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.	*Mantener húmedas las áreas donde circularán los vehículos durante la época de verano.	Época de verano, durante toda la fase de operación.	*Personal de mantenimiento de la ENCA.	Informe mensual de resultados.	Reducción de las partículas de polvo.	Q1,000.00	Q12,000.00
2	Atmosférica y paisajística	Generación de desechos sólidos comunes.	Contaminación atmosférica.	*Decreto 33-96. *Decreto 68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.	*Separación de desechos orgánicos e inorgánicos. *Programas de reciclaje. *Evacuación a través del tren de aseo municipal.	Durante la vida útil del proyecto.	*Personal de mantenimiento de la ENCA. *Municipalidad de Villa Nueva.	Informes de revisiones periódicas.	Reducción en el volumen de desechos sólidos.	Q250.00	Q3,000.00
3	Hídrica	Generación de aguas pluviales.	Contaminación del agua superficial.	*Decreto-68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. *Acuerdo Gubernativo 60-89	Mantenimiento de los desfogues de agua pluvial.	Durante la vida útil del proyecto.	*Personal de mantenimiento de la ENCA.	Informe de mantenimiento semanal.	Reducción en el material de arrastre.	Q250.00	Q3,000.00
4	Edáfica y paisajística	Corrientes altas en invierno	Evitar azolvamiento del puente	Decreto-68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.	Monitorear constantemente el río en invierno para evitar acumulación de tierra, árboles u otro material en las bases y aproches del puente.	Tres años	*Personal de mantenimiento de la ENCA.	Informe de mantenimiento trimestral.	Evitar azolvamiento y daños del puente.	Q400.00	Q4,800.00
5	Atmósfera	Emisión de gases.	Contaminación atmosférica.	*Decreto 33-96. *Decreto 68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.	Realizar mantenimiento al área del puente y la carretera.	Durante la vida útil del proyecto.	*Personal de mantenimiento de la ENCA.	Informe de resultados trimestral.	Minimizar misiones de gases al ambiente.	Q300.00	Q3,600.00
Total										Q2,200.00	Q26,400.00

Fuente: Elaboración propia con base en Bamaca, (2010).

Y por último en el cuadro 62, se pueden observar las practicas a implantar para maximizar los impactos ambientales positivos.

Cuadro 62. Prácticas implementadas para maximizar los impactos ambientales positivos significativos.

No.	Variable ambiental afectada	Fuente generadora del impacto	Impacto Ambiental con repercusión al medio natural	Regulación ambiental	Medidas ambientales instituidas	Tiempo de ejecución de las medidas en meses	Responsable de la aplicación de las medidas establecidas	Indicador de desempeño del cumplimiento	Síntesis del fomento de buenas prácticas ambientales	Costo de las medidas por mes en Q.	Costo de las medidas por año en Q.
1	Sociocultural.	Generación de empleo directo e indirecto.	Contribución a la economía familiar.	*Ministerio de trabajo.	*seguridad social y capacitaciones.	Durante la fase de construcción y operación.	*Personal de mantenimiento de la ENCA. *Empresa ejecutora.	Informe trimestral de resultados	Eficiencia y productividad laboral.	Q2,800.00	Q33,600.00
2	Sociales y económico	Presencia de personal en el mantenimiento del puente	Generación de empleo indirecto	*Ministerio de Trabajo.	Capacitaciones al personal encargado de dicha labor.	Durante la fase de construcción y operación.	*Personal de mantenimiento de la ENCA. *Empresa ejecutora.	Informe trimestral de resultados	Mejorar el ingreso económico de forma directa e indirecta.	S.C.	S.C.
3	Salud humana	Focos de contaminación puntual	Proliferación de vectores perjudiciales para la salud. (Plagas)	*Ministerio de Salud Publica	Controlar focos de contaminación reduciendo sitios no aptos para disposición de desechos.	Durante la fase de construcción y operación.	Personal de mantenimiento de la ENCA. *Empresa ejecutora.	Informes mensuales.	Reducción en la población de plagas y roedores	Q3,500.00	Q42,000.00
4	Riesgo	Puente y carretera.	Reducción en el riesgo de accidentes vehiculares y peatonales.	*Seguridad Social	Promover el cuidado y el buen uso del puente y la carretera.	Durante toda la vida útil del proyecto.	Escuela Nacional Central de Agricultura ENCA:	Informes periódicos de accidentes.	Reducción potencial del riesgo de accidentes.	S.C.	S.C.
Total										Q6,300.00	Q75,600.00

Fuente: Elaboración propia con base a Bamaca, 2010.

i. Plan de gestión ambiental

- **Plan de manejo de desechos sólidos ordinarios**

El plan de manejo que se presenta a continuación se realizó bajo los lineamientos de la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Acuerdo Gubernativo 28-2015.

El manejo de los desechos sólidos ordinarios es un factor importante dentro de las fases de construcción y operación del proyecto, ya que se pretende establecer un área libre de vectores, con la intención de reducir riesgos a la salud y al entorno natural. Por ello se establecerán acciones orientadas a la clasificación, manejo y disposición final de los desechos y residuos que se produzcan durante el desarrollo de las diferentes actividades.

Se hará una recolección selectiva puntual, lo cual implica una clasificación de los desechos en el sitio donde son generados, para ello es de vital importancia la capacitación técnica de las personas que se encargarán del mantenimiento de la carretera y el puente, para garantizar el aprovechamiento racional, orientado a la reincorporación de los residuos hacia la cadena de utilización sistémica.

Se colocarán recipientes plásticos para el depósito de desechos sólidos ordinarios, éstos serán ubicados dentro del área del proyecto en lugares estratégicos y estarán alejados cincuenta metros como mínimo de cuerpos de agua, alcantarillas y desfuegos de agua pluvial. Todos los recipientes deberán de contener especificaciones de uso, determinando el tipo de desecho que se podrá introducir en ellos después de haberse completado la recolección. La ENCA podrá establecer más categorías en los recipientes de ser necesario, para un mejor aprovechamiento de los residuos tales como metal, vidrio y plástico. Se realizarán señalizaciones apropiadas de los recipientes de recolección temporal, para facilitar su ubicación.

Se establecerá un centro de acopio para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos comunes clasificados previamente; cartón, plástico y papel principalmente. Aquellos desechos que no puedan ser reutilizados en ningún otro proceso productivo, serán depositados en áreas especiales para su recolección y transporte hacia un relleno sanitario autorizado por la municipalidad. El tren de aseo municipal será el encargado de recolectar y transportar todos los desechos que ya no puedan ser reutilizados, esta acción deberá realizarse por lo menos cada dos días.

- **Plan de manejo de desechos líquidos**

Los desechos líquidos que se generarán durante el desarrollo del proyecto son principalmente aguas servidas y aguas de origen pluvial.

El manejo y disposición final de las aguas servidas, quedará a cargo de la empresa proveedora del servicio de sanitarios portátil los cuales serán utilizados durante el desarrollo de los trabajos preliminares y la ejecución de la fase de construcción. La empresa deberá contar con un reglamento que regule la descarga de este tipo de desechos en sitios autorizados, además deberán contar con vehículos especializados para el transporte de este desecho, con el fin de evitar derrames durante su movilización del área donde se ubica el proyecto hacia los sitios de disposición final.

- j. **Monitoreo y evaluación interna de implementación del pga y de los pm (planes de manejo)**

- **Organización del proyecto y ejecutor de las medidas de mitigación**

Las autoridades de la ENCA, serán los responsables de apoyar económicamente las labores que se desarrollarán durante la ejecución de la fase de construcción, así como el pago por el mantenimiento de las estructuras durante la fase de operación y las acciones que se

lleven a cabo en la fase de abandono. Adicionalmente también se cancelará por los servicios de extracción de desechos sólidos comunes y restos de material constructivo que sean generados dentro del área de influencia del proyecto, y en general por todos los gastos en que se incurran.

- **Seguimiento y vigilancia ambiental**

Los planes de monitoreo ambiental se basarán en un seguimiento constante de las acciones desarrolladas en la fase construcción y de los procesos que serán realizados durante la fase de operación. Así mismo se deberá dar orientación a las personas encargadas de las obras durante todas las fases, para que cuenten con una clara definición de autoridad, responsabilidad, comunicación e información; teniendo conciencia de la importancia del trabajo de cada individuo y del equipo como tal. Se asegurará que de aplicarse medidas correctivas en algún momento durante la ejecución de cualquier fase en que se encuentre el proyecto, estas se cumplirán con la participación de todos los involucrados en el proceso.

La ENCA, contratará una persona profesional, con el objetivo de operar dentro del marco legal ambiental de Guatemala, la cual será la encargada de coordinar y realizar un monitoreo ambiental general. Los planes de monitoreo abordarán aspectos de control y seguimiento de todas las medidas de mitigación y los planes orientados a reducir o eliminar los impactos negativos que puedan darse durante la fase de construcción u operación, que puedan producir un cambio significativo en el medio natural alterando las condiciones medioambientales de la línea base.

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

- **Indicadores propuestos para la fase de construcción**

- 1) Desechos de construcción en toneladas métricas/mes.
- 2) Cumplimiento de las Medidas de Mitigación Ambiental y planes específicos en %/mes.
- 3) Reciclaje y reutilización de materiales en %/mes.
- 4) Volumen en metros cúbicos de agua/mes (utilizada en la construcción).
- 5) Volumen en galones/día, (combustibles utilizados en la construcción).

- **Indicadores propuestos para la fase de operación**

- 1) Cumplimiento de las Medidas de Mitigación Ambiental y planes específicos en %/ mes.
- 2) Volumen de desechos sólidos producidos en metros cúbicos/día.
- 3) Volumen de aguas canalizada metros cúbicos/día (pluvial).
- 4) Estimación de vehículos que transitan por el puente y la carretera/ año.

- **Planteamiento de objetivos en la fase de construcción y operación**

Los objetivos del seguimiento y vigilancia ambiental están planteados con base a los avances del Plan de Gestión Ambiental, a medida que se ejecuten las acciones del proyecto, estos se muestran a continuación:

- 1) Impulsar líneas de acción orientadas al cumplimiento de los requerimientos regulatorios, bajo la directriz de un modelo sistemático de gestión ambiental específico.
- 2) Establecer un procedimiento de monitoreo permanente durante el desarrollo de las actividades de construcción y operación, así mismo identificar y cuantificar su impacto potencial en el medio natural.

- 3) Establecer medios de verificación específicos, que permitan llevar un control metódico durante la aplicación de las medidas preventivas y correctivas.

k. Plan de monitoreo

Los planes de monitoreo ambiental, estarán orientados a la evaluación periódica y/o permanente de las condiciones ambientales, estableciendo si las actividades a desarrollar causarán algún tipo de daño o cambio en la dinámica del entorno natural, esto con el fin de poder generar información para la toma de decisiones encaminadas a crear líneas de acción sistémicas, que fomenten la conservación de los recursos naturales, la utilización sostenible de los recursos y el cuidado del ambiente durante la construcción y operación del proyecto.

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

Toda la información obtenida a través de los planes de monitoreo será analizada y podrá ser procesada de forma semanal, mensual, trimestral o anual, de acuerdo a los periodos de muestreo que se establezcan durante las diferentes fases del proyecto. El contratista, previo al inicio de las obras, deberá de comenzar las actividades de monitoreo, estableciendo, puntos de muestro, análisis de datos e interpretación de las condiciones iniciales de la calidad de los diferentes parámetros, posteriormente se establecerá una periodicidad continua de muestro, para garantizar un análisis constante de las condiciones ambientales hasta completar la finalización de las obras.

En el cuadro 63 se resumen los planes que serán implementados para el monitoreo de la medida de prevención.

Cuadro 63. Planes de Monitoreo.

Plan de Monitoreo	Plan
Monitoreo de la calidad del aire “emisiones de gases, partículas suspendidas y ruido”.	A
Monitoreo de calidad del agua.	B
Monitoreo de desechos sólidos.	C

Fuente: Elaboración propia 2018.

- **Objetivos de los planes de monitoreo**

- **Objetivo general**

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

- **Objetivos específicos**

- 1) Identificar el cumplimiento de los planes de monitoreo.
- 2) Realizar informes periódicos sobre la situación ambiental del proyecto durante el desarrollo de la fase de construcción y operación.

- **Monitoreo de la calidad del aire “emisiones de gases, partículas suspendidas y ruido” (A)**

Todas las emisiones que sean generadas durante el desarrollo de las actividades de construcción y operación del proyecto, estarán sujetas Plan de Gestión de Calidad del Aire emitido en el año 2001 y a las regulaciones gubernamentales posteriores a esta, las cuales tienen como objetivo la protección del medio natural a nivel nacional. La ENCA, se encuentra comprometida a operar dentro de los límites regulatorios establecidos dentro del marco legal, mediante la adquisición de los permisos correspondientes, teniendo como objetivo principal evitar daños al ambiente.

De acuerdo a las dimensiones del proyecto, el monitoreo de la calidad del aire será de carácter local, ya que la recolección de muestras se efectuará únicamente dentro del área de influencia, por lo cual las especificaciones de recolección de muestras estarán sujetas a la metodología del laboratorio que realizará esta actividad, la cual deberá de estar acreditada y debe regirse bajo las normas y estándares nacionales de calidad del aire.

Para realizar el análisis de la calidad del aire, se debe de proporcionar a los operadores los principios básicos que los orienten a realizar un análisis puntual, en el que no se permita la alteración de las condiciones de muestro, disminuyendo así algún tipo de sesgo en las mediciones que se realizarán dentro del área del proyecto.

- **Parámetros de muestreo**

Los parámetros que serán evaluados durante la etapa de construcción son; dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, partículas suspendidas (polvo) y niveles de ruido.

Así mismo los parámetros a evaluar durante la fase de operación son; dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, partículas suspendidas (polvo) y niveles de ruido.

Se deberán de tomar en cuenta los aspectos meteorológicos que pudiesen influir en el desplazamiento eólico de estos materiales hacia zonas habitadas. Los parámetros de relevancia serán principalmente la velocidad del viento y su dirección, de igual manera se podrá tomar en cuenta la temperatura y la humedad relativa.

La toma de muestras será realizada por personas capacitadas y su análisis deberá de hacerse a través de un laboratorio acreditado nacional e internacionalmente con un amplio conocimiento en el tema de monitoreo ambiental, que cumpla con las regulaciones establecidas para Guatemala. De verificarse que existe algún tipo de alteración en el aire en el momento de su monitoreo, se deberán de tomar las acciones correctivas correspondientes para mitigar el impacto y además se tendrá que determinar la razón por la cual se generó dicho impacto.

Para la determinación del número promedio de estaciones de monitoreo que se utilizarán en cada uno de los puntos de muestro para las mediciones de ruido y contaminantes dispersos en el aire, se deberán de tomar en consideración los criterios recomendados por la OMS (Organización Mundial de la Salud) en cuanto a la calidad del aire.

- **Monitoreo de la calidad del agua (B)**

El monitoreo de la calidad del agua se regirá bajo el Manual General del Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos Acuerdo Ministerial 105-2008.

Durante el desarrollo de las actividades de construcción se deberán realizar pruebas de la calidad del agua a las fuentes puntuales de abastecimiento que se encuentren en un rango

de 100 metros dentro del radio del área de influencia del proyecto, todos los parámetros que sean analizados deberán contar con un respaldo comparativo a través de la metodología que se utilice, la cual quedará a criterio del laboratorio donde se realicen los análisis correspondientes.

- **Parámetros de muestreo**

Los parámetros que serán evaluados durante la etapa de construcción son; alcalinidad, pH, dureza, nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro magnesio, boro, cobre y zinc.

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

• **Monitoreo de desechos sólidos (C)**

Se realizarán monitoreos mediante la observación y el análisis de la producción y destino final de los desechos sólidos generados durante las fases de construcción, operación y abandono del proyecto. La ENCA será la responsable de realizar informes periódicos con el fin de presentar la información pertinente del manejo integral de los desechos ante el MARN, con el objetivo de asegurar que el compromiso adquirido opere dentro de las normas legislativas que se establecen en la “Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Acuerdo Gubernativo 281-2015” de la República de Guatemala.

- **Parámetros de muestreo**

Los parámetros que serán evaluados durante la etapa de construcción y operación se muestran a continuación;

- 1) Tipos de residuos
- 2) Cantidad generada Kg/día
- 3) Manejo de residuos
- 4) Disposición final
- 5) Responsable

- **Acciones complementarias**

- 1) Contar con un centro de acopio dentro del área del proyecto para recolectar estos materiales y llevarlos a un área específica para su clasificación.
- 2) La basura común y que no se puede reciclar, será depositada en un área especial para que sea evacuado por el tren de aseo autorizado por la municipalidad.
- 3) Se capacitará a las personas que operen dentro del área de influencia del proyecto, a través de talleres participativos orientados hacia las buenas prácticas ambientales.

En el cuadro 64 se pueden observar los programas de monitoreo ambiental a implementar durante las diferentes etapas que conforman el proyecto.

Cuadro 64. Programa de monitoreo ambiental.

Actividades	Plan	Frecuencia de monitoreo (sugerido)	Parámetros	Entidad Encargada
Etapa de construcción	A	Mensual	Dióxido de carbono, Monóxido de carbono, Dióxido de nitrógeno, Dióxido de azufre, Partículas suspendidas (polvo) y Niveles de ruido	Laboratorio acreditado
	B	Mensual	Alcalinidad, pH, dureza, (SAR), Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Hierro, Manganeso, Boro, Cobre y Zinc	Laboratorio acreditado
	C	Diario	Tipo de residuo, Cantidad de residuo, Manejo específico, Disposición final y Responsable o encargado	Empresa ejecutora
Etapa de operación	A	Anual	Dióxido de carbono, Monóxido de carbono, Dióxido de nitrógeno, Dióxido de azufre, Partículas suspendidas (polvo) y Niveles de ruido	Laboratorio acreditado
	C	Diario	Tipo de residuo, Cantidad de residuo, Manejo específico, Disposición final y Responsable o encargado	Empresa ejecutora

Fuente: Elaboración propia 2018.

- **Puntos de muestreo**

La localización de los puntos específicos donde se llevará a cabo la toma de muestras, serán analizados *in situ*, ya que se deben de identificar las áreas dentro del proyecto donde se produzca una generación considerable de los aspectos antes mencionados.

- **Frecuencia de muestreo**

De acuerdo a las características del proyecto el monitoreo deberá realizarse durante el proceso de construcción de la obra, tiempo aproximado de cuatro meses y finalmente un monitoreo dos veces al año, para poder verificar la eficiencia de las diferentes unidades que componen el proyecto.

El número y la periodicidad de la toma de muestras que serán recolectadas en los diferentes puntos dentro el área del proyecto, durante los cuatro meses que durarán las actividades de construcción, dependerán del laboratorio a contratar, el cual tendrá la responsabilidad de optar por la metodología más conveniente y determinarán la frecuencia de muestreo. Para la determinación del número promedio de estaciones de monitoreo que se utilizarán en cada uno de los puntos de muestro para las mediciones de los diferentes parámetros establecidos en este documento, se deberán de tomar en consideración los criterios recomendados por la OMS, las políticas nacionales vigentes y los convenios internacionales referentes al tema ambiental. La ENCA, será la institución encargada de velar por el cumplimiento del monitoreo ambiental durante la fase de construcción y operación.

I. Cronograma de actividades a desarrollar durante la fase de construcción e implementación de las actividades de monitoreo

A continuación, en el cuadro 65 se puede observar el cronograma de actividades que se llevarán a cabo durante la fase de construcción.

Cuadro 65. Cronograma de actividades durante la fase de construcción.

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Limpieza y chapeo del área de trabajo.				
Topografía, referencias y control de obra.				
Construcciones provisionales.				
Corte de material común para ampliación de camino y cajuela.				
Muro de contención de 0+087 a 0+095.				
Reacondicionamiento de sub rasante.				
Capa de base triturada de 0.20 m.				
Retiro de material sobrante.				
Pavimento de concreto de 3500 PSI de 0.15 m.				
Cunetas revestidas con piedra ligada con mortero.				
Excavación estructural de la sub estructura.				
Protección del cauce con gaviones tipo colchón.				
Muros de contención de concreto ciclópeo.				
Relleno estructural de aproche del puente.				
Estribos de concreto reforzado.				
Almohadillas elastoméricas de apoyo.				
Vigas principales de acero de 36" de peralte.				
Diafragmas con breizas tipo K.				
Rigidizante inferior con angular de 4"X4"X1/4".				
Postes para baranda W6X15, h= 6 pies.				
Baranda con 2 tubos de Ø 2" cédula 40.				
Tubería de PVC de Ø4" para drenaje pluvial.				
Losa vehicular de 8.1/2" tipo losacero con concreto clase 28.				
Acera peatonal de concreto clase 28.				
Pintura de marcación del pavimento.				

Fuente: Elaboración propia 2018.

Así mismo, se pueden observar en los cuadros 66 y 67, los cronogramas de monitoreo y control durante las fases de construcción y operación.

Cuadro 66. Cronograma de actividades de monitoreo y control durante la fase de construcción.

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Mantenimiento de maquinaria.				
Control de calidad del material de construcción.				
Extracción de desechos sólidos comunes y de construcción.				
Monitoreo de salud a los empleados.				
Monitoreo de calidad del aire.				
Monitores de calidad del agua.				
Monitoreo de equipos de seguridad.				

Fuente: Elaboración propia 2018.

Cuadro 67. Cronograma de actividades de monitoreo y control durante la fase de operación.

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes n
Manejo de desechos sólidos comunes.						
Monitoreo de salud a los empleados.						
Monitoreo de calidad del aire.						
Manteamiento del puente y la carretera.						
Monitoreo de flujo vehicular.						

Fuente: Elaboración propia 2018.

B. Gestión ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

El instrumento de evaluación ambiental categoría B2, cumplió con todos los aspectos de carácter técnico que establece el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental Acuerdo Gubernativo 137-2016 y sus términos de referencia, al igual que el Plan de Gestión Ambiental (PGA), con lo cual se pudo realizar el procedimiento administrativo ante el MARN donde se llevó a cabo su evaluación, contando actualmente con el estatus de aprobado, pudiéndose constatar a través del código EAI-4555-2018 asignado por dicho ministerio.

3.3.4 CONCLUSIONES

1. A través de la ejecución de este servicio se pudo elaborar el instrumento de evaluación de impacto ambiental del proyecto denominado "Construcción Puente Vehicular sobre el Río Platanitos (L2-16)", con base en lo estipulado en el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental Acuerdo Gubernativo 137-2016, donde se determinaron los posibles impactos al ambiente que se pudiesen generar, así mismo se llevó a cabo la implementación de medidas de mitigación preventivas, con la finalidad de reducir dichos impactos durante las etapas de construcción y operación,
2. El instrumento de evaluación ambiental de categoría "B2", correspondiente al proyecto de inversión "Construcción Puente Vehicular sobre el Río Platanitos (L2-16)", cumplió con los requerimientos establecidos por el MARN, lo cual permitió su ingreso a dicha institución. Actualmente el instrumento cuenta con la resolución ambiental, la cual se encuentra archivada en la Sección de Planificación Institucional de la ENCA.

3.4 Servicio 3: Propuesta de proyecto para el tratamiento de todos los desechos orgánicos que son generados dentro del área de producción animal a través de la elaboración de abono orgánico.

3.4.1 OBJETIVOS

A. Objetivo general

1. Elaborar de la propuesta de proyecto, para el tratamiento de los desechos sólidos orgánicos producidos en el área de producción animal.

5. Objetivos específicos

1. Realizar la ficha técnica del proyecto.
2. Realizar el diseño constructivo acorde a las características del área.

3.4.2 METODOLOGÍA

B. Fase de campo

En esta primera fase, se realizó un reconocimiento del área, para establecer la capacidad de carga de cada una de las especies contenidas dentro del área de producción animal.

C. Fase de gabinete

Se realizaron reuniones con el jefe de la Coordinación de Producción y los encargados del área de producción animal, los cuales definieron las diferentes áreas que conformarían la infraestructura y sus dimensiones.

- **Levantamiento topográfico**

Se realizó un levantamiento topográfico en el área propuesta para la construcción, con la ayuda de una estación total LEICA Tc 407, luego los datos fueron procesados por el software CivilCad para la generación de un modelo 3D del terreno.

- **Elaboración del diseño arquitectónico**

El diseño de las infraestructuras se realizó con la ayuda del software AutoCad, en el cual se realizó un modelo 3D, para la generación de renders

D. Fase de gabinete final

Se realizó la ficha técnica con base en los parámetros establecidos por la Unidad de Proyectos de la ENCA.

3.4.3 RESULTADOS

A. Ficha técnica del proyecto

A continuación, se presenta la ficha técnica con todos los aspectos requeridos por la Unidad de Proyectos de la ENCA para la propuesta planteada.

a. Descripción del proyecto

El proyecto tiene la finalidad de impulsar el aprovechamiento de las excretas animales a través de la elaboración de abono orgánico, con el objetivo de disminuir el volumen original y promover la utilización de fertilizantes orgánicos dentro de las áreas productivas de la ENCA.

El proyecto consiste en la construcción de tres infraestructuras (piletas) para la elaboración de abono orgánico a base de lombricultura, así mismo se realizará la construcción de una estructura específica para la elaboración de abono orgánico en piso, esto con el objetivo promover la transformación del material de desecho y evitar la contaminación que causa el colocarse en lugares impropios, así mismo se desea impulsar un aprovechamiento en beneficio de los estudiantes, con la intención de fomentar una cultura de cuidado ambiental.

b. Justificación del proyecto

Las excretas que se generan en el área de producción animal, no poseen un manejo sistémico que se adecue a las condiciones productivas de la ENCA, al mismo tiempo es desperdiciado un recurso valioso, susceptible a ser utilizado en los procesos de fertilización dentro de las áreas de hortalizas, frutales y cultivos extensivos. El aprovechamiento de las deyecciones animales a través de los procesos de compostaje es una alternativa viable para el tratamiento controlado de los desechos de origen animal, evitando así las diferentes rutas de disposición final, tales como el depósito de los desechos en lugares inapropiados, su desviación de estos sitios contribuirá significativamente a la reducción de focos de contaminación.

Actualmente no se cuenta con la infraestructura necesaria para poder tratar en su totalidad las excretas animales, por esta razón el proyecto pretende impulsar la construcción de infraestructuras, que permitan la recolección, transporte y transformación de una manera eficiente. Este proyecto representa una oportunidad económicamente viable, al generar beneficios que se verán reflejados en la reducción de los egresos de la ENCA.

c. Objetivos

• Objetivo Superior

- Fortalecer la gestión integral del manejo de las excreciones animales, con un enfoque sostenible y sustentable dentro del marco ambiental y productivo de la ENCA, a través de la construcción una infraestructura que permitan llevar a cabo el proceso de compostaje.

- **Objetivo del anteproyecto**

- Determinar el tamaño óptimo de las instalaciones.
- Elaborar los planos constructivos
- Establecer el capital necesario para llevar a cabo el proyecto.

d. Área estimada del proyecto

El proyecto contará con un área de construcción estimada de 917.12 m².

e. Tipo de construcción a emplear

La construcción se encontrará constituida por mampostería mixta con estructura metálica.

f. Área estimada del proyecto

La presente propuesta se enfoca principalmente en la promoción de un modelo sostenible de aprovechamiento a través de la transformación de las excretas animales que son producidas dentro del área de producción animal de la ENCA. Actualmente no se cuenta con una infraestructura específica, de igual manera no se cuenta con un modelo metódico que regularice el aprovechamiento de dicho material, partiendo de estas condiciones se realiza la iniciativa del anteproyecto con la finalidad de brindar una solución a esta problemática.

Se pretende realizar la construcción de tres áreas integrales que garanticen una utilización óptima de la materia prima, a través del establecimiento de un procedimiento que permita

realizar la transformación de las deyecciones animales en abono orgánico. Como primera instancia se tomó el criterio técnico correspondiente con base en evaluaciones previas sobre el volumen de excreta y otros desechos que son producidos dentro del área, lo cual sirvió como un punto de partida para establecer los parámetros de construcción del diseño propuesto.

La primera área se encontrará condicionada específicamente para el recibimiento del material de desechos para su transformación, por lo cual se proponen dos métodos: elaboración de abono orgánico a través de compostaje y la elaboración de humus con lombrices. La infraestructura se encontrará acondicionada con tres reservorios (piletas), para la elaboración de lombricompost, éstas tendrán una capacidad de 5 m³ por módulo. Hacia el frente de estas se contará con una plancha de concreto subdivida en 6 módulos, éstos tendrán una capacidad superficial de 75 m² para llevar a cabo prácticas de compostaje en piso. Cada uno de los módulos tendrá un sistema de captación de lixiviados con capacidad de 6 m³.

Como parte importante del proceso de elaboración de abono, se tomó en cuenta un espacio específico para el cernido, empaclado y almacenamiento del producto final que se obtendrá.

g. Estimación de costos del proyecto

En el cuadro 68 se muestra la estimación de los costos necesarios para llevar a cabo la construcción del proyecto.

Cuadro 68. Estimación de los costos del proyecto.

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Sub-Total
1	Construcción de bodega y cuarto de cernido, incluye la cimentación, levantado de muros, piso de concreto, techo de estructura metálica y lamina troquelada electro pintada color rojo, y puertas metálicas.	246.82	m ²	Q950.00	Q234,479.00
2	Piso para elaboración de abono orgánico, de concreto de 3,000 PSI, de 0.15 m de espesor, pendiente del 1.0% incluye el reacondicionamiento de la subrasante.	539.75	m ²	Q320.00	Q172,720.00
3	Bases de concreto reforzado, y columna de costanera metálica doble de 2"x6".	44	m ²	Q320.00	Q14,080.00
4	Piletas de mampostería reforzada para elaboración de lombricompost.	6	unidad	Q12,435.00	Q74,610.00
5	Sistema de drenaje y almacenamiento de lixiviados para la elaboración de abono orgánico.	1	Global	Q9,200.00	Q9,200.00
6	Sistema de drenaje y almacenamiento de lixiviados para la elaboración de lombricompost.	1	Global	Q4,700.00	Q4,700.00
7	Sistema de riego para la elaboración de abono orgánico y lombricompost.	1	Global	Q10,000.00	Q10,000.00

Continuación cuadro 68.

8	Construcción de techo de estructura metálica y lámina troquelada electro pintada color rojo, en área de elaboración de abono orgánico y lombricompost.	595.35	m ²	Q270.00	Q160,744.50
TOTAL					Q680,533.50

Fuente: Elaboración propia 2018.

B. Diseño constructivo del proyecto

a. Planos constructivos

A continuación, se presentan los planos constructivos del proyecto y en las figuras 30, 31 y 32 se presentan las diferentes vistas renderizadas, para tener una mejor apreciación del proyecto.



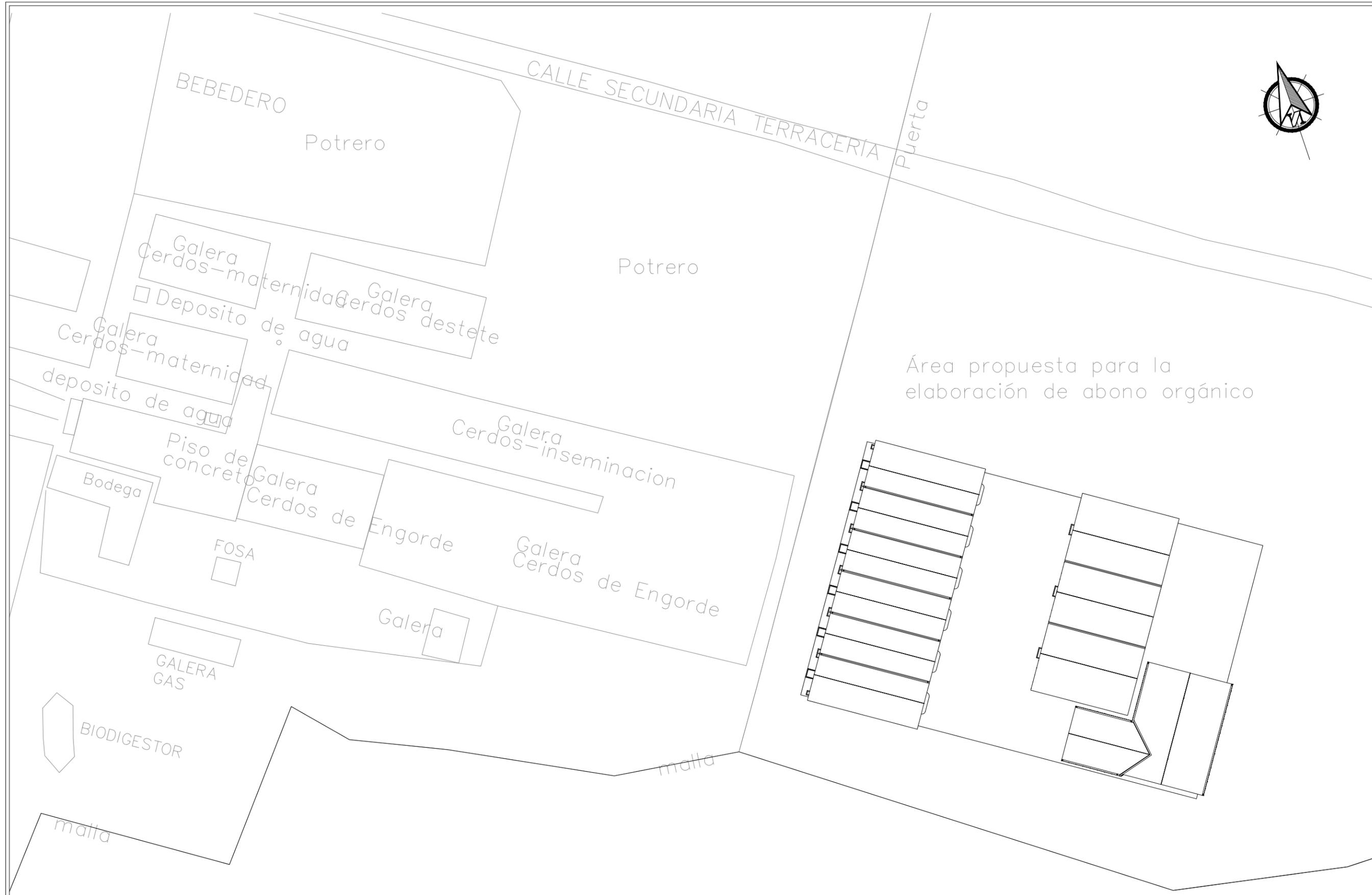
Contiene:
Planta de ubicación

Proyecto:
Propuesta de infraestructura para la elaboración de abono orgánico

Dirección:
Kilómetro diecisiete punto cinco (17.5) carretera a Bárcenas, Finca Bárcena, municipio de Villa Nueva, Departamento de Guatemala

12/01/18

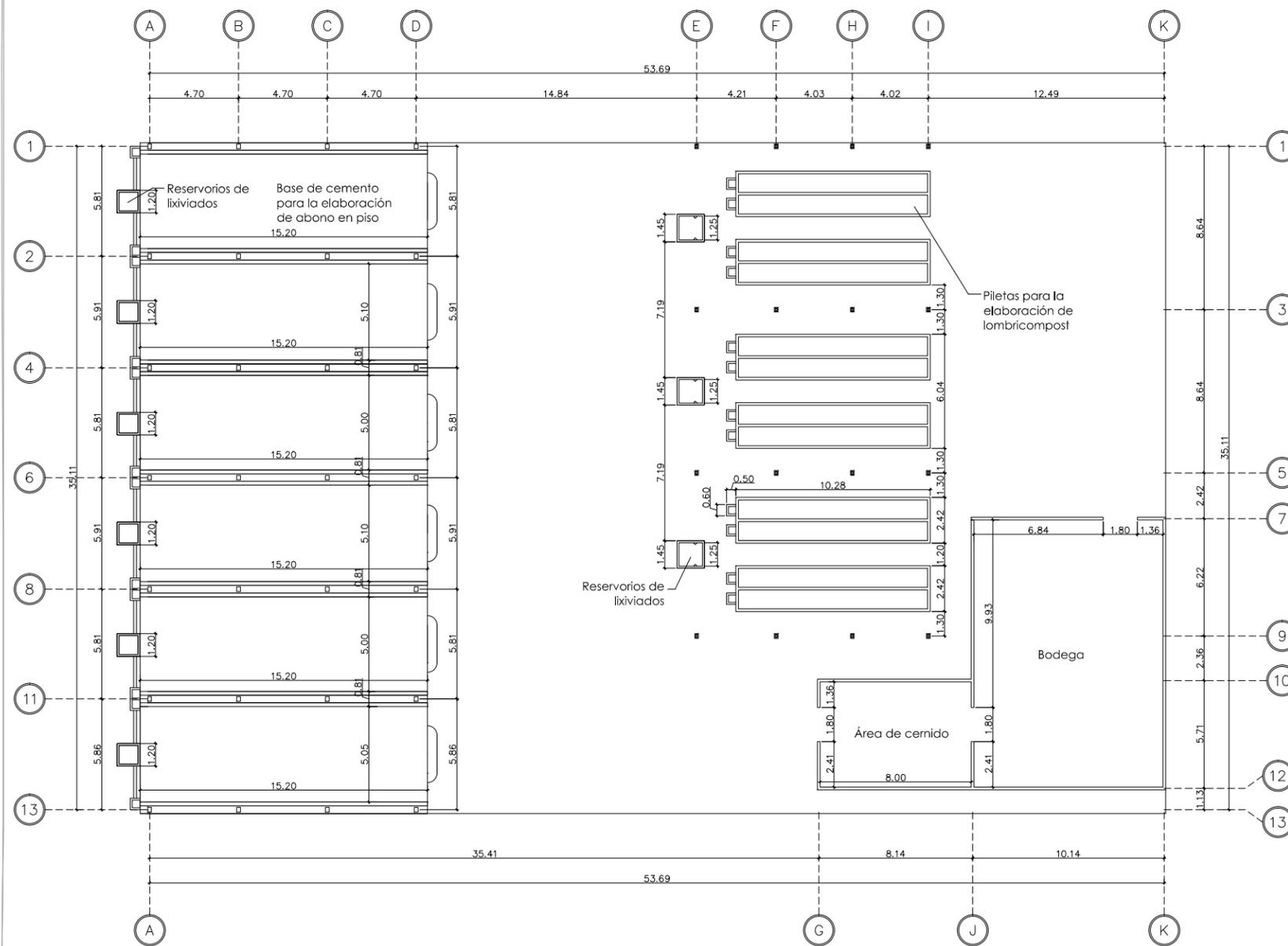
01 / 05



Planta de ubicación
Propuesta de infraestructura

ESCALA 1:500

1



Contiene:
Planta de distribución

Proyecto:
Propuesta de infraestructura para la elaboración de abono orgánico

Dirección:
Kilómetro diecisiete punto cinco (17.5) carretera a Bárcenas, Finca Bárcena, municipio de Villa Nueva, Departamento de Guatemala

12/01/18



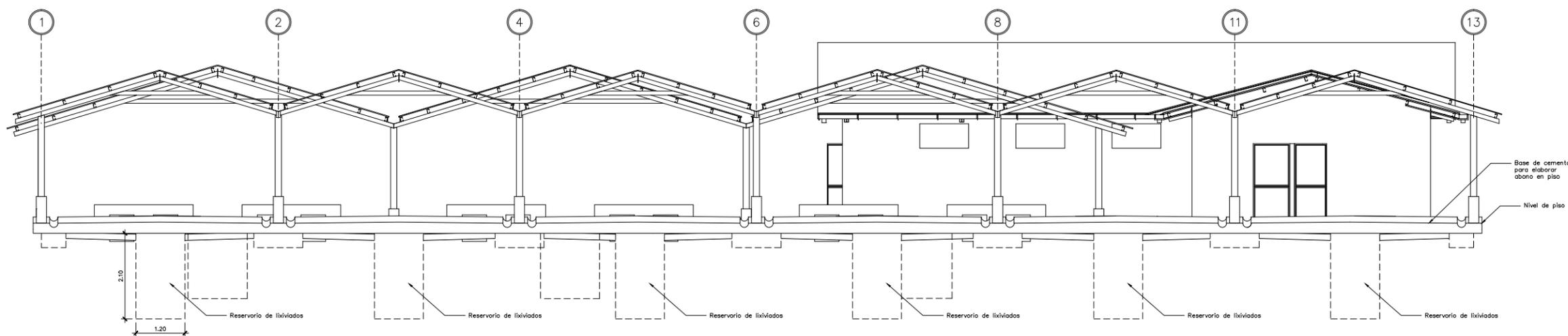
Contiene:
Perfiles

Proyecto:
Propuesta de infraestructura para la elaboración de abono orgánico

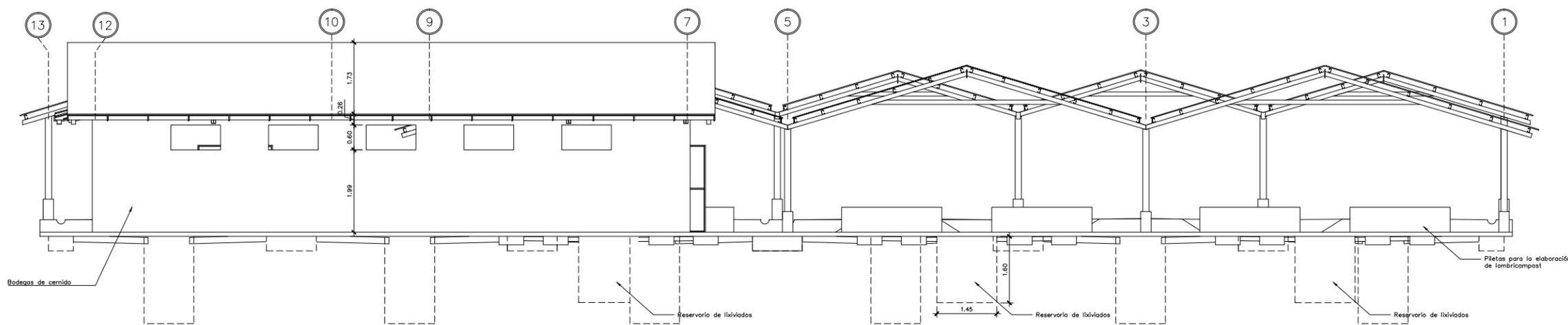
Dirección:
Kilómetro diecisiete punto cinco (17.5) carretera a Bárcenas, Finca Bárcena, municipio de Villa Nueva, Departamento de Guatemala

12/01/18

03 / 05



Perfil 1 ESCALA 1:120
Propuesta de infraestructura



Perfil 2 ESCALA 1:120
Propuesta de infraestructura



Contiene:
Perfiles

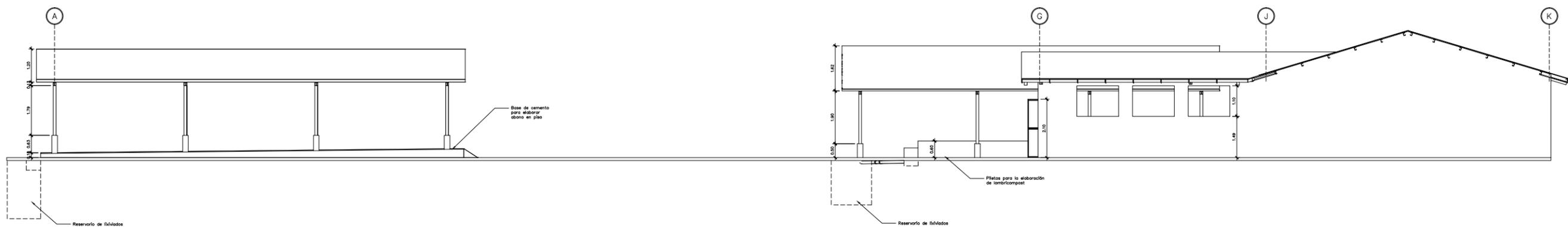
Proyecto:
Propuesta de infraestructura para la elaboración de abono orgánico

Dirección:
Kilómetro diecisiete punto cinco (17.5) carretera a Bárcenas, Finca Bárcena, municipio de Villa Nueva, Departamento de Guatemala

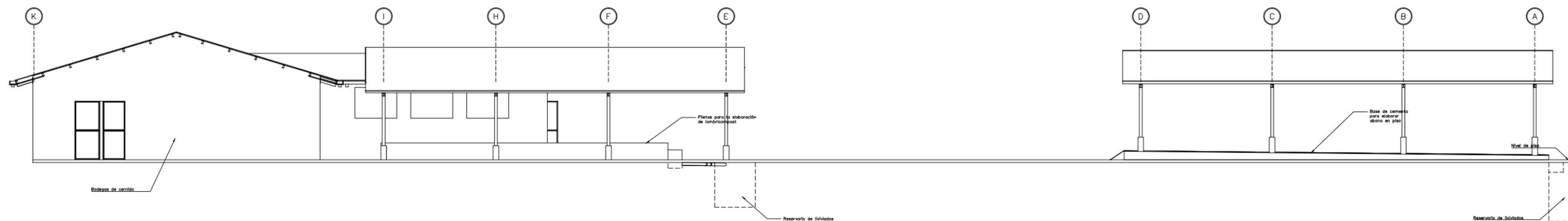
12/01/18

04

05



Perfil 3 ESCALA 1:155
Propuesta de infraestructura ①



Perfil 4 ESCALA 1:155
Propuesta de infraestructura ①



Contiene:
Isométrico

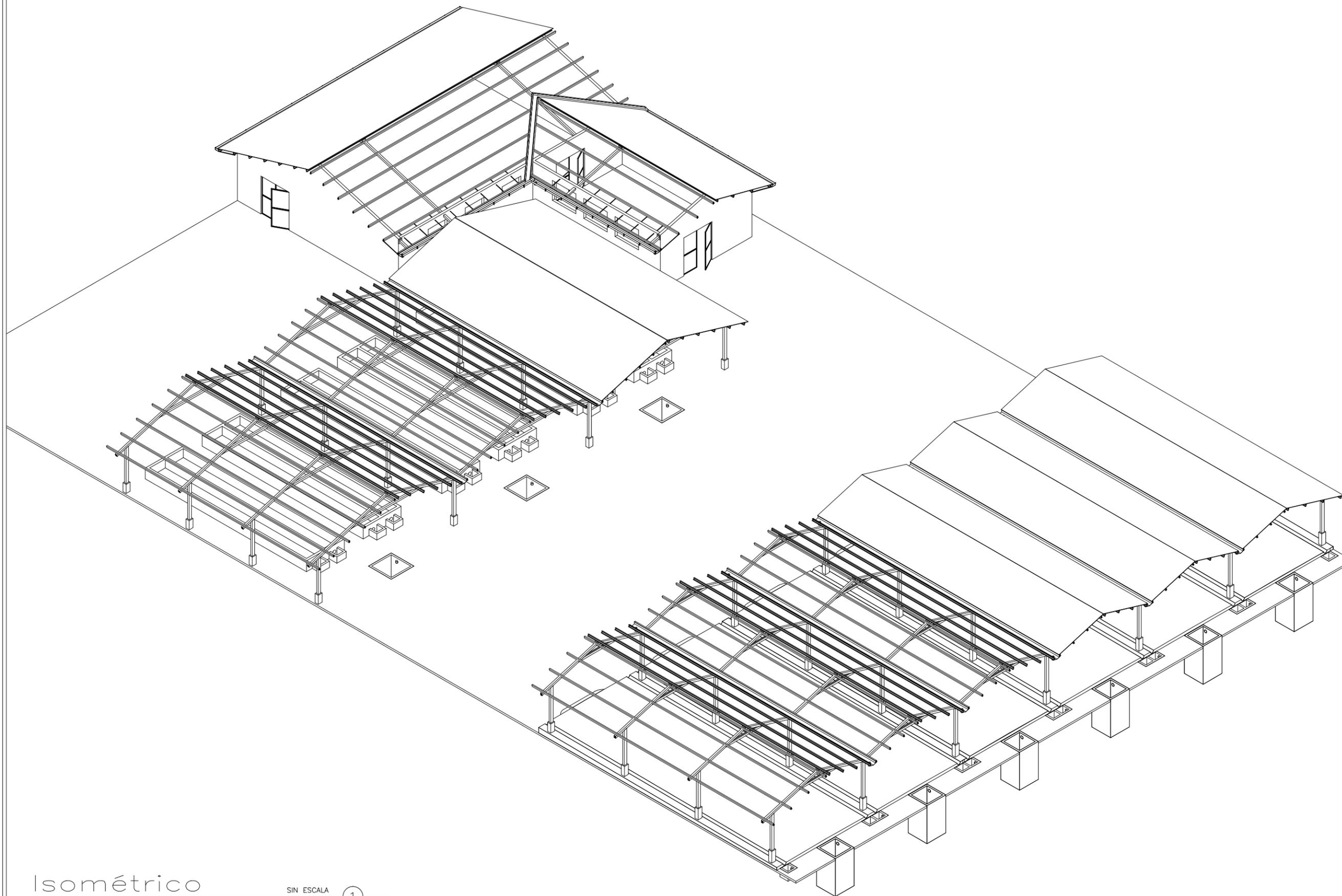
Proyecto:
Propuesta de infraestructura para la elaboración de abono orgánico

Dirección:
Kilómetro diecisiete punto cinco (17.5) carretera a Bárcenas, Finca Bárcena, municipio de Villa Nueva, Departamento de Guatemala

12/01/18

05

05



Isométrico
Propuesta de infraestructura

SIN ESCALA

1



Fuente: Elaboración propia 2018.

Figura 30. Vista del concreto para hacer abono en piso.



Fuente: Elaboración propia 2018.

Figura 31. Vista de bodegas y piletas para lombricompost.



Fuente: Elaboración propia 2018.

Figura 32. Vista de bodegas y piletas para lombricompost.

3.4.4 CONCLUSIONES

1. La propuesta del proyecto se realizó tomando como base los procesos establecidos dentro de las áreas productivas, para lograr una integración viable de los desechos a través de su transformación en un producto aprovechable.
2. La realización de este servicio fue satisfactoria, ya que cumplió con los requerimientos técnicos de construcción, lo cual permitirá poder establecer la infraestructura y realizar los procesos de compostaje, incentivando el aprovechamiento de los desechos, reduciendo su volumen original y su disposición en sitios no aptos.

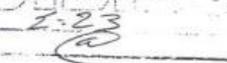
3.4.5 BIBLIOGRAFÍAS

1. Alfaro, M. 2017a. Proyecto: Construcción puente vehicular sobre el río Platanitos (L2-16). Especificaciones generales. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura. 8 p.
2. _____. 2017b. Proyecto: Construcción puente vehicular sobre el río Platanitos (L2-16). Especificaciones técnicas. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura. 11 p.
3. Asociación para el Desarrollo de los Pueblos (ASODEP), Guatemala. 2010. EAI: Puente vehicular comunidad Jimeritos, Puerto Barrios, Izabal, Guatemala. Guatemala. 51 p.
4. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). 1989. Decreto no. 4-89: Ley de áreas protegidas. Diario de Centro América, Guatemala, febrero 10. Disponible en acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6696.pdf
5. Congreso de la República de Guatemala, Guatemala. 1973. Decreto no. 17-73: Código penal. Guatemala. https://www.un.org/depts/los/LEGISLATIONANDTREATIES/PDFFILES/GTM_codigo_penal.pdf
6. _____. 1986. Decreto no. 51-86: Ley orgánica de la Escuela Nacional Central de Agricultura. Diario de Centro América, Guatemala, noviembre 7. Disponible en https://www.enca.edu.gt/wp-content/themes/templateX/pdf/LEY_ORGANICA_ENCA_2006-original.pdf
7. Corte de Constitucionalidad, Guatemala. 1985. Constitución política de la república de Guatemala. Guatemala. <https://www.ine.gob.gt/archivos/informacionpublica/constitucionpoliticadelarepublicadeguatemala.pdf>
8. ENCA (Escuela Nacional Central de Agricultura, Guatemala). 2011. DABI: Conclusión de la construcción del techo y acabados del edificio de la planta de procesamiento de cárnicos (A-36). Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura. Guatemala. 28 p.
9. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala). 1986. Decreto no. 68-86: Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente. Diario de Centro América, Guatemala, diciembre 19. [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/4457818FCF9FEB6E05257BC0006901F3/\\$FILE/377.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/4457818FCF9FEB6E05257BC0006901F3/$FILE/377.pdf)

10. _____. 2001. Plan de gestión de calidad del aire. Guatemala. 9 p.
11. _____. 2006. Acuerdo gubernativo no. 236-2006: Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Diario de Centro América, Guatemala, mayo 5. Disponible en <https://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/07-Acuerdo-gubernativo-236-2006-Reglamento-descargas-y-reuso.pdf>
12. _____. 2008. Acuerdo ministerial no. 105-2008: Manual general del reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Diario de Centro América, Guatemala, enero 9. Disponible en <https://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionesvigentes/ExcretasyAguasResiduales/AcuerdoMinisterial105-2008.pdf>
13. _____. 2015. Acuerdo gubernativo no. 281-2015: Política nacional para la gestión integral de residuos y desechos sólidos. Diario de Centro América, Guatemala, diciembre 15. <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/4041.pdf>
14. _____. 2016a. Acuerdo gubernativo no. 237-2016: Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental. Diario de Centro América, Guatemala, Julio 12. <https://asisehace.gt/media/acuerdogubernativo1372016.pdf>
15. _____. 2016b. Informe ambiental del estado de Guatemala. Guatemala. 138 p.
16. Medrano, S. 2017. Supervisión de obras civiles (entrevista). Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura, Sección de Planificación Institucional, Unidad de Proyectos, Diseño Arquitectónico.
17. MEM (Ministerio de Energía y Minas, Guatemala). 1997. Decreto no. 114-97: Normas procedimentales sobre los acuerdos bancarios. Diario de Centro América, Guatemala, diciembre 12. https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/12._Ley_del_Organismo_Ejecutivo_Decreto_114_97.pdf
18. Ministerio de Salud, Guatemala. 97. Decreto no. 90-97: Código de salud. Diario de Centro América, Guatemala, diciembre 18 de 1998. <https://asisehace.gt/media/acuerdogubernativo1372016.pdf>
19. Ovalle, C. 2017. Supervisión de obras civiles (entrevista). Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura, Sección de Planificación Institucional, Unidad de Proyectos, Supervisor de Obras Cviles.
20. Pastakia, C. 1998. The rapid impact assessment matrix (RIAM). A new tool for environmental impact assessment. *In* Jensen K. (ed). Environmental impact assessment using the rapid impact assessment matrix (RIAM). Fredensborg, Denmark, Olsen & Olsen.

21. Registro General de la Propiedad, Guatemala. 2001. Certificación de la propiedad Escuela Nacional Central de Agricultura, Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala. Guatemala. 9 p.
22. Rojas. M. 2003. Manual de evaluación de impacto ambiental. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniera, Escuela de Mecánica Industrial. 162 p.
23. White, RA; Lígoria, JP; Cifuentes, L. 2004. Seismic history along the Middle America subduction zone along El Salvador, Guatemala and Chiapas, Mexico: 1526-2000. *In* Rose, WI (*et al.*) (ed.). Natural hazards in El Salvador (en inglés). USA, Geological Society of America. 375 p.

3.4.6 ANEXOS

 <p>GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>FORMATO DVGA-GA-002</p> <p>DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-</p>	<p>001</p>												
<p>EVALUACION AMBIENTAL INICIAL</p> <p>ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL</p> <p>(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)</p>														
<p style="text-align: center;">INSTRUCCIONES</p> <p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: yunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p style="text-align: center;">PARA USO INTERNO DEL MARN</p> <p>No. Expediente: EA1-2800-2018</p> <p style="text-align: center;">Clasificación del Listado Taxativo</p> <p style="text-align: center;">MARN/DIGARN DEPARTAMENTO DE VENTANILLAS DE GESTIÓN AMBIENTAL</p> <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>RECEBIDO</p> <p>15 MAY 2018</p> </div> <p>SCRIP: 2-23</p> <p>FIRMA: </p> <p style="text-align: center;">Firma y Sello de Recibido</p>													
<p>I. INFORMACIÓN LEGAL</p> <p>1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (Que tenga relación con el proyecto a realizar):</p> <p style="text-align: center;">CONSTRUCCIÓN PASARELA PEATONAL DE CONEXIÓN ENTRE CAMPUS CENTRAL Y EL ÁREA DE CONSULADOS DE LA ENCA (L1-16).</p> <p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</p> <p>Se realizará la construcción de una pasarela peatonal que conectará el Campus Central con el Área de Consulados, ambas propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura –ENCA-, esto con la finalidad de poder brindar seguridad a los estudiantes de dicha Institución, ya que, para llevar a cabo la realización de sus prácticas de campo en el área establecida como Consulados, deben cruzar la carretera asfaltada clasificada como RD-16 dentro del municipio de Villa Nueva, la cual divide ambas propiedades de la ENCA; dicha situación pone en riesgo la integridad física de la población estudiantil, determinado la posibilidad que ocurra un accidente vial en el área.</p> <p>1.2. Información legal:</p> <p>A) Persona Individual:</p> <p style="padding-left: 20px;">A.1. Representante Legal: <u>Ing. Agr. Cesar Vinicio Arreaga Morales</u></p> <p>B) De la empresa:</p> <p style="padding-left: 20px;">Razón social: <u>Escuela Nacional Central de Agricultura, ENCA</u></p> <p style="padding-left: 20px;">Nombre Comercial: _____</p> <p style="padding-left: 20px;">Nº. De Escritura Constitutiva: _____</p> <p style="padding-left: 20px;">Fecha de constitución: _____</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Patente de Sociedad</td> <td style="width: 25%;">Registro No. _____</td> <td style="width: 25%;">Folio No. _____</td> <td style="width: 25%;">Libro No. _____</td> </tr> <tr> <td>Patente de Comercio</td> <td>Registro No. _____</td> <td>Folio No. _____</td> <td>Libro No. _____</td> </tr> <tr> <td>Nº. De Finca</td> <td style="text-align: center;">141</td> <td>Folio No. 141</td> <td>Libro No. 2690 de Guatemala</td> </tr> </table> <p style="padding-left: 20px;">Dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad: <u>Escuela Nacional Central de Agricultura, ENCA.</u></p> <p>Número de Identificación Tributaria (NIT): <u>499895-2</u></p> <p style="text-align: center;">7 Avenida 03-67, zona 13 - Ciudad Guatemala - PBX: (502) 2423-0500</p>			Patente de Sociedad	Registro No. _____	Folio No. _____	Libro No. _____	Patente de Comercio	Registro No. _____	Folio No. _____	Libro No. _____	Nº. De Finca	141	Folio No. 141	Libro No. 2690 de Guatemala
Patente de Sociedad	Registro No. _____	Folio No. _____	Libro No. _____											
Patente de Comercio	Registro No. _____	Folio No. _____	Libro No. _____											
Nº. De Finca	141	Folio No. 141	Libro No. 2690 de Guatemala											
<p>  @marngt  /marngtambiente www.marn.gob.gt </p>														

Fuente: MARN, 2018.

Figura 33. Primera página del formulario del EIA correspondiente al proyecto “Construcción Pasarela Peatonal de Conexión entre Campus Central y el Área de Consulados de la ENCA (L1-16)”.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

002

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarte los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
<p>I. INFORMACION LEGAL</p>	
<p>1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):</p>	
<p style="text-align: center;">CONSTRUCCIÓN PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO PLATANITOS (L2-16)</p>	
<p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</p>	
<p>Se llevará a cabo la construcción de un puente vehicular y el mejoramiento de 150 metros lineales de carretera incluyendo la longitud del puente, el cual será de dimensiones Longitud = 19.60 m, y Ancho= 6.40 m, con la finalidad de permitir a los estudiantes y personal docente poder movilizarse de una manera segura y eficiente del Campus Central, hacia el área de Cultivos Extensivos dentro de la Escuela Nacional Central de Agricultura ENCA, además permitirá el traslado eficiente de maquinaria y equipo que es requerido en las actividades académicas cotidianas. El detalle topográfico se encuentra en la siguiente imagen, información que se amplía en planos adjuntos al presente expediente:</p>	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Fuente: MARN, 2018.

Figura 34. Primera página del formulario del EIA correspondiente al proyecto “Construcción Puente Vehicular sobre el Río Platanitos (L2-16)”.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 07/2020

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

"CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS BIODIGESTORES UBICADOS EN EL ÁREA DE LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA, BÁRCENA, VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR LA ESTUDIANTE:

ADER JONNATTAN JOSUÉ
NAVAS CASTILLO

CARNE:

201015168

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Dr. Eugenio Orozco
Ing. Agr. Kelder Alexis Ortiz
Dr. Gricelda Lily Gutierrez Álvarez

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Ing. Agr. Kelder Alexis Ortiz
ASESOR ESPECIFICO

Dr. Gricelda Lily Gutierrez Álvarez
DOCENTE- ASESOR EPS

Ing. Agr. Carlos Fernando López Bucaro
DIRECTOR DEL IIA



WNR/nm
c.c. Archivo

RECIBIDO
12 MAR 2021

CONTROL ACADEMICO

HORA: 11:34

FIRMA:

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

Ref. SAIEPSA.17.2021

Guatemala, 26 de febrero de 2021

CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS BIODIGESTORES, DIAGNÓSTICOS Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL ÁREA DE LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA, BÁRCENA, VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE:

ADER JONNATTAN JOSUE NAVAS CASTILLO

No. CARNÉ

201015168

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS BIODIGESTORES UBICADOS EN EL ÁREA DE LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA, BÁRCENA, VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, C.A.”

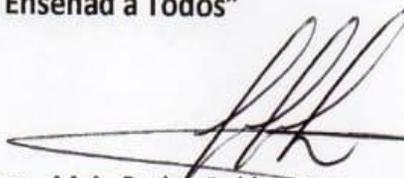
LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. Eugenio Orozco

Ing. Agr. Kelder Alexis Ortiz

Ing. Agr. Ernesto Yac Juárez

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y Enseñad a Todos”



Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Area Integrada - EPS



No. 19.2021

Trabajo de Graduación:	"CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS BIODIGESTORES, DIAGNÓSTICOS Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL ÁREA DE LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA, BÁRCENA VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, C.A."
Estudiante:	Ader Jonnattan Josue Navas Castillo
Carné:	201015168

"IMPRIMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

